

IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste

CEARÁ

Fortaleza

EXEMPLAR PERTENCENTE A
BIBLIOTECA
ESGOTADO

ANAIS

9 de novembro de 2003

Fortaleza - Ceará - Brasil

**IV SIMPÓSIO DE ROCHAS
ORNAMENTAIS DO NORDESTE**

ANAIS

**OTHON PALACE
Fortaleza-CE/Brasil
16 à 19 de novembro de 2003**

Editores
Francisco Wilson Hollanda Vidal
Maria Angélica Batista Lima

SUMÁRIO

SESSÕES TÉCNICAS

PROPOSTA METODOLÓGICA DE PESQUISA PARA ROCHAS ORNAMENTAIS. <i>Fernando Antônio Castelo Branco Sales e Jáder Onofre de Moraes.....</i>	02
O EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR) NO CONTROLE DE QUALIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS EXTRAÍDAS EM TERRENOS INTEMPERIZADOS. <i>Marco Antonio Barsottelli Botelho e Everaldo Moura Araújo.....</i>	13
PROSPECÇÃO E PESQUISA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – UMA CONTRIBUIÇÃO À PRODUÇÃO LIMPA. <i>Paulo Magno da Matta.....</i>	21
JAZIMENTOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA BORBOREMA. <i>Vanildo Almeida Mendes e Carlos Alberto dos Santos.....</i>	33
GEOMETRIA FRACTAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRAS QUARTZITOS – AZUL BOQUIRA E AZUL MACAÚBAS. <i>Roberto Rodrigues Coelho.....</i>	40
CRONOESTRATIGRAFIA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS: INFORMAÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS DA GEOLOGIA NO MARKETING E COMERCIALIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS. <i>Luiz Antonio Chierigati, Simone da Silva e André Gianotti Stern.....</i>	46
ESTRUTURAS COMO CONDICIONANTES NAS DIMENSÕES DAS PLACAS EXPLOTADAS DOS QUARTZITOS NO CENTRO PRODUTOR DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG). <i>Tania Maria Gomes Fernandes, Nedson Humberto Fernandes e Antônio Misson Godoy.....</i>	53
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-ECONÔMICO DO MÁRMORE BEGE BAHIA. <i>Adalberto de F. Ribeiro e Ana Cristina Franco Magalhães.....</i>	63
RADIOATIVIDADE EM ROCHAS GRANÍTICAS ORNAMENTAIS DO BRASIL. <i>Humberto Terrazas Salas, Hermínio Arias Nalini Jr. e Júlio César Mendes.....</i>	68
GRANITOS ORNAMENTAIS DO POLÍGONO DAS SECAS, NÚCLEO SERRINHA, BAHIA. <i>Débora Correia Rios, Herbet Conceição, Tiago Santana Costa, Altamirando Bispo de Lima Júnior, Zilda Gomes Pena e José Elvir Soares Alves.....</i>	74
VIDEO-SONDA PARA INSPEÇÃO DE ESTUDOS DE PETROGRAFIA E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS. <i>Sérgio Campos Pedrosa.....</i>	82
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DO GRANITO ORNAMENTAL SERRA DO BARRIGA, SOBRAL/CE: RESULTADOS PRELIMINARES. <i>Irani Clezar Mattos, Antonio Carlos Artur e José Araújo Nogueira Neto.....</i>	86
RESULTADO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS GRANULITOS DA REGIÃO DE CHOROZINHO (CE). <i>Costa, A.P.L.; Nogueira Neto, J.A.; Cajaty, A.A. ; Galembeck, T.M.B.; Barros, F.M. e Lima, M.N.....</i>	94
CARACTERÍSTICAS DE ROCHAS CARBONÁTICAS DO NORDESTE PARA FINS ORNAMENTAIS. <i>Julio César de Souza, José Lins Rolim Filho e Belarmino Barbosa Lira...</i>	102

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA E FÍSICO-MECÂNICA PRELIMINAR DE GRANITOS E MOVIMENTADOS VERMELHOS DA REGIÃO SUL/SUDOESTE DO ESTADO DO MATO GROSSO, COMO POTENCIAL PARA ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO. <i>Antonio Misson Godoy, Alvaro Pizzato Quadros, Jayme Alfredo D. Leite, Larissa Marques Barbosa de Araújo Ruiz, Amarildo Salina Ruiz, Maria Zélia Aguiar de Souza, João Batista de Matos e Júlio César de Pinheiro Arrais</i>	106
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS, GEOQUÍMICAS E FÍSICO-MECÂNICAS DAS ROCHAS GRANÍTICAS PORFIRÍTICAS DOS COMPLEXOS SOROCABA E IBIÚNA, SP. <i>Júlio César de Pinheiro Arrais, Antonio Misson Godoy e Fabiano Cabañas Navarro</i>	118
O EFEITO DOS CICLOS DE GELO E DEGELO NA RESISTÊNCIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS SILICÁTICAS DE BAIXA POROSIDADE. <i>Emílio Velloso Barroso e Josué Alves Barroso</i>	129
BRILHO x INDICES FÍSICOS: CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA ESTÉTICA E DA ALTERABILIDADE. <i>Diego Ricardo Laranjeira, Evenildo Bezerra de Melo, Felisbela Maria da Costa Oliveira e Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros</i>	133
VELOCIDADE DE ULTRA-SOM COMO CONTROLE DE QUALIDADE DE GRANITOS APLICADOS EM FACHADAS E FUNÇÕES ESTRUTURAIS. <i>Fabiano Cabañas Navarro, Antonio Carlos Artur e Ana Paula Meyer</i>	140
PRINCIPAIS FATORES PETROGRÁFICOS CONDICIONANTES DA RESISTÊNCIA AO ATAQUE QUÍMICO EM ROCHAS DE REVESTIMENTO. <i>Ana Paula Meyer, Antonio Carlos Artur e Fabiano Cabañas Navarro</i>	153
ENSAIOS DE ALTERAÇÃO ACELERADA EM ROCHAS PARA REVESTIMENTO – ESTUDOS EXPERIMENTAIS EM ROCHAS GRANÍTICAS. <i>Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá e Jorge Kazuo Yamamoto</i>	165
ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO: ESTUDOS A PARTIR DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO E DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS RECENTES. <i>Antônio Gilberto Costa, Cristina Calixto, Maria Elizabeth Silva e Javier Becerra</i>	173
MÉTODOS E TECNOLOGIAS DE LAVRA PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS BLOCOS DE GRANITO NO CEARÁ. <i>Anísio Antônio de Matos Coelho e Francisco Wilson Hollanda Vidal</i>	180
PEDREIRA ESCOLA: CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA. <i>Hélio Carvalho Antunes de Azevedo e Ernesto Fernando Alves da Silva</i>	189
ASSISTÊNCIA TÉCNICA NA EXPLOTAÇÃO DE QUARTZITO EM PIRENÓPOLIS (GO). <i>Antônio Rodrigues de Campos e Marco Antônio Rezende Silva</i>	193
A INDÚSTRIA EXTRATIVA DA PEDRA CARIRI NO ESTADO DO CEARÁ: PROBLEMAS X SOLUÇÕES. <i>Francisco Wilson Hollanda Vidal e Manoel William Montenegro Padilha</i>	199
CARACTERIZAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO CEARÁ. <i>Tácito Wálber Gomes Fernandes, Antônio Misson Godoy e Nedson Humberto Fernandes</i>	211
APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS. <i>Francisco Wilson Holanda Vidal</i>	221
OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PELOS PROCESSOS DE Prensagem e LAMINAÇÃO UTILIZANDO RESÍDUO DE GRANITO. <i>Nunes, R L. S; Neves, G. A. e Santana, L. N. L.</i>	230

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DE SOBRAS DE CHAPA NA MARMORARIA. <i>Ubirajara Lira Gomes Júnior</i>	235
PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA REGIÃO DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA. <i>Carlos César Peiter, Maria Martha de M. Gameiro e Nuria Fernandez Castro</i>	239
DESEMPENHO E COMPETITIVIDADE DO SETOR DE ROCHAS NO BRASIL. <i>Cid Chiodi Filho</i>	245
ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL. <i>José Carlos Rodrigues e Osires de Lima Carvalho</i>	253
ASPECTOS TÉCNICOS-ECONÔMICOS E JURÍDICOS DO FUNDO CONSTITUCIONAL DO NORDESTE – FNE. <i>Eliana Garcia de Carvalho</i>	278
 CONFERENCIAS	
PROJETO APRENDER NA OBRA: CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA. <i>Risale Neves</i>	296
MARMORARIAS DO CEARÁ – DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO SETOR. <i>Fernando Antônio Castelo Branco Sales</i>	307
A INDUSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO DO NORDESTE NO CONTEXTO DA POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. <i>Reinaldo D Sampaio</i>	324
 CURSOS	
ROCHAS PARA REVESTIMENTO DE EDIFICAÇÕES: VARIÉDADES, SELEÇÃO, USOS E DURABILIDADE. <i>Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá</i>	332
USOS, ADEQUAÇÕES E APLICAÇÕES DAS ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS. <i>Jacinto Frangella</i>	342

SUMÁRIO

SESSÕES TÉCNICAS

Proposta Metodológica de Pesquisa Para Rochas Ornamentais	2
<i>Fernando Antônio Castelo Branco Sales e Jáder Onofre de Moraes</i>	
O Emprego do Radar de Penetração no Solo (Gpr) no Controle de Qualidade de Rochas Ornamentais Extraídas em Terrenos Intemperizados	13
<i>Marco Antonio Barsottelli Botelho e Everaldo Moura Araújo</i>	
Prospecção e Pesquisa de Rochas Ornamentais – Uma Contribuição à Produção Limpa.	21
<i>Paulo Magno da Matta</i>	
Jazimentos de Rochas Ornamentais da Província Borborema	33
<i>Vanildo Almeida Mendes e Carlos Alberto dos Santos</i>	
Geometria Fractal de Rochas Ornamentais Brasileirasquartzitos – Azul Boquira e Azul Macaúbas	40
<i>Roberto Rodrigues Coelho</i>	
Cronoestratigrafia das Rochas Ornamentais: Informações e Conceitos Básicos da Geologia no Marketing e Comercialização das Rochas Ornamentais	46
<i>Luiz Antonio Chieregati, Simone da Silva e André Gianotti Stern</i>	
Estruturas Como Condicionantes nas Dimensões das Placas Explotadas dos Quartzitos no Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG)	53
<i>Tania Maria Gomes Fernandes, Nedson Humberto Fernandes e Antônio Misson Godoy</i>	
Caracterização Geológica-Econômico do Mármore Bege Bahia	63
<i>Adalberto de F. Ribeiro e Ana Cristina Franco Magalhães</i>	
Radioatividade em Rochas Graníticas Ornamentais do Brasil	68
<i>Humberto Terrazas Salas, Hermínio Arias Nalini Jr. e Júlio César Mendes</i>	
Granitos Ornamentais do Polígono das Secas, Núcleo Serrinha, Bahia	74
<i>Débora Correia Rios, Herbet Conceição, Tiago Santana Costa, Altamirando Bispo de Lima Júnior, Zilda Gomes Pena e José Elvir Soares Alves</i>	
Video-Sonda para Inspeção de Estudos de Petrografia e Estruturas Geológicas	82
<i>Sérgio Campos Pedrosa</i>	
Caracterização Físico-Mecânica do Granito Ornamental Serra do Barriga, Sobral/Ce: Resultados Preliminares	86
<i>Irani Clezar Mattos, Antonio Carlos Artur e José Araújo Nogueira Neto</i>	
Resultado dos Ensaios de Caracterização Tecnológica dos Granulitos da Região de Chorozinho (Ce)	94
<i>Costa, A.P.L.; Nogueira Neto, J.A.; Cajaty, A.A. ; Galembeck, T.M.B.; Barros, F.M. e Lima, M.N</i>	
Características de Rochas Carbonáticas do Nordeste Para Fins Ornamentais	102
<i>Julio César de Souza, José Lins Rolim Filho e Belarmino Barbosa Lira</i>	
Caracterização Geológica, Geoquímica e Físico-Mecânica Preliminar de Granitos e Movimentados Vermelhos da Região Sul/Sudoeste do Estado do Mato Grosso, como Potencial Para Rochas Ornamentais e de Revestimento	106
<i>Antonio Misson Godoy, Alvaro Pizzato Quadros, Jayme Alfredo D. Leite, Larissa Marques Barbosa de Araújo Ruiz, Amarildo Salina Ruiz, Maria Zélia Aguiar de Souza, João Batista de Matos e Júlio César de Pinheiro Arrais</i>	
Avaliação Preliminar das Características Petrográficas, Geoquímicas e Físico-Mecânicas das Rochas Graníticas Porfíricas dos Complexos Sorocaba e Ibiúna, SP	118
<i>Júlio César de Pinheiro Arrais, Antonio Misson Godoy e Fabiano Cabañas Navarro</i>	

O Efeito dos Ciclos de Gelo e Degelo na Resistência de Rochas Ornamentais Silicáticas de Baixa Porosidade	129
<i>Emílio Velloso Barroso e Josué Alves Barroso</i>	
Brilho X Índices Físicos: Critério de Avaliação da Estética e da Alterabilidade	133
<i>Diego Ricardo Laranjeira, Evenildo Bezerra de Melo, Felisbela Maria da Costa Oliveira e Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros</i>	
Velocidade de Ultra-Som como Controle de Qualidade de Granitos Aplicados em Fachadas e Funções Estruturais	140
<i>Fabiano Cabañas Navarro, Antonio Carlos Artur e Ana Paula Meyer</i>	
Principais Fatores Petrográficos Condicionantes da Resistência ao Ataque Químico em Rochas de Revestimento	153
<i>Ana Paula Meyer, Antonio Carlos Artur e Fabiano Cabañas Navarro</i>	
Ensaio de Alteração Acelerada em Rochas Para Revestimento – Estudos Experimentais em Rochas Graníticas	165
<i>Maria Heloisa Barros de Oliveira Frasca e Jorge Kazuo Yamamoto</i>	
Rochas Ornamentais e de Revestimento: Estudos a Partir do Patrimônio Construído e de Projetos Arquitetônicos Recentes	173
<i>Antônio Gilberto Costa, Cristina Calixto, Maria Elizabeth Silva e Javier Becerra</i>	
Métodos e Tecnologias de Lavra Para a Melhoria da Qualidade e Produtividade dos Blocos de Granito no Ceará	180
<i>Anísio Antônio de Matos Coelho e Francisco Wilson Hollanda Vidal</i>	
Pedreira Escola: Capacitação e Extensão Tecnológica	189
<i>Hélio Carvalho Antunes de Azevedo e Ernesto Fernando Alves da Silva</i>	
Assistência Técnica na Exploração de Quartzito em Pirenópolis (GO)	193
<i>Antônio Rodrigues de Campos e Marco Antônio Rezende Silva</i>	
A Indústria Extrativa da Pedra Cariri no Estado do Ceará: Problemas X Soluções	199
<i>Francisco Wilson Hollanda Vidal e Manoel William Montenegro Padilha</i>	
Caracterização das Indústrias de Beneficiamento de Rochas Ornamentais do Ceará	211
<i>Tácito Wálber Gomes Fernandes, Antônio Misson Godoy e Nedson Humberto Fernandes</i>	
Aproveitamento de Rejeitos de Rochas Ornamentais e de Revestimentos	221
<i>Francisco Wilson Hollanda Vidal</i>	
Obtenção de Placas Cerâmicas Pelos Processos de Prensagem e Laminação Utilizando Resíduo de Granito	230
<i>Nunes, R. L. S.; Neves, G. A. e Santana, L. N. L</i>	
Proposta de Metodologia Para Aproveitamento de Sobras de Chapa na Marmoraria	235
<i>Ubirajara Lira Gomes Júnior</i>	
Plataforma Tecnológica de Rochas Ornamentais da Região de Santo Antônio de Pádua	239
<i>Carlos César Peiter, Maria Martha de M. Gameiro e Nuria Fernandez Castro</i>	
Desempenho e Competitividade do Setor de Rochas no Brasil	245
<i>Cid Chiodi Filho</i>	
Aspectos Legais e Institucionais de Rochas Ornamentais no Brasil	253
<i>José Carlos Rodrigues e Osires de Lima Carvalho</i>	
Aspectos Técnicos-Econômicos e Jurídicos do Fundo Constitucional do Nordeste – FNE	278
<i>Eliana Garcia de Carvalho</i>	

Sessões Técnicas

PROPOSTA METODOLÓGICA DE PESQUISA PARA ROCHAS ORNAMENTAIS

Fernando Antônio Castelo Branco Sales^{1} e Jáder Onofre de Moraes^{2*}*

¹Mestre em Rochas Ornamentais e Geólogo do Departamento de Geociências da Universidade Estadual do Ceará.

²PhD em Geologia Ambiental e Professor Titular do Departamento de Geociências da Universidade Estadual do Ceará.

*Depto. de Geociências/UECE - Av. Paranjana, 1700 – Campus do Itaperi – 60.740-000 – Fortaleza – CE
Fone: (85) 299-2678

RESUMO

A carência de conhecimento prospectivos na identificação das características geológicas e tecnológicas no sentido de qualificar e quantificar os mais variados litotipos para fins ornamentais é marcante no setor. O desconhecimento do método e tecnologia adequada ao tipo de jazida também muitas vezes contribui negativamente para os insucessos do empreendimento do projeto de mineração.

Dessa forma tem-se observado queima de etapas, onde os empresários por falta de interesse, desconhecimento ou visando erroneamente reduzir custos não deram a devida importância à pesquisa geológica antes e durante o processo de exploração de suas pedreiras.

Essas frustrações têm levado os empresários a tomar consciência da necessidade de execução de uma prospecção e pesquisa geológica através de mapeamento geológico/estrutural, métodos geofísicos e sondagens rotativas, tendo como finalidade definir ao máximo a presença e distribuição espacial das descontinuidades (falhas, veios fraturas de resfriamento e /ou tectônicas), bem como os defeitos da massa granulométrica (anomalias e diferenciações de composição, presença de xenólitos, nódulos de oxidação dentre outros) capazes de interferir no padrão e comercialização do material explorado.

O processo inicial de uma prospecção pode ser fundamentado no conhecimento prévio de alguns fatores essenciais que a jazida e a rocha devam possuir, a fim de reduzir a relação entre o benefício esperado e o risco inerente ao desconhecimento das características geológicas da rocha a ser explorada. Estes fatores podem ser classificados dentro de dois aspectos: propriedades específicas dos afloramentos e fatores condicionantes da exploração.

De posse dos conhecimentos relacionados anteriormente, a pesquisa pode desenvolver-se em seis fases. A Figura 1 mostra um esquema geral do plano de trabalho para investigação de rochas ornamentais.

De posse desses estudos procede-se-á a abertura da frente de lavra, utilizando o método e a tecnologia que mais se adequou com o resultado da pesquisa realizada.

INTRODUÇÃO

A falta de estudos no sentido de identificar, qualificar e quantificar os materiais a serem explorados tem levado o setor de rochas ornamentais a experiências que muitas vezes não lhe são favoráveis. Investir em equipamentos novos e modernos para a extração e beneficiamento tem sido a maneira que o setor tem adotado ao longo dos anos na busca de tornar-se mais competitivo. A experiência tem demonstrado que dispor de máquinas de última geração e tecnologias de lavras avançadas não tem sido suficiente para tornar-se competitivo no mercado. Julgamos necessário também o conhecimento das características geológicas/estruturais das rochas fatores que condicionam o padrão estético dos materiais (cada vez mais exigido pelo mercado consumidor) e que interferem diretamente na recuperação, vida útil da jazida e na minimização dos impactos ambientais inerentes de tal atividade.

Tem-se verificado queima de etapas, onde os empresários por falta de interesse, desconhecimento ou visando erroneamente reduzir custos não deram a devida importância à pesquisa geológica antes e durante o processo de exploração de suas pedreiras. Torna-se comum os maciços rochosos e matacões serem lavrados de maneira predatória, levando-se mais em conta a intuição e experiência de campo que os estudos técnicos de detalhes, gerando perda de lucratividade e competitividade, chegando inclusive ao abandono da extração, acarretando danos irreparáveis ao meio ambiente e frustrações nas expectativas das comunidades, que têm visto na mineração a alternativa para minimizar seus problemas sociais.

Essas frustrações têm levado os empresários a tomar consciência da necessidade de execução de uma prospecção e pesquisa geológica através de mapeamento geológico/estrutural, métodos geofísicos e sondagens rotativas, tendo como finalidade definir ao máximo a presença e distribuição espacial das descontinuidades (falhas, veios fraturas de resfriamento e/ou tectônicas), bem como os defeitos da massa granulométrica (anomalias e diferenciações de composição, presença de xenólitos, nódulos de oxidação dentre outros) capazes de interferir no padrão e comercialização do material explorado.

CONHECIMENTOS FUNDAMENTAIS PARA O ESTABELECIMENTO DE UMA PROSPECÇÃO

O processo inicial de uma prospecção pode ser fundamentado no conhecimento prévio de alguns fatores essenciais que a jazida e a rocha devam possuir, a fim de reduzir a relação entre o benefício esperado e o risco inerente ao desconhecimento das características geológicas da rocha a ser explorada.

Estes fatores podem ser classificados dentro de dois aspectos:

- a) Propriedades específicas dos afloramentos
 - Grau de Fraturamento
 - Características da rocha
 - Composição
 - Cor
 - Tamanho dos grãos
 - Homogeneidade
 - Oxidação
 - Propriedades físicas e mecânicas
 - Outras alterações

O estudo do grau de fraturamento visando principalmente definir o número de família de diáclases e os espaçamentos e as direções entre elas são fatores que irão definir o método de lavra e o tamanho dos blocos a serem extraídos. Uma rede de diáclase pouco espaçada invalida o uso da rocha com fins ornamentais; um diaclasamento médio permite a extração de blocos comerciais só em certos setores (o que representa um nível de aproveitamento de baixo a médio do maciço rochoso), gerando grande volume de rejeitos e conseqüentemente impacto ambiental relacionado principalmente à disposição desse rejeito ao longo da área. Um diaclasamento escasso favorece a obtenção de blocos com tamanho e qualidade melhor ocasionando, portanto, um aproveitamento maior do jazimento.

O conhecimento da composição mineralógica, o tamanho dos grãos, a textura e a cor da rocha são de grande interesse já que são propriedades que condicionam decisivamente seu caráter ornamental. Ao contrário das outras propriedades tecnológicas não há como dimensionar a beleza de uma pedra polida, já que o seu valor estético pode ser alto para uns e baixo para outros. A cor de uma pedra é um fator bastante significativo sob o ponto de vista comercial da mesma.

A homogeneidade de uma rocha é função da densidade de fraturamentos, da presença de veios, da constância mineralógica e textural, ocorrência de enclaves, etc.

Cada vez mais o mercado consumidor passa a exigir material de qualidade, pois blocos que apresentam alguns destes aspectos são rejeitados, entulhando o pátio da pedreira ou são dispostos como "bota fora", muitas vezes sem um planejamento adequado, prejudicando, inclusive, o avanço da frente de lavra.

A incidência alta destes aspectos gera uma baixa recuperação do material a ser lavrado, podendo

inviabilizar a pedreira, causando danos irreparáveis ao meio ambiente.

A oxidação é um fator que deve ser levado em conta no aproveitamento do jazimento já que sua presença e distribuição, por si mesma pode obrigar o abandono da pedreira. A oxidação, caso exista, tem que estar distribuída de maneira homogênea ao longo da chapa, dando uma tonalidade amarela que em alguns casos pode enaltecer o valor comercial do material.

A caracterização tecnológica da rocha é importante para saber se o material a ser lavrado satisfaz as necessidades da aplicabilidade a que se destina.

Estas propriedades físicas e mecânicas são geralmente dimensionadas pela resistência a compressão, dilatação, absorção d'água, dureza média da rocha e pela abrasão. Vale ressaltar que a presença de minerais solúveis ou facilmente carregados pelas águas provoca rapidamente a formação de cavidades de dissolução, fato este que prejudica o seu valor estético.

Outras alterações importantes a serem observadas dizem respeito à presença e à intensidade de meteorização da rocha. Uma meteorização é baixa quando a crosta de alteração é menor ou igual a 2cm, média se a crosta alterada está em torno de 2 a 20cm e alta se for maior que 20cm.

- b) Fatores condicionantes da exploração
 - Topografia, acesso, infra-estrutura
 - Tamanho do afloramento
 - Existência de pedreiras próximas
 - Cobertura do solo e de estéril
 - Impacto ambiental que poderá ocasionar a pedreira
 - Mercado

A localização uma pedreira deve apresentar condições ideais para alojamentos, implantação de uma praça de fácil locomoção dos equipamentos e, sobretudo, é importante saber a distância da mesma com relação às linhas férreas, porto e condições de via de acesso rodoviário para o escoamento da produção de blocos. Este aspecto é muito importante na abertura de uma pedreira pois dele depende o sucesso econômico da exploração de alguns materiais.

No tocante à localização da pedreira, outro aspecto de suma importância não só para a atividade propriamente dita, mas também sobre os danos causados ao meio ambiente diz respeito à morfologia da região. Com relação a topografia, as pedreiras podem localizar-se em áreas de serra (no pé do relevo, no talude, ou no topo) e planícies.

Em pedreiras localizadas no sopé da montanha o impacto paisagístico é modesto devido ao ângulo de visibilidade ser baixo e o desenvolvimento da pedreira ser mais na horizontal que na vertical, a visibilidade do bota-fora é menor e pode ser encoberto por barreira vegetal ou posicionados de tal maneira que se assemelhe à

morfologia natural do relevo. A recuperação final da área é fácil podendo recorrer a usos alternativos. Devido ao posicionamento dessas pedreiras que estão em contato com a planície pode ocorrer contaminação das águas superficiais e subterrâneas, interferindo na qualidade e quantidade das mesmas através da contaminação por pó, óleos, graxas, combustíveis e explosivos, dentre outros. As pedreiras situadas nestas condições permitem uma grande produção, facilidade de acesso, escoamento e manejo dos equipamentos, e os riscos com acidentes são menores.

Pedreiras localizadas no talude das serras com inclinação em torno de 40° a 60° não têm espaço para desenvolver-se na horizontal, seu desenvolvimento no sentido vertical gera um alto impacto paisagístico devido tanto à frente de lavra como à disposição do bota-fora. O acesso não é fácil e torna-se mais visível. O manejo com os equipamentos é dificultado e são pedreiras de baixa produção, a recuperação da área é difícil e de custo elevado.

Em pedreiras localizadas no topo da serra o impacto sobre o meio ambiente gerado pela frente de lavra é secundário (fácil de disfarçar), no topo da serra o ângulo de visão é menor, porém os rejeitos lançados nas encostas constituem um grande impacto ambiental favorecendo uma zona de vulnerabilidade. São pedreiras de difícil acesso, podendo ocorrer a destruição naturalista de monumentos geológicos interessantes feitos pela natureza.

Em pedreiras localizadas em planícies o acesso é fácil, sendo feito por meio de estradas e rampas, a visibilidade do impacto ambiental é baixa, mas há possibilidade de contaminação de água subterrânea. A recuperação ambiental pode ser fácil adaptando-se o local como área de recreação, por exemplo, para a prática do *motocross*.

Com relação ao tamanho do jazimento é importante conhecer sua extensão superficial para avaliar preliminarmente a reserva do maciço rochoso, pois para que uma pedreira possa ser instalada é necessário que a mesma tenha uma vida útil (20 anos) suficiente para suprir as despesas de investimento e dar lucro ao investidor. Deve-se verificar também os tamanhos dos matacões, pois os mesmos devem ter em média volumes superiores a 100m³ devido ao grau de alteração a que normalmente essa forma de ocorrência está submetida e aos desperdícios ocasionados pelo método de extração, esquadrejamento e desbaste para a elaboração dos blocos comercializáveis.

A existência de pedreiras próximas é um fator muito positivo, já que indica um potencial real do jazimento e pode contribuir para a escolha mais adequada do tipo de lavra e tecnologia empregada para obtenção dos blocos através de uma maneira mais racional.

A exploração de uma jazida vincula-se a aceitação ao mercado dos produtos acabados. O crescimento e a retração do número de extração, o seu porte e o tipo de empreendimento estão

relacionados com a procura deste granito no mercado. As jazidas são abertas e fechadas, ampliadas ou reduzidas por determinantes mercadológicos.

Determinados tipos de granito suportam diferentes tamanhos de empreendimentos e metodologias extrativas, sendo o preço de mercado um dos fatores limitantes do método de lavra e da tecnologia empregada para o desmonte do material rochoso.

A expansão do consumo depende das condições macroeconômicas, do crescimento da renda per capita, do aumento das preferências dos consumidores pelo uso de rochas ornamentais e da redução de seus preços em relação aos materiais substitutos.

O comportamento da economia e o crescimento da renda não dependem de iniciativas do setor. No entanto, o aumento das preferências pode ser obtido através de instrumentos apropriados de divulgação e *marketing*. A redução dos preços relativos depende fundamentalmente da diminuição dos custos operacionais que, por sua vez, é função de ganhos de eficiência e produção, obtidos através de conhecimentos técnicos e aplicação de tecnologia, investimento em pesquisa e mão-de-obra especializada.

O mercado, seja ele de amplitude nacional, continental ou global, não comporta a palavra impossível. Assim, o crescimento da venda de produtos no exterior exige um projeto de longo prazo, caracterizado pela produção de materiais de elevada qualidade, pesados investimentos em *marketing*, criação de redes de distribuição e comercialização, tendo isso passado pela consolidação da imagem e reputação das empresas envolvidas na missão (Carvalho, 1998).

Por fim, determinar o tipo e a espessura do capeamento que por ventura possa existir na pedreira é um dos fatores essenciais antes de uma eventual exploração do jazimento, devido ao custo que pode acarretar sua eliminação, associados aos danos ambientais causados pela remoção do solo, vegetação e material estéril.

PESQUISA GEOLÓGICA NA EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

De posse dos conhecimentos relacionados anteriormente, a pesquisa pode desenvolver-se em seis fases. A Figura 1 mostra um esquema geral do plano de trabalho para investigação de rochas ornamentais.

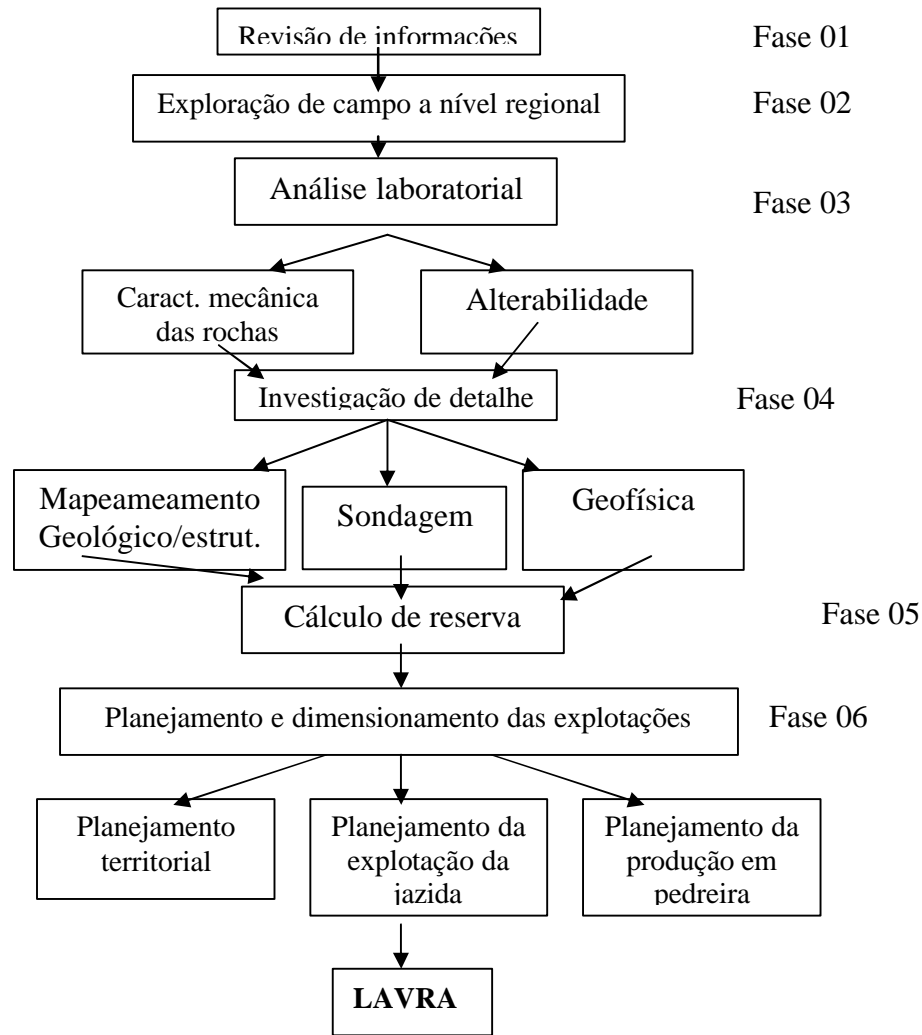


Figura 1 - Esquema geral do plano de trabalho para pesquisa de rochas ornamentais

Fase 1 – Revisão Bibliográfica

Na fase inicial de uma pesquisa, faz-se necessária uma revisão bibliográfica acerca de trabalhos desenvolvidos anteriormente, tais como teses, artigos publicados em congressos ou revistas especializadas e relatórios técnicos (dentre outros), os quais contendo informações geológicas complementares (tectônica, estratigráfica, geológica regional, etc), bem como informações básicas através de mapas geológicos e metalogenéticos, em escala regional possam permitir uma primeira seleção de zonas que tenham potencial real para um estudo detalhado que será feito posteriormente.

Fase 2 – Exploração de Campo a Nível Regional

As informações obtidas na revisão bibliográfica e o levantamento fotogeológico das áreas selecionadas conduzem à elaboração de um mapa preliminar das principais feições estruturais e litológicas, assim como identificam a cobertura de solo existente.

De posse deste estudo faz-se visitas ao campo numa escala de 1:50.000 ou 1:25.000, variando em função da rocha investigada e do tamanho da área. Nesta fase, com o auxílio do estudo fotogeológico em cada zona selecionada, procura-se descrever e analisar os seguintes aspectos:

- . Morfologia do afloramento
- . Características da rocha
- . Composição; cor; tamanho dos grãos; textura
- . Homogeneidade
- . Variação de fácies
- . Presença de descontinuidade
- . Oxidação
- . Tamanho dos afloramentos
- . Cobertura de estéril
- . Topografia; acesso e infra-estrutura industrial
- . Impacto ambiental

Todos esses dados serão condensados numa ficha de afloramento, conforme sugestão na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelo de Ficha de Afloramento

	Índice nº		
	Amostra fresca	superficial	
Localização			
Folha:			
Fotografias:			
Topografia:	Acidentada	<i>Moderada</i>	Plana
Acesso:	Difícil	Moderado	Fácil
Afloramento			
Ocorrência	Maciço	Matacão	
Extensão	Grande	Média	Pequena
Volume	Grande	Médio	Pequeno
Cobertura de solo	Grande	Média	Pequena
Cobertura vegetal	Grande	Média	Pequena
Grau de alteração	Grande	Média	Pequena
Infra-estrutura	Boa	Média	Ruim
Vulnerabilidade amb. Ocor. de pedreira próx.	Alta	Média	Baixa
Rocha			
Denominação			
Cor			
Tamanho dos grãos			
Textura			
Composição			
Descontinuidades	Xenólitos	Veios	Fraturas
Oxidação			

Fase 3 – Estudos Laboratoriais

Após a amostragem da rocha, que deve ser a mais representativa do volume a ser explotado, procede-se aos estudos sobre a qualidade da mesma através da análise de propriedades importantes, que são:

A) Alterabilidade

A determinação da alterabilidade do granito deve considerar tanto a deteriorização atual como o potencial de meteorização que pode sofrer no futuro.

A deteriorização do granito está relacionada com suas propriedades intrínsecas (composição, textura, etc) e com o meio que o rodeia, particularizado com diversos agentes externos (atmosféricos contaminantes, circulação de águas, etc).

A deteriorização atual é calculada tendo em conta o estudo petrográfico da rocha ao microscópio, analisando sua composição mineralógica, textural e microfraturas existentes. O processo de cálculo compreende vários passos intermediários e, segundo Muñoz (1989), consiste no seguinte:

Em primeira instância se calcula a alterabilidade mineralógica de cada mineral principal (x) presente no granito, caracterizando-se a cada um deles mediante a associação de um dos cinco graus ou índices apresentados na tabela de Ordaz - Esbert (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela de Ordaz-Esbert para determinação da deteriorização

Graus	Níveis de deteriorização de feldspato	Níveis de deteriorização de máficos	Níveis de deteriorização de quartzo
0	Não alterado aparentemente	Não alterado; Sã	Aparentemente Sã
1	Com microfissuras de ordem inferior ao tamanho do grão. Ligeira alteração secundária	Alterado somente marginalmente e ou nas linhas de exfoliação	Com microfissuras da ordem inferior ao tamanho do grão
2	Com microfissura do tamanho do grão interconexões entre as microfissuras. Alterações inferiores a 50% da superfície	Alteração marginal com pequenas manchas de alteração distribuída no grão. Microfissuras	Com microfissuras da ordem do tamanho do grão. Interconexões entre as microfissuras
3	Microfissuras abundantes. Áreas de alterabilidade superior a 50% da superfície do grão	Áreas de alteração inferior a 50% da superfície do grão microfissuras	Microfissuras abundantes e princípios de subdivisão granular
4	Microfissuras abundantes. Áreas de alteração ocupando praticamente todo o grão	Áreas de alteração superior a 50% da superfície do grão. Microfraturas abundantes	Microfissuras abundantes. Subdivisão granular

Fonte: Muñoz, p.et al (1989)

Continuando, calcula-se a deteriorização mineralógica D(x) de cada mineral mediante a formula a seguir:

$$D(x) = \frac{\sum v_i \cdot n_i}{N}$$

Sendo,

v_i = grau de alteração tomado na tabela de Ordaz- Esbert

n_i = número de grãos minerais com alteração v_i

N = número total de grãos de mineral estudado

Conhecendo D(x), calcula-se, agora, a deteriorização mineral da rocha no conjunto, ponderando a deteriorização mineralógica média de cada mineral com sua abundância relativa na rocha P(x) e dividindo por 100

$$D(m) = \frac{d(x) \cdot p(x)}{100}$$

Finalmente, para a determinação da deteriorização atual D(a), considera-se a deteriorização mineralógica já conhecida e a oxidação do granito.

Para comprovar o quanto a rocha é resistente a este tipo de alteração, preparam-se

chapas polidas representativas que são submetidas a vários ensaios ou choques térmicos segundo a norma UNE 22-197. A partir do resultado obtido o parâmetro oxidação é quantificado mediante o grau Ox que figura na Tabela 3, que varia de 0 a 4 em função da importância que representa o fenômeno na rocha.

Tabela 3 - Valor de Oxidação

Grau de oxidação Ox	Tipo de Oxidação
0	Inexistente
1	Baixa
2	Baixa a média
3	Média
4	Alta

Fonte: Muñoz, et al. (1989)

O valor D(a) se define como:

$$D(a) = \frac{dm.km + Ox.kx}{Km + kx}$$

Sendo, km e kx coeficientes de ponderação de valor 1 e 3 respectivamente. O valor qualitativo da deteriorização atual se calcula com a Tabela 4.

Tabela 4 – Valor da deteriorização atual D(a)

D(a)	Valor
0-1	Muito baixa
1-2	Baixa
2-3	Média
3-4	Alto

Fonte: Muñoz, et al. (1989)

O segundo fator que intervém na alterabilidade da rocha é o potencial da meteorização, ou alteração produzida por agentes externos ao granito que provoca a mobilidade relativa dos elementos químicos primários que os formam. Para determinar este fator é necessário realizar análise química da rocha.

Geralmente se aceita que os elementos mais móveis no transcurso da meteorização dos granitos são o Cálcio (Ca), Sódio (Na), Magnésio (Mg) e Potássio (K). Segundo Muñoz (1989) a quantificação do potencial de meteorização se realiza a partir do índice homônimo definido por Saavedra, segundo a expressão simplificada:

$$Mp(\%) = 3,28x (\% Na_2O) + 5,53 (\% MgO) + 3,76 (\% K_2O) + 5,81 (\% CaO)$$

Os valores do índice mp obtidos são expressos em porcentagem, que podem ser transformados em valores compreendidos entre 0 e 4 (índice de potencial de meteorização transformado - mpt) - Tabela 5.

Tabela 5 - Transformação do índice mp em mpt e valor do potencial de meteorização

Índice mp	Índice mpt	Valor
0 - 20	0	Muito baixa
20 - 40	1	Baixa
40 - 60	2	Média
60 - 80	3	Alta
60 - 100	4	Muito alta

Fonte: Muñoz et al. (1989)

Conhecidos D(a) e mpt, calcula-se a alterabilidade da rocha mediante a expressão:

$$Ial = \frac{D(a).ka + mpt.kp}{Ka + kp}$$

sendo ka e kp coeficientes de ponderação de valor 2 e 1 respectivamente. O valor da alterabilidade se calcula com a Tabela 6.

Tabela 6 – Valor da alterabilidade

Índice Ial	Valor
0-1	Muito Baixa
1-2	Baixa
2-3	Média
3-4	Alta

Fonte: Muñoz, et al. (1989)

B) Caracterização Tecnológica

As rochas ornamentais têm um valor comercial que resulta da demanda do mercado consumidor, essencialmente por motivos ligados a suas propriedades de resistência, aptidão ao corte, polimento e beleza estética.

As principais utilizações das pedras naturais se encontram no setor da construção civil, onde geralmente se destinam a ocupar funções estruturais (pilares, vigas, revestimentos, pavimentações, etc), seguidas por aplicações decorativas, ornamentais, monumentais e funerárias. As características físico-químicas que garantirão a certas rochas tais atributos resultam de sua gênese e composição mineralógica, associadas a seu passado geológico-tectônico, responsável por modificações sensíveis em termos de deformações e rupturas, umas e outras observadas pela presença de discontinuidade que condicionam seu valor econômico.

Quando as características tecnológicas das rochas não são conhecidas previamente, assim como o reconhecimento das condições ambientais às quais os revestimentos estarão sujeitos, podem surgir problemas de inadequação do material para o uso pretendido.

A caracterização tecnológica das rochas ornamentais que tem como objetivo estabelecer o uso mais adequado do material é determinada mediante dentre outros aos seguintes ensaios:

- Descrição petrográfica
- Determinação dos índices físicos
- Resistência a compressão
- Resistência a flexão
- Resistência ao impacto
- Módulo de deformação estática
- Coeficiente de dilatação térmica
- Congelamento e degelo

A análise petrográfica de uma rocha ornamental é importante para se estabelecer sua classificação petrográfica e por em evidência uma série de características, tais como existência de poros, discontinuidades, fissuras, alterações etc, que influenciam no comportamento do material na fase de utilização bem como condicionar sua evolução no transcurso do tempo.

O peso específico aparente e o coeficiente de absorção d'água se obtém a partir do mesmo ensaio e em ambos existe uma relação inversa. Para um mesmo tipo de rocha, quanto maior o peso específico aparente, menor é a porosidade e menor será o coeficiente de absorção d'água.

Uma rocha porosa absorverá mais água e seus minerais serão mais susceptíveis ao ataque pela própria água ou por outros agentes químicos. O coeficiente de absorção d'água é de suma importância quando os materiais vão ser colocados sujeitos a ação de agentes intempéricos.

A resistência a compressão de rochas é representada pela tensão capaz de provocar a sua ruptura.

Rochas que apresentam altas resistências à compressão mostram, em geral, valores adequados de outras propriedades, tais como baixa porosidade, alta resistência à flexão, etc. A resistência na direção perpendicular à estrutura da rocha é, em geral, maior que na direção paralela e maior ainda que na direção inclinada. Para um mesmo tipo petrográfico a resistência à compressão será maior para aquelas amostras de granulação menor.

O estado de alteração tem, também, grande influência na resistência à compressão, assim como o estado microfissural, sendo esta tanto maior quanto mais sã e menos microfissurada for a rocha.

O ensaio de flexão objetiva determinar a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços conjuntos de compressão e tração. Esse é dos ensaios o mais importante e necessário para revestimento externos de fachadas com rochas ornamentais. O granito é duro e pouco flexível e, quando atinge sua capacidade máxima de carga, se rompe sem aviso.

Rochas de origens graníticas com granulações maiores apresentam uma tendência a uma flexão menor do que as rochas de granulação mais fina.

A resistência ao impacto (tenacidade de uma rocha) é propriedade que reflete sua coesão e indica sua maior ou menor capacidade de suportar ação mecânica instantânea (golpe ou impacto).

O valor da energia liberada pelo impacto de um corpo que provoque a ruptura de uma placa é importante para subsidiar o seu dimensionamento num revestimento, tanto de pisos como de partes baixas de um revestimento vertical.

A tenacidade depende grandemente do grau de embricamento dos cristais de minerais formadores das rochas, assim, como da sua estrutura.

O módulo de deformação estática é a relação entre as tensões e as deformações sofridas pela rocha. Frazão & Farjallat (1995) determinam o módulo de deformação estática sob compressão uniaxial, no qual se promove o carregamento de corpos-de-prova prismáticos, cilíndricos ou retangulares, até cerca de 50 a 75% da tensão que causaria a ruptura da rocha, enquanto se mede a deformação do corpo-de-prova com instrumentos apropriados.

O coeficiente de dilatação térmica linear é para medir o aumento de volume quando submetida a variações de temperatura, podendo dilatar-se ou contrair-se conforme a temperatura aumente ou diminua. Seu conhecimento resulta de grande importância na hora de prever juntas de dilatação quando o material vai ser utilizado no exterior ou em lugares com grande variações de temperatura.

O ciclo de congelamento e degelo é um fenômeno comum nos países do hemisfério norte. A água acumulada nos poros das rochas aumenta de volume quando sob temperatura negativa, é solicitada intensamente nas pedras em revestimento de fachadas e pisos, levando-as a um enfraquecimento progressivo.

Ciclos de tensão gerada pela expansão do gelo, seguida da distensão pelo degelo, promovem paulatinamente a queda da resistência das pedras ou até a sua completa desagregação. O enfraquecimento se deve às tensões advindas da expansão resultante do congelamento da água e o efeito será tanto maior quanto maior for a porosidade intercomunicante, quanto menores forem os poros e quanto maior for o seu grau de saturação.

Todos esses ensaios são executados no mundo todo através de procedimentos padronizados por instituições normalizadoras, entre as quais se destacam: American Society for Testing and Material-ASM; Deutches Institut Fur Normung- DIN; Association Française du Normalisation- AFNOR; Internacionalle Italiano de Unificazion- UNI e anorma espanhola UNE, no Brasil ABNT.

Fase 4 – Pesquisa de Detalhe

As áreas selecionadas nas fases anteriores serão investigadas detalhadamente visando quantificar e qualificar os materiais, fornecendo subsídios para a elaboração de um plano de lavra onde a tecnologia empregada e os equipamentos a serem utilizados sejam os mais adequados com as condições geológicas/estruturais e com a morfologia da área.

Inicialmente deve-se fazer um levantamento planialtimétrico preciso que contenha toda a morfologia do corpo rochoso onde se pretende lavrar em escala pequena da ordem de 1:500, com equidistância de curvas de nível da ordem máxima tolerável de 1 a 5 metros.

Posteriormente, faz-se um mapeamento geológico/estrutural na escala 1:500 ou 1:10000 visando obter informações detalhadas acerca das características texturais e mineralógicas da rocha, existência de veios, manchas, lentes, xenólitos, nódulos de oxidação etc., assim como todas as estruturas que afetam a rocha tais como falhas, juntas ou diáclases, dobras, diques, conhecendo-se a fundo seu comportamento espacial. Essas feições podem determinar perda na lavra e menor dimensão dos blocos lavráveis, bem como acarretar problemas de resistência físico-mecânica em chapas.

Concentração de minerais máficos (sobretudo biotita grosseira) e sulfetos geram problemas de polimento nas chapas e alterabilidade mais acentuada nos produtos aplicados.

Nódulos, enclaves, pequenos diques e veios, sobretudo em rochas homogêneas, determinam problemas de padrão estético e perdas no esquadramento de chapas. Texturas porfiríoides ou grosseiras desaconselham o uso da rocha para lajotas de pequena espessura, por questões de resistência mecânica.

Em virtude da Anisotropia e da heterogeneidade das propriedades que os maciços apresentam, como consequência da presença de descontinuidades, sua caracterização deve englobar informações sobre altitude, espaçamento e persistência assim como localização e inclinação das fraturas porque delas dependem a melhor orientação para os trabalhos de exploração em pedreiras.

As espécies de acidentes estruturais que ocorrem no maciço rochoso são foliações, dobramentos e fraturas.

As foliações constituem o tipo mais simples de estrutura anisotrópica, estando formadas por superfícies paralelas de menor resistência que separam volumes individualizados de material rochoso e correspondem a orientações preferenciais dos minerais que constituem a rocha.

Os dobramentos são estruturas comuns a pequena profundidade resultantes da predominância de tensões horizontais elevadas na crosta, provocando deformações importantes na vertical, e na maioria dos casos mantendo a forma inicial do maciço estratificado.

As fraturas naturais ocasionadas por tensões impostas pela tectônica e durante os movimentos da crosta terrestre, além dos fenômenos de contração térmica das rochas ígneas, se dividem no maciço rochoso em duas categorias: as juntas, quando ao longo delas ocorrem deslocamentos muito pequenos ou nulos; e as falhas, onde ocorre deslocamento de forma significativa.

O estudo das fraturas naturais é hoje um vasto campo de investigação, não só para promover a extração de fluidos do maciço (água subterrânea, petróleo e gás) mas também para a exploração de pedras naturais.

Os tipos mais comuns de juntas são a de tração, com orientação perpendicular aos planos de estratificação e geralmente associadas às zonas de máxima curvatura dos dobramentos, seguidos por juntas de rotação, devido à interação entre capas durante os dobramentos. Também aparecem juntas paralelas às capas das rochas estratificadas quando as cargas verticais de compressão são suficientes para criar planos de ruptura por corte durante os episódios de dobramento. Finalmente, tem-se a existência de juntas de contração associadas ao esfriamento dos magmas, são superficiais de menor resistência dos maciços de rochas ornamentais.

As falhas são fraturas causadas por movimentos ao longo de planos de corte, geralmente de grande amplitude. Sua gênese está na dependência dos estudos de tensões verificadas na zona de falha, influenciando especialmente na relação entre os componentes horizontais e verticais desses estados de tensões. Os três tipos básicos de falha são as normais ou de gravidade, que se produzem a pequena profundidade, as inversas a grande profundidade e as direcionais ou transcorrentes quando os componentes horizontais dos estados de tensões assim o determinam.

Os fraturamentos é um fator importante na explotabilidade dos jazimentos, já que de sua densidade e o tipo de diáclase dependerá a possibilidade de extração de blocos comerciais. Daí, a necessidade de se estudar o fenômeno em detalhe.

Em primeiro lugar é preciso conhecer a distribuição espacial do sistema de fraturas com a finalidade de detectar as direções de debilidade preferencial. As famílias de fraturas observadas através dos reconhecimentos de campo podem ser visualizadas mediante diagramas, que se elaboram a partir do número relativo (frequência) de fraturas que existem em cada direção.

O estudo das fraturas nos afloramentos deve concentrar-se na identificação da geometria e distância das diferentes famílias de diáclases que podem existir. Para isso é conveniente utilizar a projeção esteriográfica, pois tem demonstrado ser uma ferramenta muito apropriada para o manejo e tratamento dos dados angulares (direção e mergulho) que caracterizam a identificação destas descontinuidades.

Conhecida a forma das famílias de diáclases existentes, é preciso estudar sua continuidade ou desenvolvimento, tanto em superfície como em profundidade. Para isso é interessante a realização de furos de sondagem ou o emprego de técnicas geofísicas já que, por meio de uma adequada malha de sondagens elétricas verticais, é possível estabelecer tanto o grau de fraturamento do maciço como a espessura do recobrimento e, dentro de certos limites, a continuidade em profundidade da rocha investigada.

Baseado no estudo detalhado das informações de superfície se projeta furos de sondagens com inclinações adequadas ao padrão geológico/estrutural encontrado com profundidades que podem variar de 20 a 40m. Estes furos deverão ser amarrados topograficamente e nivelados. Os furos de sondagem não devem ser inferiores a três, já que são necessárias informações tridimensionais para o planejamento de lavra. A sondagem auxiliará tanto na definição de reservas medidas quanto para observações de aspectos estruturais e estéticos.

O uso de barriletes deve ter diâmetro em torno de 10 cm, a fim de obter-se um testemunho menos sujeito a quebras mecânicas derivadas da vibração e/ou impactos da sonda.

A descrição dos testemunhos deve ser feita numa escala de centímetros, amostrando-se todos os fatores geológicos-estruturais do tipo de rocha com perfeita capacidade de distinção dos fraturamentos naturais provocados pela operação de sonda. É importante ter perfeita caracterização dos ângulos referentes a acamamento, xistosidade e toda e qualquer estrutura que deve ser correlacionada com os dados de superfície obtidos no mapeamento geológico.

Os testemunhos de sondagem podem ter corte longitudinal e polidos, ilustrando assim seções verticais ou horizontais da porção explotável do maciço.

O uso de técnicas geofísicas, ciência que trata dos fenômenos físicos que se produzem na terra baseadas nos métodos sísmicos, geralmente aplicados na pesquisa petrolífera e mineral, também pode ser de grande valia no setor de rochas ornamentais.

As técnicas geofísicas são aplicáveis em estudos preliminares de maciços, bancadas e matacões para detecção de fraturamentos, definição de espessura de capeamento e verificação da geometria de corpos subjacentes, como por exemplo matacões soterrados.

Um corpo sólido como uma rocha pode transmitir em seu interior ondas elásticas, que podem ser geradas por detonação, impactos mecânicos ou vibrações. Existem dois tipos principais de ondas elásticas: a onda longitudinal (p) e a onda transversal (s). Na propagação das ondas (p) as partículas do meio vibram na direção desta propagação, enquanto que nas ondas (s) a vibração das partículas ocorre na direção perpendicular à da propagação.

Os métodos sísmicos de sondagem geofísica baseiam-se no comportamento das ondas (p) e (s), sendo que a onda (p) é mais utilizada na análise sísmica. São portanto, aplicadas mediante a produção, transmissão e detecção destas ondas elásticas. A detecção é feita através de geofones ou sensores.

Pelo estudo dos tempos de chegada em um certo número de pontos escolhidos, é possível deduzir as posições das diferentes interfaces de contato onde as ondas se refletem, refratam ou são

amortecidas por mulas (xenólitos), barbantes (veios), área de fraturamentos, dentre outros.

Nas rochas graníticas a velocidade de propagação das ondas (p) fica entre 5.000m/s e 6.000m/s. Se for material perfeitamente homogêneo e sem fraturas essa velocidade é obtida e pode se manter constante em todas as medidas. No caso de material com heterogeneidades do tipo diferenciação mineralógica, enclaves, veios, dentre outros sem presença de fraturas, são observadas variações máximas de 14% na velocidade de propagação das ondas (p).

Por outro lado, quando uma frente de onda intercepta uma fratura, sua trajetória sofre um desvio significativo, que acarreta um retardamento da ordem de 30% a 40% na recepção. Esse atraso de chegada é então interpretado como uma quebra de velocidade, que indica a presença de fraturas.

O emprego da Geofísica na pesquisa de rochas ornamentais, anteriormente descrito, é de suma importância na definição da abertura ou não da pedreira, além de contribuir no direcionamento das frentes de lavra, minimizando os impactos causados ao meio ambiente, reduz o volume de rejeitos, obtendo-se desta forma, blocos de boa qualidade nos quais não se verificam fraturas, veios, xenólitos, nem variações texturais da rocha. Conhecendo-se melhor as características lito-estrutural das rochas através da Geofísica pode-se definir a tecnologia de lavra que será mais adequada a tais características, evitando desta forma danos à rocha.

Esses estudos mencionados visam prever o índice de recuperação, as dimensões básicas e as formas dos blocos a serem extraídos e auxiliar no cálculo de reserva da área, além de fornecer material de qualidade.

Tem-se verificado ser muito difícil para compradores, vendedores e produtores de blocos garantir o padrão comercializado através de uma amostra polida, em razão da evidente falta de representatividade desse tipo de amostra em relação ao universo de blocos produzidos. Muitas são as circunstâncias a que se submetem os blocos durante a extração. Essas possuem características geológicas e extrativas de tal modo variáveis que muitas vezes fogem ao controle de quem consome ou, até mesmo, de quem produz.

A pesquisa geológica ajuda a obter produtos de qualidade os quais deverão conter dentre outros os seguintes atributos:

- Estrutura interna sadia
- Dimensões corretas e padronizadas
- Aspecto ornamental constante e padronizado
- Garantia de fornecimento
- Preço competitivo

Fase 5 – Cálculo de Reservas

Uma vez determinada a natureza e distribuição dos mananciais existentes no jazimentos deve-se passar à etapa de cálculo do volume das reservas exploradas.

A tonelagem da reserva se estima multiplicando o volume da reserva cubada pela densidade média do material.

O cálculo de reserva pode ser feito, dentre outros, pelos seguintes métodos:

A) Método das Seções Transversais

Seções geológicas verticais são distribuídas a intervalos regulares para representar a forma e área do corpo rochoso em cada seção. A reserva é calculada pelo somatório da área em cada seção pela equidistância entre estas:

$$V_t = \sum A_i \cdot L_i$$

Onde:

V_t = Volume total de material (m^3)

A_i = Área do depósito na seção S_i (m^2)

L_i = Espessura do material representado na seção S_i (m)

B) Método das Isolinhas

O depósito se transforma num corpo de volume similar apoiado sobre um plano horizontal. O número de isolinhas é definido de acordo com o grau de complexidade do depósito.

O volume é calculado pela fórmula:

$$V = h \left(\frac{A_0}{2} + A_1 + A_2 + \dots + A_{n+1} \right) + N_a \pm \frac{1}{3} A_n h_x$$

Onde:

A_1 = Área do depósito entre isolinhas (m^2)

H = Distância entre isolinhas (m)

$\pm h_x$ = Volume remanescente (+ pico – depressão + $h/2$)

C) Método da Triangulação

Se baseia em unir as sondagens dos dados pontuais mediante retas formando uma malha triangular. Cada triângulo é a base de um prisma imaginário com uma potência determinada. Os dados do prisma são média aritmética ou ponderada para as potências de cada uma das três sondagens.

D) Método dos Polígonos

Divide-se o jazimento em polígonos determinados pelas mediatrizes dos segmentos que unem as sondagens, dentro dos quais o potencial dado por cada sondagem se mantém supostamente constante. O volume se calcula multiplicando a área do polígono pela espessura da sondagem.

E) Método dos Prismas Regulares

O depósito é dividido em planta segundo uma malha regular, passando a ser constituído por prisma retos de seção regular cujo volume é dado multiplicando-se a altura de cada um pela área de seção.

Fase 6 – Planejamento das Explorações

A falta de um planejamento ordenado e coordenado das gestões na atividade extrativa tem sido bastante freqüente no setor de rochas ornamentais.

Para o sucesso do empreendimento deve-se planejar suas atividades de tal forma que responda as distintas exigências, tanto econômicas-produtivas como ambientais-sociais.

Em função dos objetivos e do grau de investigação, podem-se identificar três níveis no processo planificador:

- A) Planejamento territorial
- B) Planejamento da exploração de uma jazida
- C) Planejamento da produção de uma pedra

O planejamento territorial em grande escala trata da viabilidade das atividades extrativas, e para tanto se identifica os jazimentos destinados a exploração e se ditam disposições para sua gestão. Criar condições necessárias para utilização ordenada e coordenada do território, levando em conta as exigências impostas pelo desenvolvimento e a melhoria de qualidade de vida, tudo respeitando o meio ambiente.

O planejamento da exploração de uma jazida identifica as áreas, os volumes cubados e as seções espaço-temporal da exploração, coordenando as atividades de infra-estrutura de serviço (pistas, rampas, praças, etc), dos rejeitos e a recuperação dos terrenos.

O planejamento dos trabalhos de pedreiras define, no âmbito da exploração, a disposição, as dimensões e a coordenação das atividades operacionais, a seqüência espaço-temporal de sua execução e os recursos produtivos a serem utilizados.

De posse desses estudos procede-se à abertura da frente de lavra, utilizando o método e a tecnologia que mais se adequou com o resultado da pesquisa realizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES, B. L. A. **Alteração e alterabilidade de rochas**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica, 1991, 384.
- BORTOLUSSI, A. Escavazione e preparazione du blocchi di granite, Carrara. In: **Marmi Graniti, PIETRE**. v. 29, n. 162, p. 51-52, 1988.

- CARANASSIOS, A.; CICCUI, R. Tecnologia de extração e valorização das rochas ornamentais. **Rocha de Qualidade**, São Paulo, v. 109, p. 58-81, abr./jun. 1992.
- CARUSO, L. G. **Os mármore e granitos brasileiros**: seu uso e suas características e tecnologias. **Rochas de Qualidade**, São Paulo, v. 47, p. 36-45, 1978.
- CHIOD FILHO, C.; ONO, P. A. Tipos de lavra e técnicas de corte para desmonte de blocos. **Rocha de Qualidade**, São Paulo v. 120, p. 93-106, 1995.
- CICCUI, R. Moderne tecniche di estrazione dei lapidei ornamentali i problemi di impatto ambientali in Italy. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE CONTROLE AMBIENTAL E SEGURANÇA EM MINERAÇÃO, São Paulo. **Anais**, São Paulo: EPUSP, 1989. p. 55-65.
- CRESPINO, Antônio. Novas tecnologias para extração de rochas ornamentais. **Rocha de Qualidade**. v. 110, p. 95-100, [19--].
- DA GAMA, Carlos. Dinis. **Aspectos geotectônicos y de fracturación de las rocas ornamentales**. Madrid: s. n., 1996. p. 231-263, 1996.
- DUARTE, Giovanni W. Método de lavra determina a eficácia do revestimento. **Rocha de Qualidade**. v. 138, p. 91-110, 1998.
- FIGUEIREDO, Paula M. dos S. L. do R. **Estudo tecnológico de rochas calcárias da região de Lisboa (Jurássico e Cretáceo)**. 1997. 1979 f. Tese (Doutorado) Universidade Técnica de Lisboa, 1997.
- FRAZÃO, E. B.; FRAJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA PEDRA, 1., 1995, Lisboa. Lisboa: s. n., 1995. Não paginado.
- LOPEZ, E. J. Control, evaluacion e impacto ambiental. In: _____ **Manual de rocas ornamentales**. Madrid: s. n., 1996, cap. 20. p. 445-492.
- MELO, Evenildo B. **Pesquisa mineral de rochas ornamentais**. In: SEMINÁRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 1., 1998, Olinda, Pe: s. n., 1998. Não paginado.

O EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR) NO CONTROLE DE QUALIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS EXTRAÍDAS EM TERRENOS INTEMPERIZADOS

Marco Antonio Barsottelli Botelho^{1*} e Everaldo Moura Araújo^{2*}

¹Professor Adjunto, CPGG/UFBA. E-mail: botelho@ufba.cpgg.ufba.br

²Doutorando, UFBA

*UFBA - R. Augusto Viana, s/n – Canela – 40.110-060 – Salvador – BA

RESUMO

Uma das tecnologias mais modernas e eficientes para realizar a prospecção e o controle de qualidade de rochas ornamentais é o método geofísico do Radar de Penetração no Solo (GPR), entretanto esta tecnologia sofre fortes restrições quando aplicada em terrenos eletricamente condutivos. O emprego do GPR para mapear o manto de intemperismo sobre um maciço rochoso, e para analisar, ou mesmo, localizar matacões imersos num manto de regolito, nem sempre é bem sucedida. Esta falha do GPR deve-se ao fato de que muitos destes terrenos são argilosos, e úmidos, apresentando condutividades superiores a 250 mS/m, o que causa atenuações superiores a 100 dB/m durante a propagação do pulso de radar.

O emprego do GPR na prospecção e controle de qualidade de matacões de sienito, nos arredores da cidade de Uruçuca, localizada na porção sudeste oriental do Estado da Bahia, na denominada microrregião Cacaueira, apresentou um desempenho muito discreto. A área foi estudada empregando antenas de 40 e 80 MHz, porém o solo da área apresenta condutividades elétricas variáveis entre 150 e 300 mS/m, os quais causaram grande absorção nas reflexões dos pulsos de radar. A maioria dos radargramas usados na prospecção tem uma ausência de reflexões provenientes do subsolo, e para complicar, apresenta muitas difrações provenientes do arvoredo da área. Entretanto, quando um matacão é localizado e remove-se o solo sobre a face superior do corpo encontrado, pode-se usar o GPR para analisar os limites, a espessura e a presença ou não de fraturas na rocha. O GPR revela-se uma excelente ferramenta no diagnóstico da viabilidade econômica do corpo, auxilia na cubagem dos matacões e contribui para diminuir despesas com tentativas de lavras em corpos fraturados, contribuindo também para diminuir o impacto ambiental.

INTRODUÇÃO

A exportação de rochas ornamentais no Brasil vem sustentando uma taxa de crescimento de 10 % ao ano desde 1987 até o fim desta década. As rochas ornamentais representam um dos três segmentos mais atrativos da mineração no Brasil para o investidor estrangeiro, sendo superado apenas pelo do ouro e seguido pelo setor das pedras preciosas. O citado crescimento reflete uma crescente demanda por granitos e mármore nos países desenvolvidos, onde são usados no

revestimento de fachadas de prédios, na decoração de interiores e até na indústria de móveis.

Os granitos brasileiros são muito apreciados no mercado internacional pelas suas características físicas e principalmente pela variedade de cores disponíveis, onde o exemplo mais nobre é o "Azul Bahia", um raro sienito com coloração azul marinho e com alto valor de mercado, para se ter uma idéia mais precisa sobre seu valor basta acrescentar que ele é vendido em kg ou m², mas nunca em tonelada, como são todas as outras rochas ornamentais.

A despeito das grandes reservas e da imensa variedade de novas rochas, o Brasil ocupa o quarto lugar no "ranking" mundial de exportadores, correspondendo a somente 5% do volume total comercializado no mundo. Este quadro é ainda pior quando observamos que a nossa produção é exportada sem beneficiamento, em blocos brutos e não em produtos beneficiados.

No Brasil existe uma demanda por tecnologias que diminuam os custos da extração, realizem controle de qualidade rigoroso do material a ser extraído e permitam realizar bons acabamentos nos blocos, para que se possa diminuir custos com a extração e ganhe em qualidade para aceitação pelo mercado internacional. A título de ilustração, o Brasil explora 60% de sua produção de mineral para a Itália, onde o beneficiamento agrega valor ao material que é exportado novamente, agora beneficiado.

Este trabalho vai focar sua atenção nos fatores que contribuem para o desperdício de recurso e perda de material durante a fase de extração ou beneficiamento das rochas ornamentais, particularmente, rochas que foram alvos de intemperização, as quais são muito comuns em nosso país tropical. Os alvos escolhidos para esta pesquisa foram granitos intemperizados extraídos na forma de matacão.

A metodologia que apresentamos neste trabalho é o emprego de Radar de Penetração de Solo (*Ground Penetrating Radar*) ou GPR na detecção de estruturas internas que possam influenciar a frente de lavra ou afetar o volume e a qualidade do material a ser extraído. Vejamos alguns exemplos: (i) no caso dos matacões de rochas ígneas, a presença de fraturas pode dimensionar as alturas das bancadas para extração dos blocos ou mesmo inviabilizar a mineração sobre o referido bloco; (ii) a metodologia foi analisada quanto a sua capacidade para localizar os matacões enterrados em materiais altamente intemperizados.

Foram obtidas outras informações sobre a sub-superfície, fornecidas pelo método de GPR, quando aplicado sobre áreas do material intemperizado contendo matacões, como por exemplo, as hipérbolas provenientes da difração da onda eletromagnética nos corpos enterrados, as quais nos fornecem a velocidade do material intemperizado ($v=0,08\text{m/ns}$), bem como as reflexões revelam seus contornos definindo em sub-superfície a sua posição espacial.

Os radargramas podem ser migrados em profundidade empregando as velocidades obtidas a partir das análises de velocidade por ajuste das hipérbolas difratoras, e assim as reflexões são posicionadas em suas verdadeiras posições na sub-superfície.

A técnica de migração utilizada nesta pesquisa é a Migração Reversa no Tempo (*Reverse Time Migration*), com a equação 2D escalar da onda, usando operadores de diferenças finitas com aproximação de quarta ordem para as derivadas espaciais e de segunda ordem para as derivadas em tempo. Esta técnica de migração foi criada nos trabalhos de Loewenthal e Mufti (1983) e Baysal *et al* (1983) e foi aplicada em radargramas registrados sobre terrenos carbonáticos em Botelho e Mufti (1998). Uma boa revisão sobre técnicas de migração pode ser encontrada em Loewenthal *et al* (1976), Faria (1986) e Yilmaz (1987).

Existem alguns aspectos práticos que devem inspirar cuidados no levantamento com GPR em regiões de matacões aflorantes e/ou com vegetação de grande porte (árvores com mais de 5m de altura). É necessário muita atenção na identificação de reflexões laterais que se sobrepõem às informações de sub-superfície. Estes eventos são discernidos, quando associados a hipérbolas de difração, por suas velocidades de $v=0,30\text{m/ns}$, que corresponde à velocidade de propagação no ar, indicando sua origem em obstáculos (troncos ou árvores) na superfície do terreno.

O Método do Radar Penetrante no Solo (GPR)

Esta técnica geofísica é caracterizada principalmente pelo alto poder de resolução que lhe permite extrair informações bastante precisas da sub-superfície de forma rápida e econômica, podendo, inclusive, alcançar uma profundidade de penetração de até 50m, em materiais cuja condutividade não ultrapassa o valor de 1mS.m^{-1} .

Vale salientar também a enorme semelhança que esta técnica guarda com o método de reflexão sísmica no que diz respeito, não só aos princípios de funcionamento físico, cuja idéia fundamental está no uso da propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência, como também nos aspectos de aquisição e processamento de dados de radar. Todas essas características supramencionadas lhe asseguram o mesmo grau de qualidade conferido ao método sísmico de reflexão.

O emprego das técnicas de GPR no estudo de fraturas em rochas cristalinas pode ser encontrado

nos trabalhos de Friedel *et al.* (1991), Botelho e Araújo(1996), Grasmueck (1996) e no de Grandjean and Gouny (1996); na detecção de cavernas e estruturas de dissolução encontramos nos trabalhos de Robert e Bosset (1994), Botelho *et al.* (1996), Sigurdsson e Overgaard (1998) e em Botelho e Mufti (1998).

Princípios físicos

A técnica de radar penetrante no solo (GPR) apresenta muitas semelhanças com o método sísmico de reflexão. Os pulsos eletromagnéticos de alta frequência (10-1000MHz) são emitidos pela antena transmissora do radar e se propagam na terra de tal forma que, ao encontrar uma descontinuidade elétrica, isto é, uma interface, parte do sinal será refletido e parte transmitido.

A propagação do sinal de radar depende das propriedades elétricas do meio, que são controladas pelo tipo de rocha e, principalmente, pela quantidade de água presente no solo e nas fraturas de rochas. Medindo-se o tempo que o pulso leva para atingir o refletor e retornar à antena receptora, podemos determinar a posição espacial do refletor, desde que saibamos a velocidade de propagação do pulso. Neste e em outros aspectos, tais como aquisição, amostragem e processamento de dados, o GPR guarda uma enorme semelhança com o método sísmico de reflexão. Excelentes estudos sobre a teoria eletromagnética podem ser encontrados em Stratton (1941) ou Hauser (1970), entretanto o trabalho de Parasnis (1996) faz uma abrangente revisão sobre os métodos geofísicos, incluindo os elétricos e eletromagnéticos, particularmente o GPR.

Constante de fase e fator de atenuação

Os fatores que descrevem a propagação das ondas eletromagnéticas na terra são a velocidade e o fator de atenuação. As equações que descrevem esses fatores são bem conhecidas (Stratton, 1941). Para ondas planas e em meios de baixa perda, os campos elétrico, E, e magnético, H, podem ser descritos pelas equações,

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \exp(\mathbf{w} t - kx) \quad (1)$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 \exp(\mathbf{w} t - kx) \quad (2)$$

onde o fator complexo, k, é conhecido como a constante de propagação,

$$k = \mathbf{a} + i\mathbf{b} \quad (3)$$

e os parâmetros *alpha* e *beta* representam a constante de fase e o fator de atenuação, respectivamente.

$$\mathbf{a} = \mathbf{w} \left[\frac{\mathbf{m}\mathbf{e}}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\mathbf{s}^2}{\mathbf{e}^2 \mathbf{w}^2}} \right) + 1 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$a = w \left[\frac{m\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{s^2}{\epsilon^2 w^2}} \right) - 1 \right]^{1/2} \quad (5)$$

Os parâmetros constitutivos, σ e ϵ , representam, respectivamente, a condutividade e a permissividade elétricas. A permeabilidade magnética para a maioria das rochas não magnéticas, possui valor igual àquele atribuído a essa constante no espaço livre ($=1$).

Velocidade de fase

A velocidade de fase, v , que representa a velocidade de propagação da fase de uma onda ou sinal propagado, é o outro parâmetro que descreve a propagação das ondas eletromagnéticas. Esta velocidade é obtida tomando o argumento do cosseno em (1) ou (2),

$$f = w - kx \quad (6)$$

que se chama onda de fase.

Se acompanharmos o deslocamento com o tempo de um ponto onde a fase é constante, ou seja, teremos derivando (6) em relação ao tempo

$$\frac{df}{dt} = w - k \frac{dx}{dt} = 0 \quad (7)$$

ou

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{w}{k} \quad (8)$$

Em um meio não condutivo, este parâmetro é expresso por:

$$v = \frac{c}{\sqrt{k_e k_m}} \quad (9)$$

onde $k_e = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ e $k_m = \frac{\mu}{\mu_0}$ representam,

respectivamente, a permissividade elétrica e a permeabilidade magnética relativas; e $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ é a velocidade da luz no espaço livre. Para a maioria das rochas não magnéticas, conforme foi mencionado acima, a permeabilidade elétrica relativa, k_m , possui valor unitário e a expressão acima se reduz a

$$v = \frac{c}{k_e} \quad (10)$$

Nesse caso, Davis e Annan (1989) apresentam um conjunto de valores para a permissividade elétrica relativa e também para a

velocidade de propagação das ondas em vários tipos de materiais geológicos. Em nossa pesquisa o material intemperizado e argiloso que envolve os corpos de matacões apresentam velocidades de 0,06 a 0,08m/ns compatíveis às constantes dielétricas na faixa de 15 a 25. A rocha dura do matacão, ou seja, o sienito apresenta velocidade de propagação de 0,95 a 0,15m/ns, o que corresponde a aproximadamente a uma constante dielétrica de 5 a 11.

Coefficiente de reflexão

Ao encontrar uma interface entre dois meios de impedâncias distintas, a onda eletromagnética é parcialmente refletida e parcialmente transmitida. Essa impedância que o meio oferece à passagem da onda eletromagnética é estabelecida pela equação seguinte:

$$Z = \frac{c}{\sqrt{k_e}} \quad (11)$$

de forma que a impedância é uma quantidade complexa, em função de o número de onda, k , também o ser.

Sejam E_r e E_i os campos elétricos refletidos e incidentes, respectivamente, e considerando normal a incidência das ondas eletromagnéticas transmitidas pelo sistema GPR, o coeficiente de reflexão, E_r/E_i , é expresso por:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (12)$$

onde os índices 1 e 2 referem-se aos dois meios separados pela interface.

A incidência normal implica que uma mesma antena é utilizada para transmissão e recepção dos sinais. No entanto, se considerarmos um pequeno afastamento entre as antenas transmissora e receptora com relação à interface, a incidência pode ser considerada normal. Num meio não magnético e de condutividade nula, o coeficiente de reflexão será:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad (13)$$

considerando o contraste entre a constante dielétrica do material intemperizado (em torno de 20) e do matacão (aproximadamente 8), é de se esperar que ocorram excelentes refletores nos contatos rocha-solo.

Os matacões de sienito de Uruçuca.

A cidade de Uruçuca está localizada no nordeste oriental do estado da Bahia, especificamente na denominada microrregião cacauqueira, limitada pelos meridianos 39° 00' e 39° 30' de longitude oeste e pelos paralelos 14° 30' e 15° 00' de latitude sul (ver figura 01).

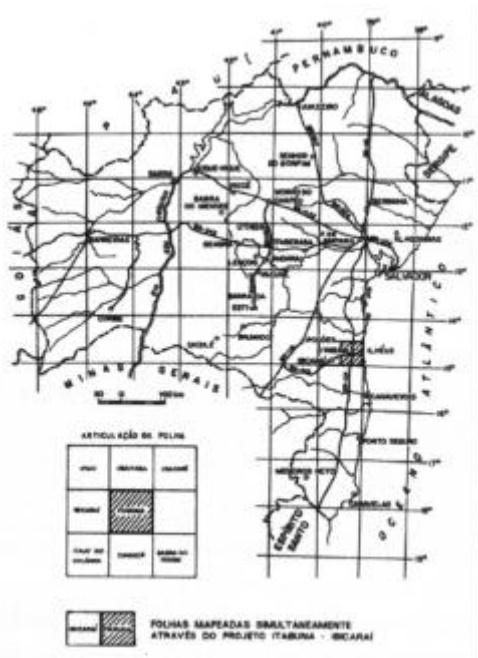


Figura 01: Mapa de localização da área estudada

Características fisiográficas e socioeconômicas da área

Esta área encontra-se inserida na faixa litorânea pluviosa, com índices pluviométricos superiores a 1.250mm anuais. A temperatura média anual varia entre 20° C e 28° C.

O clima pode ser classificado como quente a úmido, determinado não só pelas condições pluviométricas e de temperatura, mas, principalmente, pela dinâmica das massas de ar.

Vegetação

A vegetação é do tipo floresta latifoliada tropical, denominada Mata Atlântica, que atualmente se encontra bastante devastada em função da prática de extrativismo vegetal e da exploração da terra para a agricultura.

Entretanto, a cultura do cacau praticada na área de menos estudos preserva a floresta para efeito de sombreamento, daí a existência de muitas sombras gerando as reflexões e difrações laterais. Em decorrência do clima tropical superúmido a úmido e da constituição litológica existente, a região onde está localizada o município de Uruçuca exibe diversos tipos de solo. A área estudada, no entanto, é constituída basicamente por latossolos e solos podzólicos distróficos e eutróficos, vermelho-amarelos, vermelhos e vermelho-escuros, que são desenvolvidos sobre rochas intermediárias.

Esses solos apresentam pH médio igual a 5,3. Os solos podzólicos vermelho-amarelos eutrófico, por apresentarem fertilidade natural média a alta, são geralmente utilizados no cultivo do cacau, principal atividade econômica da região.

Aspectos socioeconômicos

A área em estudo está situada em uma das regiões mais desenvolvidas do estado da Bahia.

A agricultura, destaca-se como principal atividade econômica o cultivo do cacau, face às condições ambientais ideais ao seu desenvolvimento. Recentemente, com a destruição da produção cacaueira pela vassoura de bruxa, vem crescendo a extração de blocos de rochas ornamentais para exportação e para a indústria de revestimento nacional, aumentando significativamente o número de pedreiras dedicadas a esta atividade.

Aspectos geológicos

A área em estudo encontra-se inserida na província São Francisco que corresponde, em extensão e limites, ao cráton do São Francisco, caracterizado por Almeida et al. (1977) como uma entidade geotectônica limitada por faixas de dobramentos. A suíte intrusiva Itabuna é caracterizada por numerosos corpos de rochas alcalinas que ocorrem no sul da Bahia, encaixada, em sua maioria, em rochas granulíticas do Cinturão Móvel Costeiro Atlântico, relacionados à zona de cisalhamento de Itabuna (Silva et al., 1974) posicionados no âmbito do Cráton do São Francisco.

Campanha de GPR nos matacões

A figura 01 mostra o mapa topográfico da área de uma pedreira dedica à extração de rochas ornamentais, no caso um sienito, conhecido comercialmente como "Azul Celeste", o qual é extraído a partir de corpos rochosos, encaixados em material intemperizado, denominados de "matacão". Nesta pesquisa nós vamos aplicar o Radar de Penetração no Solo (GPR) para investigar a presença de possíveis corpos de matacões, bem como investigar a presença de fraturas internas a estes corpos. A presença de possíveis fraturas internas influenciam no planejamento da lavra, podendo inclusive inviabilizá-la.

Mapa topográfico da cidade de Uruçuca

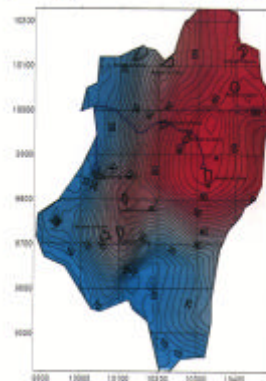


Figura 02: Mapa topográfico da área investigada, situada na periferia da cidade de Uruçuca. Nele localizamos as linhas onde foram executados os perfis com GPR e os afloramentos de corpos rochosos, ou matacões investigados.

No mapa topográfico da figura (02) podemos observar o traçado da estrada e o posicionamento de alguns perfis de GPR levantados ao longo da mesma e sobre os afloramentos dos corpos de matacões.

Os perfis de radar foram levantados com espaçamento horizontal (Dx) entre os traços de 0,1 m, uma taxa de amostragem (Dt) de 1 ns e o tempo total (NT) dos "scans" 512ns.

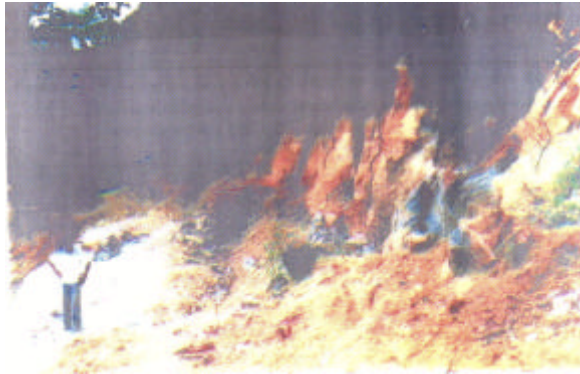


Figura 03: Vista parcial do afloramento de baixo onde foi levantado o radargrama



Figura 04: Vista parcial de um dos afloramentos da porção mais alta da área. Podemos observar o contato lateral entre a rocha alterada (esquerda) e o matacão sobre o qual estão algumas pessoas em pé.

A figura 05 mostra o radargrama 659 filtrado (corta baixa em 15MHz) de um perfil levantado sobre um matacão aflorante, onde podemos observar um deslocamento sub-horizontal na superfície e planos de fraturas inclinados com mergulhos para a esquerda sendo que a fratura mais rasa assume também um comportamento sub-horizontal (em 5,4m). Existem ainda certos eventos que num primeiro momento nos leva a pensar em refletores formados por planos de fratura, mas que na verdade são apenas pernas de hipérbolas difratoras.

A figura 06 mostra o radargrama migrado, onde podemos confirmar os dois eventos inclinados, só que a quebra de comportamento do refletor mais raso se dá na posição de 7,0m, e não em 5,4m, conforme visto na secção não migrada.

A secção migrada nos revela um matacão com fraturas inclinadas, indicando que este matacão terá um aproveitamento muito limitado.

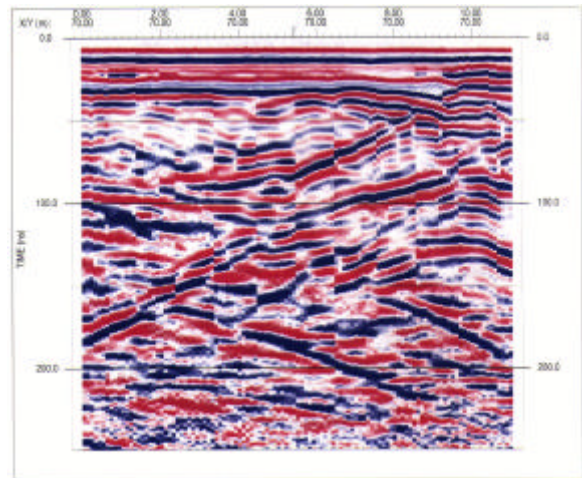


Figura 05: Radargrama 659 levantado sobre um matacão aflorante, registrado com NT=512 amostras, DT=0,5ns e DX=0,1m.

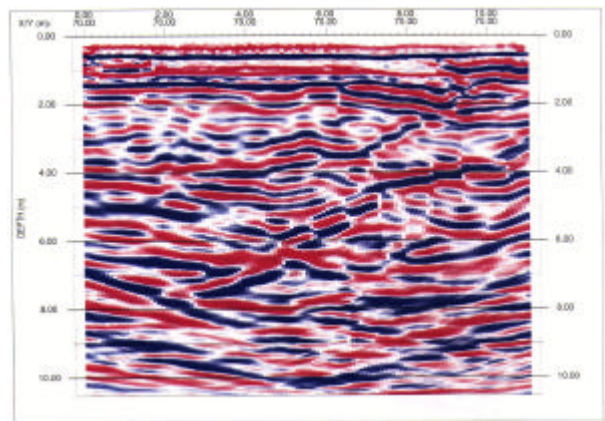


Figura 06: Radargrama 659 migrado com velocidade de 0,095m/ns (Dz=0,05m).

Analisando mais um matacão na área, levantamos o radargrama 661 (Figura 07), onde podemos visualizar refletores inclinados indicativos de planos de fraturas, porém a porção direita superior do radargrama parece estar livre de fraturas e, conseqüentemente, a porção correspondente do matacão poderá fornecer blocos maciços. Para melhor analisar o posicionamento espacial destas fraturas, vamos migrar o radargrama 661.

O radargrama migrado, usando um campo de velocidades plano-paralelo horizontal com $v=0,85\text{m/ns}$ no topo e $v=0,105\text{m/ns}$ na base, é mostrado na figura 08.

Vale observar que o refletor na posição entre 6 e 8 metros abaixo de 100ns na secção não migrada, após o processo de migração vai se situar entre 2 e 4 metros, mergulhando de 4 para 6 metros de profundidade.

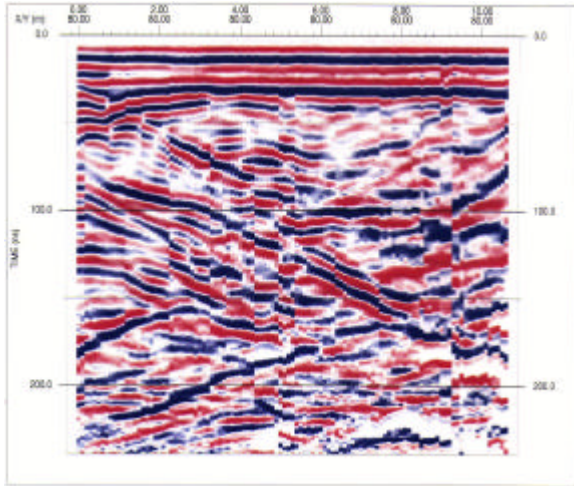


Figura 07: Radargrama 661, registrado com NT=512, DT=0,5ns e DX=0,1m.

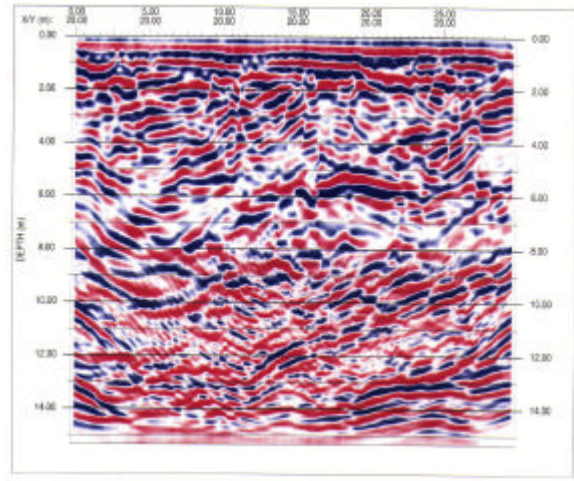


Figura 10: Radargrama 666 migrado em profundidade ($v=0,11$ m/ns) revelando diversos padrões de fraturas e ou descontinuidades, o que indicam não haver homogeneidade para extração de blocos maciços.

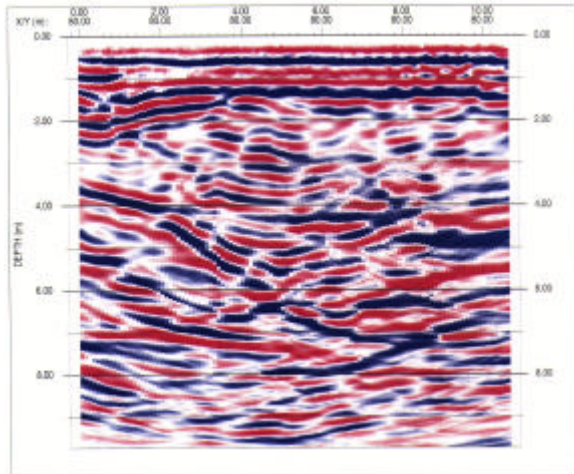


Figura 08: Radargrama 661, migrado em profundidade, usou um campo de velocidade plano-paralelo horizontal com $v=0,85$ m/ns no topo e $v=0,105$ m/ns na base.

O radargrama 666 (figura 09) foi registrado sobre o afloramento de cota mais baixa na área e revelou padrões de refletores inclinados (0 a 15m), refletores horizontais (15 a 25m), entre outras.

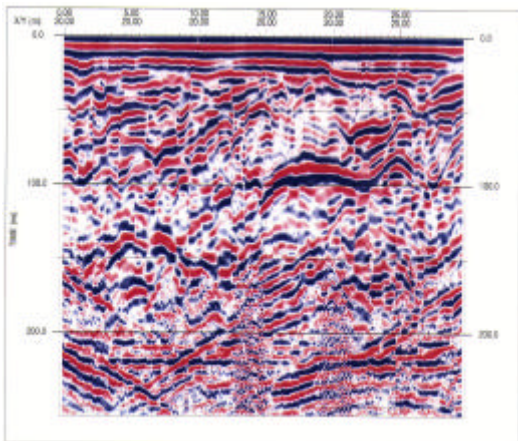


Figura 09: Radargrama 666 sobre o afloramento na cota 20 m, registrado com NT=512, DT=0,5ns e DX=0,1m.

O radargrama foi registrado com uma taxa de amostragem de 0,5 ns, com 512 amostras por "scan" e um espaçamento de 0,1m entre os "scans". Aplicando filtro corta baixa com o limite da janela em 30 MHz, migramos o radargrama para verificar o verdadeiro comportamento espacial dos refletores. A figura (10) mostra o resultado da migração empregando uma velocidade de 0,11m/ns, onde podemos visualizar os mesmos padrões de reflexão já citados. A intensidade e a proximidade entre os refletores atestam a impossibilidade de se retirar matacões neste afloramento.

O radargrama 670 (figura 11) foi levantado subindo a estrada que leva ao afloramento situado na parte mais alta da área, iniciando na encruzilhada com a estrada que leva ao primeiro afloramento (figura 4). Este perfil tem 70m de extensão, o qual foi registrado com um intervalo de 0,1m entre os traços, e uma taxa de amostragem temporal de 0,5ns com 512 amostras por traços.

Na porção mais rasa do radargrama, em tempos inferiores a 50ns, encontramos diversas hipérbolas fracas que indicam rochas envolvidas por material intemperizado, que fornecem velocidades de propagação do pulso eletromagnético da ordem de 0,07m/ns, o que é coerente com o material argiloso intemperizado superficial. As fortes hipérbolas abaixo de 75m correspondem, infelizmente, a reflexões nos afloramentos e troncos de árvores, e não em estruturas de subsuperfície, o que é comprovado pelas velocidades de 0,30m/ns.

Percebe-se ainda um refletor aproximadamente horizontal (40ns) que pode corresponder à base desta camada mais alterada, posto que abaixo dele encontramos velocidades de 0,95m/ns e de $v=0,11$ m/ns. A seção migrada (figura 12) corresponde a um modelo de duas camadas plano-paralelas horizontais com a velocidade da camada superior de 0,07m/ns e inferior a 0,10m/ns.

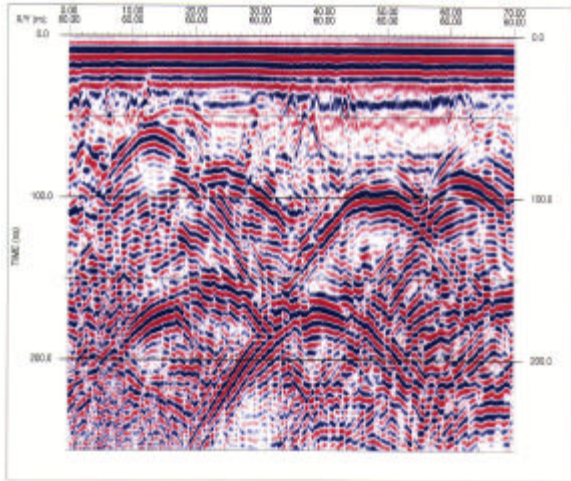


Figura 11: Radargrama 670 levantado com os parâmetros de $DT=0,5$ ns, $NT=512$ e $DX=0,1$ m. As hipérboles curtas superficiais são provenientes de pequenos corpos envolvidos pelo manto de alteração e as fortes hipérboles são reflexões laterais na superfície.

O radargrama 671 continua o trajeto de subida pelo caminho carroçável em direção ao afloramento de cota 60m. Este radargrama também revela uma camada de baixa velocidade correspondente ao material intemperizado, o qual apresenta velocidades entre 0,7 e 0,75m/ns. A presença de corpos rochosos com dimensões mais expressivas (maior que 5 m de diâmetro) cortando esta camada estão evidenciados nas posições de 40 m e entre 58 e 70m. Os parâmetros de registro são idênticos ao do radargrama 670.

Infelizmente, as mesmas reflexões laterais nas árvores mostradas no caso anterior, mascaram as informações do substrato rochoso, embora o radargrama 671 migrado consiga confirmar o posicionamento das discontinuidades (corpos de rochas) na primeira camada.

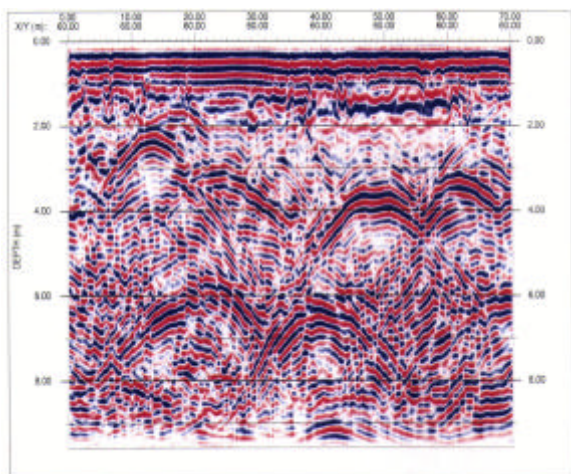


Figura 12: Radargrama 670 migrado usando $Z=0,05$ m e o modelo de duas camadas com velocidades de 0,07 m/ns e 0,1 m/ns.

Após analisarmos diversos radargramas, alguns mostrados anteriormente, podemos concluir que o pulso de GPR é fortemente atenuado no material intemperizado que circunda os matacões, o que torna muito difícil visualizar estes corpos rochosos imersos nesta massa intemperizada, com condutividade muitas vezes superior a 200 mS/m. A atenuação do pulso de radar, e a conseqüente não reflexão de volta à superfície, impede que haja refletores nos radargramas indicando o contorno externo do corpo rochoso, e também qualquer evento oriundo do interior do corpo. Entretanto, o GPR quando aplicado sobre o topo de um matacão que foi decapeado para ser lavrado permite visualizar as fraturas internas a este corpo rochoso revelando sua potencialidade para fornecimento de blocos, antes da lavra propriamente dita.

CONCLUSÃO

Analisando os radargramas registrados no Município de Uruçuca, BA, mostrados anteriormente, podemos concluir que o pulso de GPR é fortemente atenuado no material intemperizado que circunda os contornos destes corpos rochosos imersos na massa intemperizada, a qual apresenta fortes condutividades de até 300mS/m.

O GPR quando aplicado sobre o topo de um matacão que deverá ser lavrado, permite visualizar as fraturas internas deste corpo rochoso revelando sua potencialidade para fornecimento de blocos, antes da lavra propriamente dita. É possível verificar os limites inferiores do corpo rochoso, bem como, as partes livres de fraturas e que apresentam dimensões métricas. Tais partes podem ser usadas para extração de blocos comerciais.

A qualidade, ou melhor, a nitidez dos radargramas registrados sobre os corpos rochosos, pode ser melhorada usando uma seqüência de processamento nos dados GPR, registrados no domínio do afastamento constante, tais como os registrados neste trabalho. Este processamento pode consistir na aplicação de filtro corta baixa (5 a 20MHz) e filtro passa-banda (17 - 110MHz), com posterior aplicações de ganhos (AGC, linear, exponencial, constante) e finalmente, mas principalmente, a aplicação de uma migração.

A técnica de migração usada nesta pesquisa foi a Migração Reversa no Tempo (*Reverse Time Migration*, RTM) bidimensional usando a equação escalar da onda resolvida por operadores de diferenças finitas. Esta poderosa ferramenta foi, na maioria das aplicações, usada com campos de velocidades constantes ou formada por campos de velocidades plano-paralelos, não havendo a necessidade de usar a sua principal virtude que é o preciso desempenho com campos de velocidades complexos.

O trabalho de localização das heterogeneidades que interessam de perto à indústria de rochas ornamentais dever ser feito, obviamente, no domínio do espaço (x,z), portanto a migração é o processo mais importante a ser aplicado nos radargramas (x,t) de modo a atender os interesses da

indústria. A cubagem do material passível de extração na forma de blocos comerciais poderá ser feita após a obtenção do modelo em profundidade (x,z), o qual pode ser obtido tanto pela aplicação de uma migração em profundidade, como a RTM, ou então pela aplicação inicial de uma migração em tempo seguido de uma posterior conversão tempo – profundidade.

Uma extensão natural desta pesquisa é a iluminação do interior do corpo rochoso em estudo, usando processamentos que envolvam aquisição e processamento 3D do conjunto de radargramas registrados, permitindo a obtenção de um modelo (x,y,z) do matacão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F. F., M. de, Hasui, Y., Neves, B. B. de, and Fuck, R. A., 1977, As províncias estruturais brasileiras, Simpósio de Geologia do Nordeste, v.8, SBG.
- Baysal, E., Kosloff, D., and Sherwood, J. W. C., 1983, Reverse time migration, *Geophysics*, v.48, p. 1514-1524.
- Botelho, M. A. B., e Araújo, F.F., 1996, Emprego do radar para a detecção de fraturas em corpos graníticos, *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, v.2, p.391-393, SBG.
- Botelho, M. A. B., Araújo, F.F., e Vicente, H.F., 1996, Detecção de cavernas e estruturas de dissolução em rochas carbonáticas usando radar (GPR), *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, v.2, p.388-390.
- Botelho, M. A. B., and Mufti, I. R., 1998, Exploitation of limestone quarries in Brazil with depth migrated ground-penetrating radar data, *Expanded Abstracts of the SEG Meeting*, v.2, p.504-506.
- Botelho, M. A. B., Cerqueira Neto, J.X., e Aranha, P., 1999, Estudo sobre a economicidade de jazidas de rochas ornamentais empregando o geo-radar (GPR), *Anais do VI Congresso Internacional da SBGF*, V.1, SBGF.
- Claerbout, J. and Doherty, S., 1972, Downward continuation of moveout corrected seismograms, *Geophysics*, v.37, p.741-
- Davis, J. L. and Annan, P., 1989, Ground-penetrating radar for high-resolution mapping of soil and rock stratigraphy, *Geophys. Prosp.*, v.37, 531-551.
- Faria, E. L., 1986, Migração antes do empilhamento utilizando propagação reversa no tempo, *Dissertação de Mestrado*, UFBA.
- Friedel, M. J., Jessop, J. A., and Thill, R. E., 1991, Igneous rock mass fracture delineation using common offset radar reflection, *Expanded Abstracts da SEG*, v.2, p. 504-506.
- Grandjean, G., and Gourry, J. G., 1996, 3D ground-penetrating radar applied to fracture imaging in gneiss, *Journal of Applied Geophysics*, v.36, p.19-30.
- Grasmueck, M., 1996, 3D ground-penetrating radar applied to fracture imaging in gneiss, *Geophysics*, v.61, p.1050-1064.
- Hauser, W., 1970, *Introduction to the principles of electromagnetism*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Kelly, K. R., Ward, R. W., Treitel, S., and Alford, R. M., 1976, Synthetic seismograms: a finite-difference approach, *Geophysics*, v.41, p. 2-27.
- Loewenthal, D., Lu, L., Roberson, R., and Sherwood, J., 1976, The wave equation applied to migration, *Geophys. Prosp.*, v.24, p.2-27.
- Loewenthal, D. and Mufti, I. R., 1983, Reversed time migration in spatial frequency domain, *Geophysics*, v.48, p.627-635.
- Olhoeft, G.R., 1981, *Electrical properties of rocks*, published by Y. S. Touloukian and C. Y. Ho.
- Parasnis D. S., 1996, *Principles of applied Geophysics*, Chapman and Hall.
- Robert, A., and Bosset, C., 1994, Application du géoradar a la localisation de cavités de nids de gravier et zones karstiques, *Journal of Applied Geophysics*, v.31, p. 197-204.
- Stratton, J.A., 1941, *Electromagnetic Theory*, McGraw-Hill Book Co.
- Sigurdsson, T. and Overgaard, T., 1998, Application of GPR for 3-D visualization of geological and structural variation in a limestone formation, *Journal of Applied Geophysics*, v.40, p. 29-36.
- Yilmaz, O., 1987, *Seismic data processing*, Society of Exploration Geophysicists.
- Silva Filho, M. A. da, Moraes, O., Gil, C. C. A., and Santos, R. A. dos, 1974, *Projeto sul da Bahia, Relatório Final*, v.1, CPRM.

PROSPECÇÃO E PESQUISA DE ROCHAS ORNAMENTAIS – UMA CONTRIBUIÇÃO À PRODUÇÃO LIMPA

Paulo Magno da Matta

Geólogo - Departamento Nacional de Produção Mineral –DNPM/BA
6ª Avenida, 650 – Área Federal – Cab – CEP 41.750-300 – Salvador-BA
Fone: (71) 371-1513; 371-4010; 371-0496 / Fax: (71) 371-5748; 371-0422

RESUMO

As rochas foram largamente usadas pelo homem na história do mundo e do Brasil.

A importância dessa substância pode ser demonstrada pela movimentação de capital no valor aproximado de 2,0 bilhões de dólares por ano e na geração de 105 mil empregos diretos em 2000, sem prescindir do valor de US\$ 338,8 milhões em exportações no ano de 2002.

Entretanto, o segmento industrial de rochas ornamentais continua ainda desviado da nova ordem econômica-ambiental de prevenção da poluição, que é baseada nos conceitos de produção limpa, onde a essência é raciocinar da seguinte maneira: *se os rejeitos não nos interessam porque então não reduzi-los ao máximo possível e reciclar aqueles que são inevitáveis?*

Ao avaliarmos as perdas durante a produção de blocos, concluímos que certos métodos de lavra e de desmonte geram mais rejeitos que outros métodos.

A fase de prospecção e pesquisa é uma etapa crucial para subsidiar um projeto de lavra de blocos com pouca geração de rejeitos. Quanto mais densa e concentrada em um determinado volume de um maciço for executada a pesquisa de detalhe, mais limpa será a lavra.

Segundo a sugestão enfocada neste texto, a pesquisa de detalhe deveria ser realizada em área(volume) restrita, visando adensamento das combinações de dados e cruzamento de informações, devendo a reserva medida de rochas ser calculada para a quantidade de até 100.000m³. Este adensamento e concentração espacial da pesquisa já representaria uma importante estratégia inicial para reduzir o rejeito na lavra.

Por outro lado, as reservas indicadas e inferidas não precisam possuir limites de volume para cubagem.

Alguns programas de computador específicos estão sendo também utilizados como ferramentas nos esforços para a redução dos rejeitos durante a lavra.

INTRODUÇÃO

O surgimento da pedra natural na evolução histórica da humanidade é de tal magnitude que se insere na base de todas as culturas clássicas.

Embora a utilização da pedra natural pelo homem tenha sido difundida praticamente por toda a história, sua consideração como atividade industrial é, entretanto, recente. Apenas a partir do século anterior, principalmente na Itália, foi quando começou a converter-se em um importante setor da indústria mineira, alcançando o desenvolvimento e crescimento maior nesses últimos 50 anos.

Nos últimos 50 anos, a indústria de mármore e *granitos* foi, então, impulsionada por uma crescente procura de material acabado para revestimento no País e seu consumo tem sido dia a dia mais acentuado, adquirindo no final da década de 80, o verdadeiro “boom” do setor no Brasil, sendo inclusive denominada como a “nova idade da pedra”.

As pedras utilizadas em revestimento abrangem três tipos de rochas: as ígneas, as sedimentares e as metamórficas.

Esses três tipos rochas classificados segundo suas origens são os responsáveis pela grande diversidade existente no Brasil. Conforme a primeira versão do *Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil*, de agosto/2002, o País possui em torno de 500 variedades de rochas produzidas em quase 1.300 frentes de lavra, o que, evidentemente, lhe confere alta competitividade no mercado internacional.

Segundo o *Sumário Mineral*, o Brasil, em 2002, produziu 3,059 **Milhões de toneladas** de rochas ornamentais e de revestimentos, encontrando-se entre os seis principais países produtores, ficando atrás da China, Itália, Índia, Espanha e Portugal, respectivamente. Ainda no *Sumário Mineral*, estão classificados os principais estados brasileiros produtores de materiais brutos e acabados, da seguinte forma: Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul.

A movimentação de capital do setor gira em torno de US\$ 2,0 bilhões/ano, garantindo cerca de 105 mil empregos diretos atualmente, sendo o consumo interno de 2,5 milhões de tons em 2002 e o das exportações em US\$ 338,8 milhões em 2002.

Entretanto, o crescimento do consumo de pedras no País, poderá redundar na ampliação da geração de outros problemas paralelos, mais

precisamente inerentes às questões ambientais. Pois para se produzir, por exemplo, 3,059 milhões de toneladas de rocha em um ano (2002), seriam necessários remover pelo menos 7,140 milhões de toneladas, a mais, de material em forma de rejeito, considerando a recuperação na lavra de 30%.

Dessa forma, para manter crescente esse setor promissor, deveremos estudar os melhores caminhos para reduzir a produção de rejeitos. A utilização de métodos de trabalho que estimulem a eficiência na produção, diminuindo ao máximo os rejeitos produzidos, deverão ser adotados. Ademais, os rejeitos que são inevitáveis deverão ser vistos como solução para outros setores. Nós iremos discutir aqui, portanto, a utilização do conceito de Produção Limpa, que trata da minimização de resíduos e a busca da eficiência nos processos produtivos e, em último caso, a utilização de reciclagem para os rejeitos inevitáveis.

ENTENDIMENTO DE PRODUÇÃO LIMPA

Decerto este é um assunto bastante vasto, repleto de tantos instrumentos e ferramentas que uma discussão agora, mais abrangente, foge ao escopo deste texto. Mas de qualquer forma, apresentaremos de maneira objetiva o nosso entendimento do conceito de Produção Limpa, a saber:

A Produção Limpa é o conceito novo de produção (debatido com ênfase a partir do final da década de 80 e início da de 90) que utiliza tecnologias apropriadas com o objetivo principal de prevenir a poluição sem aumentar, ou até mesmo reduzindo, os custos dos processos produtivos, adotando as seguintes metas:

- reduzir ou eliminar a poluição e resíduos gerados nos processos de produção;
- aumentar a ecoeficiência e eficácia de produção;
- economizar recursos naturais e energia nos processos;
- utilizar materiais não tóxicos;
- utilizar com mais eficiência e racionalidade os recursos naturais;
- avaliar preventivamente o consumo dos produtos de forma a evitar impactos ao meio;
- reciclar os materiais remanescentes dos processos de produção para fechar o ciclo produtivo.

A forma de alcançar essas metas poderá advir da interferência nos projetos e processos industriais, desde as fases iniciais, mudando conceitos, aperfeiçoando as pesquisas preliminares, mudando a composição dos produtos (adaptação no projeto), alterando os materiais, as tecnologias, os equipamentos, aumentando a automação, selecionando as melhores práticas gerenciais, programando a produção e mudando os procedimentos para a recuperação de materiais.

Neste estudo procuraremos demonstrar o uso do conceito de Produção Limpa para o setor bastante específico da área de rochas ornamentais.

LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E SEUS PROBLEMAS

Trataremos, nesta oportunidade, do segmento produtivo de mármore e granitos ainda na mina. Discutiremos de forma básica sobre os métodos de extração de rochas e os problemas ambientais gerados com a produção de blocos. O nosso objetivo aqui é demonstrar as perdas geradas durante os trabalhos extrativos de blocos de mármore, granitos e rochas similares.

LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

As pedreiras de granitos, mármore e rochas afins são em geral compostas de bancadas, podendo ser de diversos tipos, a depender da jazida e da forma de ocorrência do bem mineral. Dessas bancadas são extraídos os blocos da rocha desejada. Geralmente as pedreiras de rochas são conduzidas a céu aberto, no entanto, encontra-se, mais raramente, mineração subterrânea de rochas ornamentais.

São dois os tipos de lavra para rocha ornamental: um, é a lavra de matacão e o outro, a lavra de maciços rochosos. Neste texto daremos mais ênfase aos maciços.

Lavra de matacões

Os matacões são corpos de rocha arredondados, que se desprendem dos maciços rochosos, por efeito do desgaste erosivo físico, químico e biológico ocorrido durante a passagem dos longos períodos da escala geológica. Esses corpos podem sofrer algum deslocamento ou não na superfície. Os mármore e rochas carbonatadas não passam pelo principal processo erosivo de formação dos matacões, conhecido como exfoliação esferoidal, quando a rocha sofre um processo gradativo de exfoliação das suas partes mais externas como se fosse uma “cebola descascando”.

As dimensões dos matacões, viáveis economicamente, precisam ser as maiores possíveis, na ordem de dezenas de metros cúbicos. Porém, quando eles são constituídos de material de alto valor, os corpos de pequenas dimensões, de até 6 ou 7m³, podem ser lavrados com lucro.

A lavra desses corpos é simples: resume-se à partição do matacão por intermédio de furos raiados coplanares e paralelos, efetuados por marteletes pneumáticos, a gasolina ou elétricos. Feitos os furos, utiliza-se cunhas e marretas que fornecem a percussão manual, para seccionar o corpo em pranchas, aproveitando-se as direções de clivagem naturais da rocha. Posteriormente, essas pranchas passariam pelo mesmo processo, visando o desdobramento em blocos, cada vez menores, até atingirem a dimensão comercial.

A partição dos matacões pode ser efetuada também com explosivos de baixa onda de choque (como pólvora negra). Após a execução do furo, deve-se preenchê-lo com pólvora negra e tamponá-lo devidamente. Essa prática é mais utilizada principalmente quando o matacão apresenta

dimensões consideráveis. Os matacões podem ser partidos também por argamassas expansivas.

Problemas ambientais gerados com a lavra de matacões

O fato de, freqüentemente, os matacões estarem, todo ou em parte soterrados no regolito, cria-se a necessidade de grande remoção do solo, geralmente sem controle algum, para a condução da lavra, ocasionando impacto sobre o ambiente. Além do impacto visual causado, esse solo acaba sendo carregado e perdido nos períodos chuvosos.

Esse impacto é o principal, mas existem ainda as alterações negativas básicas proporcionadas pela mineração ao meio, a saber: desmatamentos, carregamento de sólidos em suspensão para as redes de drenagem, poluição causada por objetos estranhos ao local (peças de equipamentos, utensílios domésticos, ferramentas, etc.), poluição com o derramamento de óleos e combustíveis das máquinas e poluição sonora (martelotes pneumáticos, jet flame, etc.).

Rejeitos

A taxa de recuperação da lavra de matacão é freqüentemente mais baixa que a do maciço. Desta forma a produção de rejeito na lavra de matacão é ainda maior que a do maciço.

As causas da produção de rejeito são:

Primeiro por causa do uso de explosivos, mesmo sendo de baixa onda de choque. A deflagração desses explosivos proporciona a criação de microfaturas em determinados materiais, podendo comprometer a integridade da rocha, o que ocasiona perda de material.

Segundo, a alteração da rocha causada pela ação das intempéries é mais forte nos matacões. Isso favorece a produção de rejeitos.

Em terceiro lugar, a possibilidade dos padrões estéticos dos corpos rochosos não se repetirem, em um nível aceitável, em uma mesma zona é comum. Essa heterogeneidade, que é mais imprevisível nos matacões, pode prejudicar o planejamento da produção e restringir o comércio do material, transformando uma parte da produção em rejeito.

E em quarto lugar, talvez a mais importante, está na forma geométrica e nas dimensões dos corpos individualizados. A geometria dos corpos rochosos compromete em muito na recuperação da jazida, já que o matacão é um corpo arredondado e o produto final (o bloco) possui forma de paralelepípedo com ângulos retos.

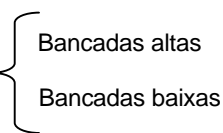
Lavra em maciços rochosos

Os maciços rochosos representam grandes massas de rocha derivadas da consolidação dos magmas que se resfriaram no tempo geológico e emergem na superfície graças, principalmente, à erosão. No caso das rochas sedimentares esses

maciços surgiram dos grandes depósitos de sedimentos que passaram por processos diagenéticos diversos e posteriormente, afloraram à superfície sob as ações da erosão. Os maciços originários das rochas metamórficas passaram pelo mesmo processo erosivo das duas anteriores, aflorando uma massa rochosa que foi submetida às altas temperaturas e pressões no interior da crosta.

Métodos de lavra

Os métodos de lavra utilizados para extrair blocos de rochas em maciços são apresentados abaixo:

1. Lavra por bancadas 
2. Lavra por painéis verticais
3. Lavra por desmoronamento
4. Lavra em fossa ou em poço
5. Lavra subterrânea

Bancadas altas

Esta configuração de pedreira é utilizada nos maciços rochosos que apresentam heterogeneidade na qualidade e estrutura da jazida. A utilização de bancadas altas prevê a seleção de blocos finais. As bancadas constituem grandes pranchas com altura variando entre 4 e 16 metros. A altura da prancha corresponderá a um número múltiplo de uma das dimensões do bloco comercializável. O caráter seletivo atribui maior geração de rejeitos à lavra.

Bancadas baixas

Ao contrário da anterior, esta configuração será utilizada para uma jazida dita homogênea. A altura da bancada corresponderá à dimensão de um bloco comercializável que é diretamente recuperado do maciço. Portanto, a extração dessa pedreira é pouco seletiva possuindo melhor recuperação que a supramencionada.

Lavra por desabamento

Aplicada em maciços rochosos bem fraturados e com relevo acidentado (acima de 45°). O desmonte é feito sobre grandes pranchas verticais (painéis verticais, mais altos que 12m). Normalmente são desmontados volumes na ordem de 3000 a 5000 m³ de rocha de uma só vez, através de explosivos. Após o desmonte são selecionados os maiores blocos com as formas mais apropriadas para o esquadrejamento e a produção de blocos comercializáveis. Este método apresenta uma recuperação muito baixa que varia entre 10 e 15%, por isso mesmo a rocha precisa ter alto preço no mercado. É um método dificilmente adotado no Brasil.

Lavra em fossa e em poço

Estas configurações, na verdade, representam variações dos métodos de exploração por bancadas. A diferença é que elas formam depressões no terreno. Por isso, esses métodos são aplicados em jazidas que ocorrem geralmente em

planícies ou em relevos bastante suaves. A lavra em poço já é, por outro lado, uma evolução da lavra em fossa.

Lavra subterrânea

A lavra subterrânea é também a evolução das lavras em fossa e em poço. Normalmente é aplicada em rochas moles (carbonatadas), mas encontra-se, apesar de raro, lavras subterrânea em rochas duras com a presença de muito quartzo, como é o caso dos quartzitos de Oliveira dos Brejinhos na Bahia.

Desmonte de rochas – técnicas de corte

Além dos métodos escolhidos para lavra, as técnicas de corte no desmonte das rochas podem influenciar muito na geração de poluição ao ambiente.

Sem nos aprofundarmos, citaremos abaixo as principais técnicas de corte utilizadas no desmonte de rochas ornamentais.

Existem, basicamente, dois tipos de tecnologias de corte para rochas, a saber: Tecnologias cíclicas e Tecnologias de corte contínuo.

As tecnologias de cortes cíclicos exigem a realização de furos na rocha para o desmonte, algumas utilizando explosivos de baixa velocidade de choque. Já as tecnologias de corte contínuo não utilizam furação.

Tecnologias de cortes cíclicos são divididas em :

- perfuração e explosivo;
- perfuração contínua;
- divisão mecânica por cunhas;
- divisão por agentes expansivos.

Perfuração e explosivo

Consiste em perfurar a rocha com martetele pneumático em furos coplanares e paralelos com espaçamento correspondente entre 8 e 20 vezes o diâmetro dos furos. Nos furos podem ser colocados explosivos tipo pólvora negra, nitrato de amônia, cordel detonante e cartucho explosivos de baixa velocidade de choque. Os furos de diâmetros entre 3,2 cm e 3,4cm devem ficar espaçados de 26 a 70cm, e receber a carga de explosivo adequada, de forma que o plano de fogo seja suficiente para isolar uma fatia de rocha, visando o esquadramento ou novas subdivisões sem danificar o material. Os cálculos devem considerar as características físicas e mecânicas das rochas para evitar maiores perdas no fogo, usando, inclusive, software específicos que simulem um desmonte eficaz. Mesmo assim o risco de trincar o material é grande o que facilita a produção de rejeitos.

Perfuração contínua

Trata-se da realização de várias perfurações bastante próximas ou adjacentes uma da outra, por equipamentos conhecidos como corta blocos (*slot drill*), onde são acoplados um ou mais marteteles pneumáticos que executam a operação simultânea,

ao deslocar-se sobre um tipo de trilho. A operação é conduzida através de rotação contínua e reversível com percussões sobre a broca promovendo uma fenda contínua por toda a linha de furo. Logo, aqui não se utiliza explosivos. Esta técnica provoca menos perda de material que a anterior.

Divisão mecânica por cunhas

Consiste na perfuração da rocha por diversos furos separados linearmente em espaços curtos e posterior divisão com aplicação de cunhas, entre linguetas de metal, efetuando-se percussão manualmente com a ajuda de uma marreta, até criar fissura e partir a rocha. Esta técnica causa atraso na produção já que pode durar até muitas horas para partir determinadas rochas, diminuindo, assim, a produtividade da lavra. O custo da perfuração é também alto em razão da quantidade de furos realizados.

Divisão por agentes expansivos (argamassas expansivas)

O princípio é o mesmo da técnica anterior. Diferencia, entretanto, na substituição das cunhas por um tipo de massa auto expansiva (aplicadas nos furos) e no espaçamento entre que agora é ampliado (menos perfurações), resultando num melhor custo benefício durante a produção de blocos. O corte das pranchas não afetam a integridade física das rochas, gerando, assim, menos rejeito e aumentando a produção.

Tecnologias de corte contínuo são:

- Fio helicoidal e diamantado;
- chama térmica (flame-jet)
- cortador a corrente;
- jato d'água (waterjet).

Fio helicoidal e diamantado

Essas duas ferramentas de desmonte classificam-se entre aquelas de corte contínuo, cuja operação de desdobramento das pranchas não são interrompidas até atingir o ponto de alcance final do equipamento em determinado local do maciço.

O fio helicoidal se compõe de três fios de aço trançados em forma de helicóide, puxados por um motor e orientado por roldanas usado nos mármore e calcários. A operação de corte se faz em conjunto com uma lama abrasiva, composta de 70% de água e 30% de areia quartzosa. Atualmente este equipamento vem sendo substituído pelo fio diamantado que possui melhor desempenho.

O fio diamantado é também tracionado por um motor com roldanas no sistema. Ele é composto por um fio de aço de 5mm de diâmetro, sobre o qual estão fixadas pérolas diamantadas de mais ou menos 10mm de diâmetro, responsáveis pelo corte da rocha. A quantidade de pérola depende da finalidade do fio: se for usado para mármore serão 30 a 32 pérolas por metro de fio; se for no granito, sendo considerado como rocha dura, serão 40 pérolas por metro de fio. A velocidade do fio diamantado é bastante superior ao do fio anterior, ou seja: quase 10 vezes mais rápido

(10 – 15m²/h nos mármore e nos granitos 2 a 5m²/h). O consumo de água gira em torno de 500l/m² e a energia 7,1KWh/m². É uma técnica satisfatória pela alta produção e pequena geração de rejeitos.

Chama térmica (flame jet)

Trata-se de uma técnica que utiliza para desmonte de rochas um tipo de lança com bico que suporta a injeção de uma chama de até 2500°C. A chama é produzida por uma mistura de diesel e ar comprimido, aplicável em rochas silicatadas, de preferência naquelas que apresenta maior homogeneidade. O efeito do calor atinge principalmente o mineral de quartzo que possui 2 coeficientes distintos de dilatação. Simultaneamente ao corte utiliza-se água para resfriar a rocha e reduzir maiores perdas do material lapídeo. O problema está nas laterais do corte da rocha, que são normalmente danificadas por micro fraturas em até 30cm de cada lado, em razão do forte calor produzido pela chama. Isso faz aumentar as perdas durante a extração mineral.

A velocidade do corte não é boa, ficando em torno de 1m²/h. A poluição sonora da operação é muito alta, atingindo até 130 decibéis. O consumo de diesel é também uma desvantagem já que o aparelho precisa de 65L/h, além de 10m³/h de ar comprimido a 0,7 mega pascal de pressões. Portanto, esta técnica leva desvantagem em relação ao custo operacional, a sua baixa produtividade e ao impacto gerado com a maior produção de rejeitos e a poluição sonora. Apesar disso tudo, esta técnica é ainda comum no Brasil.

Cortador a corrente

A tecnologia usada com essa máquina consiste em efetuar cortes nas rochas estabelecendo uma sucessão de planos paralelos. Podem ser feitos planos de serragem verticais como também horizontais.

O campo de ação dessas máquinas se estendem das pedras macias (carbonatadas) às pedras duras (silicatadas). Para as rochas macias as máquinas utilizam correntes providas de dentes de carbureto de tungstênio; já para as rochas duras os dentes dessas correntes contêm plaquetas de diamante. A máquina possui um braço que permite atingir até 4 metros de profundidade. O desempenho do cortador a corrente depende da rocha: se for de dureza alta o corte pode avançar em torno de 5 a 6 m²/h, caso contrário o corte poderá atingir até 30 m²/h. De qualquer maneira esta técnica é considerada limpa e produtiva em termos quantitativos e qualitativos.

Jato d'água (waterjet)

Trata-se de uma técnica introduzida recentemente na extração de rochas ornamentais, funcionando por intermédio de um equipamento que ejeta um fio d'água a uma pressão de até 2000 bars, impulsionada por uma bomba de alta pressão.

Os parâmetros principais que influenciam na performance são: a pressão d'água, a sua vazão e a

velocidade de corte. Essa técnica permite extrair blocos regulares com mais qualidade, aumentando a recuperação para 70% ao invés de 20% como acontece com a maioria das explorações com explosivos.

A erosão provocada pelo jato d'água está relacionada essencialmente com as micro descontinuidades das rochas, a saber: a porosidade, o tamanho dos grãos dos minerais constituintes, a composição mineralógica, o grau de meteorização e comportamento elástico. O consumo de água no pior dos casos fica em torno de 60l/min.

Problemas ambientais gerados pela lavra de maciço rochoso

Resumidamente podemos dizer que os principais impactos ambientais causados pelas lavras de mármore e granitos são os seguintes:

- Impacto visual;
- Desmatamentos;
- Decapeamento ou remoção do solo;
- Disposição do Bota fora da mina;
- Lixo doméstico;
- Sucata metálica disposta na área;
- Efluentes líquidos (esgoto doméstico, óleos lubrificantes originários da manutenção das máquinas e equipamentos e produtos de limpeza);
- Poluição atmosférica (poeiras e fumaça, geradas pelas frentes de lavra com as explosões, pelas máquinas perfuratrizes, pelo "flame jet", por veículos automotores com seus deslocamentos e combustão de motores ao redor das cidades e dentro dos seus limites);
- Poluição sonora (provocados pelos equipamentos de desmonte da rocha como: maçaricos (flame jet), perfuratrizes, detonações, veículos pesados e a circulação constante de caminhões dentro dos limites das cidades);
- Vibrações (causadas pelas detonações, percussões de equipamentos de sondagens – perfuratrizes e martelotes pneumáticos, circulação de veículos pesados e dos caminhões, neste caso nas cidades).

Rejeitos gerados na lavra de maciços rochosos

Reavaliando o texto acima podemos afirmar que a maior produção de rejeitos nos maciços se origina principalmente: dos métodos de lavra (exemplo, desabamento) quando estes utilizam desmonte de grandes pranchas; dos desmontes com cortes cíclicos de rochas quando se usa explosivos; das perfurações com grandes profundidades através do prováveis desvio dos furos; do calor derivado do **flame jet** ou maçarico. Além desses itens existem ainda fatores extra mineração para adicionar o volume de rejeitos gerados, como o mercado, por exemplo, que normalmente atende a certas tendências arquitetônicas mundiais. Não é raro um determinado tipo rocha ser bem aceito no mercado em um momento e pouco depois esse mesmo tipo não ser mais aceito. O resultado vai refletir diretamente na recuperação da pedreira, tornando os blocos que antes eram bem comercializados em meros rejeitos.

SUGESTÕES PARA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Para reduzir a geração dos resíduos rochosos na produção de blocos é importante analisar todas as etapas que precedem a formação do produto final. Neste caso estamos considerando como produto final o bloco de rocha bruta.

Na verdade esse bloco chega a passar por uma primeira etapa de beneficiamento que é o esquadramento da rocha. Em quantidade, a principal exportação de rochas do País é na forma de blocos. Os países importadores realizam o beneficiamento final, dentro do seu parque industrial.

Então para analisar todas as etapas pertencentes à fabricação de blocos de granitos e mármore seria interessante fazer um tipo de **Análise do Ciclo de Vida (ACV)** desse produto. Esta análise, inclui a avaliação do ciclo completo de vida do bloco, que engloba, neste caso, a prospecção da ocorrência rochosa, a pesquisa do minério encontrado, a implantação da infra-estrutura necessária à extração da rocha, a execução dos trabalhos de lavra, o sistema de transporte planejado e a comercialização do produto final. Normalmente seriam avaliados também, o uso e a reutilização do produto, a manutenção, a reciclagem e a disposição final. Entretanto a nossa proposta, aqui, é discutir apenas a questão até a produção de blocos, não englobando, assim, as etapas do consumo do material.

A produção de rejeito, para o nosso caso, acontecerá apenas durante a fase de lavra. Todavia a **ACV** deverá englobar principalmente as fases iniciais de prospecção e pesquisa (exploração), pois destas etapas dependerão fortemente as etapas posteriores do empreendimento mineiro. Já discutimos acima as fases de lavra e os métodos mais importantes na geração de rejeitos. Agora discutiremos a contribuição das etapas iniciais do projeto (prospecção e pesquisa) na redução de rejeitos durante as etapas de lavra.

PROSPECÇÃO E PESQUISA DE ROCHAS. UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE REJEITOS

Como foi citado nos parágrafos anteriores, as características das rochas influenciam diretamente no índice de recuperação de uma lavra. As estruturas da rocha e do próprio afloramento (gradiente, sistema de juntas, acessibilidade, etc.), a sua textura, os aspectos físicos dos maciços, os índices físicos dos materiais rochosos, as suas características tecnológicas, como resistência a abrasão, a compressão, ao congelamento e degelo, dilatação térmica, etc., precisam ser conhecidos para melhor se programar as técnicas de extração e beneficiamento mais adequadas.

O mesmo pode-se dizer sobre a infra-estrutura, a localização geográfica e a geometria do afloramento objetivado. São pontos que podem pesar no índice de geração de rejeitos de uma lavra de rochas.

Assim, as fases iniciais do projeto de produção de blocos, que normalmente são conduzidas apenas para encontrar o afloramento rochoso de interesse e definir a viabilidade econômica de sua exploração, baseado em análises quantitativas e qualitativas, deverão se preocupar desde agora com o índice de recuperação da lavra. Esta é a nossa primeira sugestão. As fases de prospecção e pesquisa deverão nortear suas condutas já para a prevenção da poluição e redução da produção de rejeitos na fase de lavra da jazida.

PROSPECÇÃO MINERAL PARA ROCHAS ORNAMENTAIS

A etapa de prospecção engloba duas fases distintas: a primeira é a fase de escritório e a segunda a fase de reconhecimento de campo. A primeira fase é início de tudo e a segunda objetivará confirmar "*in loco*" as conclusões extraídas na primeira fase. A seguir resumiremos essas duas fases.

Estudos preliminares no escritório

A localização de uma ocorrência mineral é o objetivo principal da fase de prospecção, mas não é apenas esse o seu único objetivo. Nesta fase serão avaliados vários fatores extra geológicos que poderão viabilizar a execução do projeto de lavra. Entre eles são consideradas a localização geográfica da área, suas condições de acesso, a infra-estrutura da região, a morfologia do afloramento, entre outros itens.

O início desta etapa se concentrará na compilação de todas as informações geológicas disponíveis da rocha e da região objetivada. Utiliza-se mapas geológicos entre as escalas de 1:100.000 e 1:500.000, fotografias aéreas, imagens de satélites, trabalhos anteriores publicados, trabalhos acadêmicos, registro de informações sobre a existência de outras pedreiras na região, etc. Tudo que auxilie na primeira seleção de ambientes geológicos promissores para o empreendimento.

Esses instrumentos de informações darão condições de se fazer as primeiras avaliações dos possíveis locais de implantação do projeto pretendido.

As imagens de radar e fotos aéreas, por exemplo, são bons instrumentos para a definição dos principais domínios litológicos presentes, destacando áreas de maciços rochosos, de ocorrências isotrópicas, de intrusões graníticas, da existência de zonas de matações e o índice de fraturamento dominante, formas de relevo, sua evolução e áreas desnudadas. Juntamente com os mapas geológicos e geomorfológicos pode-se definir os melhores lugares e a prováveis rochas que lá existam.



Imagem de radar ilustrando uma rocha alcalina intrusiva (padrão homogêneo). Detalhe para a falha NE-SW que trunca o maciço (Serra Maicuru, estado do Pará).

Esses são exemplos do que se pode obter ainda em escritório, utilizando apenas as ferramentas supramencionadas. Mesmo neste momento, pode-se trabalhar já pensando em reduzir rejeitos. Como poderíamos fazer isso? De início, **não** deveremos procurar rochas que possuam aceitação comercial mediana no mercado, em locais distantes e de difícil acesso, longe dos portos ou com pouca infra-estrutura. Para estes casos os preços das rochas precisam ser bastante atraentes. Essas condições certamente aumentariam em muito a produção de rejeitos, pois uma rocha de preço mediano no mercado não suportaria o custo do transporte de locais de difícil acesso.

Para esclarecer este fato é importante observar que é comum numa pedreira haver produção de 3 categorias de blocos, segundo o índice de qualidade: A, B e C. Sendo o bloco de categoria "A" o de melhor qualidade e o "C" o de pior, devido a pequenos defeitos originários da própria rocha ou do processo de extração. No entanto a meta é comercializar todos os blocos produzidos, evidentemente com diferentes preços. Mas no caso supracitado, a Jazida, para sobreviver, poderia comercializar somente blocos de categoria "A" que resistissem aos custos de distribuição. Os blocos menos qualificados, com pequenos defeitos, pertencentes às categorias "B e C", passariam, assim, a serem rejeitos.

Logo, em áreas que apresentam dificuldades de infra-estruturas e acesso, como as citadas acima, precisariam possuir ocorrências de materiais lapídeos de altos valores, tipo os granitos azuis e pretos ou mármore azulado ou verdes, por exemplo. Materiais como estes têm a chance de melhor suportar os custos de produção e transporte em locais que apresentam dificuldade de acesso. Os preços compensadores permitiriam o comércio dos blocos menos qualificados (tipo "B e C").

Reconhecimento de Campo

De posse das informações preliminares obtidas, põe-se em prática o primeiro plano de reconhecimento de campo. Esta etapa irá ratificar "*in loco*" as condições observadas na etapa anterior (de escritório). As rochas prováveis de serem encontradas, após as pesquisas bibliográficas realizadas, com o subsídio de mapas, fotos aéreas, etc., agora deverão ser confirmadas "*in loco*". Esta avaliação "*in loco*" deverá ocorrer sob escalas mais detalhadas (entre 1:50.000 e 1:100.000). Os moradores do local poderão fornecer preciosos subsídios no descobrimento das rochas, pretendidas com o conhecimento do local que eles possuem.

Agora deverão ser considerados e anotados tanto os aspectos que influenciam na explotabilidade da área quanto as características topo-geológicas dos afloramentos presentes. Assim, serão avaliados "*in loco*", a localização geográfica (proximidade do centro de consumo), a infra-estrutura da região, a qualidade dos acessos existentes, a existência de outras pedreiras e a vulnerabilidade ambiental. Estes itens determinarão a explotabilidade da área.

Em campo também deverão ser avaliados as **qualidades dos afloramentos** existentes. Portanto as características topográficas do local e dos afloramentos (prováveis alvos), a sua morfologia, as dimensões das ocorrências, a vegetação do local e sua influência no acesso (floresta densa, vegetação rasteira, ausência de vegetação, etc.), os sistemas de descontinuidades de cada afloramento, as características visuais das rochas (cor, fechamento, granulação, homogeneidade, alterabilidade) deverão ser consideradas nas avaliações. Tudo isso será acompanhado de um levantamento geológico preliminar e um programa de **amostragens** que determinarão a qualidade do afloramento.

Amostragem

Essa amostragem consistirá em coletas de fragmentos pequenos (amostras de mão) e em coletas de amostras destinadas à elaboração de mostruários. A primeira servirá para confirmar a litologia da área objetivada. É um procedimento que faz parte do reconhecimento geológico preliminar.

O segundo caso compreende a retirada de uma porção ou lasca dos principais afloramentos visitados para expor as partes frescas do maciço e elaborar um mostruário (ou seja, uma pequena porção da rocha serrada e polida – figura 20) da rocha encontrada. Este mostruário indicará as qualidades visuais da rocha quando polida. Este é um fator decisivo para a seleção do alvo final.

Como na primeira fase da prospeção (escritório), após a determinação da explotabilidade da área e da qualidade dos afloramentos, estaremos confirmando as condições da explotabilidade da região. Se a região não apresentar boas variáveis para um empreendimento (infra-estrutura, dificuldade de acesso, distância dos portos, etc.) deveremos selecionar apenas aquelas rochas que teriam condições de obter preços compensadores no mercado para evitar uma grande produção de

rejeitos. Neste caso, os materiais comuns devem ser evitados ou, se mesmo assim for implantado um projeto, ele deverá contemplar, desde já, um estudo da viabilidade de reciclagem de grandes quantidades de rejeitos (fabricação de paralelepípedos, britagem, etc.). Isso quer dizer que ainda na fase de reconhecimento de campo, deverão ser avaliadas as condições econômicas e sociais da região, para definir o potencial de aceitação na implantação de um projeto paralelo de reciclagem.

PESQUISA DE DETALHE PARA ROCHAS ORNAMENTAIS

As áreas selecionadas anteriormente serão avaliadas, nesta etapa, com maior detalhe (1:500 a 1:5.000). Os afloramentos escolhidos como alvos na etapa anterior, serão agora submetidos a novas técnicas de pesquisa visando o dimensionamento do depósito mineral, em busca de resultados quantitativos e qualitativos suficientemente precisos para que esse depósito seja considerado uma jazida mineral.

Para reduzir a produção de rejeito, é preciso intensificar e concentrar a pesquisa geológica e estrutural do afloramento pretendido, detalhando as avaliações exploratórias necessárias.

A pesquisa de detalhe é basicamente dividida em sete partes, ordenadas em seqüência real das etapas de funcionamento do projeto:

- Mapeamento geológico de detalhe;
- Topografia;
- Características tecnológicas das rochas (ensaios de laboratório);
- Lavra experimental (teste de beneficiamento)
- Levantamento geofísico;
- Sondagens;
- Cubagem.

Mapeamento geológico

O mapeamento geológico e a topografia são os primeiros serviços realizados na pesquisa de detalhe. Ele normalmente é executado concomitantemente a topografia, se além aos seguintes itens: a composição litológica da área; a composição mineralógica dos alvos; a espessura do capeamento (regolito); as características texturais da rocha; a existência ou não de manchas, lentes, veios, entre outros defeitos, e colocar em planta todas as estruturas mensuráveis que afetam a exploração do material, sejam elas fraturas, falhas, juntas, diáclases, foliação, dobras, diques, camadas, etc.. Paralelamente, deverão ser realizadas avaliações detalhadas dos jazimentos de interesse, considerando a sua acessibilidade, a qualidade do afloramento, a homogeneidade, e o sistema de fraturamento.

Topografia

A topografia normalmente acompanha o mapeamento geológico, principalmente durante a execução de malhas para escavações e sondagens.

Na topografia deverá constar a determinação do norte verdadeiro, dos lados da poligonal autorizada para pesquisa e, principalmente, o levantamento plani-altimétrico em escala adequada, normalmente entre 1:1.000 e 1:5.000, podendo ser mais detalhado ainda, se necessário for. Um dos objetivos principais da topografia é facilitar a cubagem das reservas, pelo método das seções.

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS ROCHAS

Um projeto deve prever a compatibilização das características das pedras com as diversas solicitações existentes perante as aplicações programadas, bem como, garantir uma vida útil razoável para um determinado revestimento. Deverá ser considerado que esse revestimento estará sujeito a diferentes oscilações de temperatura, de umidade, de pressões do vento com magnitudes variadas, além de ações de impacto, de desgaste abrasivo, dentre outras.

Como a aplicação dos materiais pétreos é o objetivo final do produto, essa etapa precisa ser executada com muita competência, necessitando, para isso, na execução do serviço, a determinação das adequações corretas aos aspectos fisiográficos de uma região, sugerindo, em muitos casos, a personalização de um material desejado, o que torna imperativo a realização de avaliações das características tecnológicas, químicas e física dos materiais por meio de diversos ensaios em laboratórios especializados.

Testes de beneficiamento

Os testes industriais de beneficiamento, avaliam o comportamento do conjunto, rochas e máquinas, para o processo de serragem e polimento. A observação dessas características pode influenciar a viabilidade de um empreendimento, através da combinação entre a resposta de um tipo petrográfico ao processo de serragem e polimento e o provável preço da rocha.

Lavra Piloto

Os trabalhos de exploração durante a fase de pesquisa são legalmente permitidos pela Portaria Ministerial n.º 380 de 15/07/1943 e a Instrução Normativa 01/2000, que regulam a retirada prematura de minério por meio de Guias de Utilização. Recentemente, a regulamentação foi modificada pelas Normas Reguladoras de Mineração (Portaria n.º 12/2002 do Diretor Geral do DNPM) e pela Portaria do DG/DNPM n.º n°367, (04/09/2003) obrigando ao titular de uma área mineral a apresentar um Projeto Técnico de extração para a Guia supracitada, além de um Plano de Controle Ambiental .

Para o caso de rochas ornamentais, as Guias de Utilização concedidas pelo DNPM, permitem retiradas de quantidades *máximas entre 3600m³ a 6000 m³* (Portaria n°367, 04/09/2003) por um período de 1 ano. Esses números são suficientes para a obtenção das respostas necessárias à complementação da pesquisa conduzida.

A abertura da frente de lavra piloto deverá possuir 2(duas) metas: a) complementação da pesquisa mineral, e; b) estudo de mercado.

Complementação da Pesquisa Mineral com a lavra piloto

Se considerarmos a tecnologia existente atualmente, a pesquisa de rochas ornamentais é ainda insuficiente para o bom conhecimento das particularidades dessa substância, solicitadas pelas exigências volúveis do mercado e às complexidades existentes inerentes às suas características físicas, estruturais, texturais internas e, enfim, à qualidade da aparência do material pétreo. Ao contrário, um outro minério qualquer, como o de ferro, ouro, estanho, areia, argila, etc. não possui qualidade relacionada ao seu aspecto visual, mas sim ao seu teor, ou à sua composição química favorável. Portanto, essas diferenças é que impõem um caráter *sui generis* às rochas ornamentais, principalmente durante a fase de pesquisa mineral.

Se a pesquisa sozinha é insuficiente para avaliar corretamente um depósito de rochas ornamentais, deveremos abrir uma frente de lavra experimental ou Lavra Piloto. Seria também o momento propício para a realização dos testes de beneficiamento (serragem, polimento e lustro do bloco) e de mercado. A quantidade de 500 m³ é suficiente para estes testes. Esta estratégia nada mais seria que a utilização de **métodos empíricos** durante a pesquisa mineral.

A lavra piloto torna-se, então, muito importante na obtenção de informações mais precisas e eficazes sobre o afloramento rochoso e as técnicas de extração, a saber: a qualidade da rocha (cor, textura, alterações, fraturas, veios, enclaves, etc.), a sua tensão interna, as condições de lavrabilidade do depósito e avaliação das prováveis conseqüências impactantes ao meio e avaliação dos métodos mais adequados para uma produção limpa. A adoção de bancadas que não priorizem pranchas de volumes exagerados e a utilização de argamassas expansivas no desmonte, ao invés de explosivos, aliada a técnicas de corte contínuo, tipo fio diamantado, cortador a corrente ou jato d'água, aparentemente são as melhores maneiras de explorar com menor produção de rejeitos.

A lavra piloto também favorecerá uma avaliação geológica da rocha mais eficiente, pois serão expostas duas ou mais faces da rocha fresca no maciço, servindo como um ótimo testemunho. Nesta fase também poderão ser selecionados os melhores métodos de beneficiamento. Se houver realmente a necessidade de se utilizar explosivos, a lavra piloto determinará o plano de fogo mais adequado para o material em estudo de forma que não prejudique a rocha e evite a geração de rejeitos, além de se poder analisar empiricamente a melhor produção em escala comercial para a lavra definitiva.

Estudo de mercado

Também é feito com os blocos extraídos da lavra piloto. Como já foi dito acima a importância do mercado para este setor é muito grande porque

influencia, inclusive, na recuperação da lavra, prevenindo a geração de rejeitos.

Matacões

A lavra de matacões, como já foi mencionado, é normalmente impactante e geradora de rejeitos. Não existem técnicas eficientes para uma redução significativa de rejeitos. Entretanto, se houver a exploração de matacão, é melhor utilizar no seu corte, argamassas expansivas e selecionar sempre os matacões de maiores dimensões, já que, pelo menos, são mais compensadores economicamente.

Geofísica

Caso os resultados anteriores sejam positivos, os estudos poderão ser complementados, com a obtenção da melhor avaliação possível sobre o material imediatamente pretendido. Neste caso, a malha da pesquisa deve ser adensada nas proximidades ao redor da frente experimental aberta, de forma que as informações adquiridas nos serviços de exploração sejam combinadas com os dados da pesquisa complementar final.

Métodos como o Geo-radar (GPR), por exemplo, estão sendo utilizados para a detecção de descontinuidades da rocha de origem magmática. Seções de radar com afastamento constante são migradas em profundidade, para a interpretação do sistema de fraturas e a porção contínua do corpo rochoso, visando a obtenção do volume que poderá ser explorado economicamente.

Além desse método podemos citar outros que também subsidiam nos estudos da rocha, a saber: o sísmico (da mesma forma, para detecção de fraturas); a gravimetria (para as estruturas cársticas ou cavernas, em rochas carbonatadas); magnetometria (para diques de rochas máficas, por exemplo); e sondagem elétrica vertical - SEV (sensíveis à presença da água na definição da geometria dos corpos).

Assim, podemos observar que a geofísica representaria uma boa ferramenta na redução de rejeitos na lavra. Pois, suas informações poderão subsidiar na caracterização dos defeitos diversos, nas condições litológicas, texturais e estruturais internas dos maciços e corpos de rocha, favorecendo um melhor aproveitamento da lavra.

Sondagem

É um método importante, mas não utilizado intensamente por causa do seu custo alto e do seu efeito pontual para a obtenção de informações. No entanto, elas poderão ser trabalhadas como importante complemento de informações na pesquisa de detalhe. Este serviço fornecerá dados sobre as características da rocha em subsuperfície, que poderão representar ótimas ferramentas na conclusão final a respeito da jazida.

A nossa sugestão é para executar furos de sonda com diâmetro tipo BX, a uma profundidade máxima de 20m. O diâmetro BX é adequado para

testemunhos, que é o objetivo da sondagem. A profundidade de 20m é que mais se adapta a nossa proposta de cubagem limitada, que será discutida a seguir.

Cubagem

Para se começar a lavar uma jazida, seja qual for a substância mineral, o depósito precisará estar bem dimensionado quantitativamente.

Quando falamos em cubagem estamos nos referindo a reservas minerais e o Regulamento do Código de Mineração, no seu artigo 26 (Decreto n.º 62.934, de 02/07/1968), define três tipos de reservas: a reserva medida, indicada e inferida. A **reserva medida** é aquela que possui o **erro máximo** de 20% em relação ao volume verdadeiro do depósito estudado. A reserva indicada utiliza parcialmente a extrapolação na cubagem e a inferida, trabalha somente com extrapolação.

É necessário a obtenção da reserva medida quando a pesquisa apresenta resultados positivos. As outras duas reservas podem ser também calculadas visando o dimensionamento aproximado da reserva total, o que é importante para o caso de ser necessário realizar reavaliação no quadro de reservas.

Após o registro de todas as informações adquiridas nas fases anteriores, processa-se o cruzamento de dados para a elaboração da planta detalhada final dos alvos selecionados. Os cruzamentos desses dados, podem ser, então, processados por programas de computadores específicos e seus resultados expostos em planta tridimensional, objetivando proceder avaliações seguras sobre a reserva medida e garantir a boa condução de uma futura lavra, sob os conceitos de produção limpa.

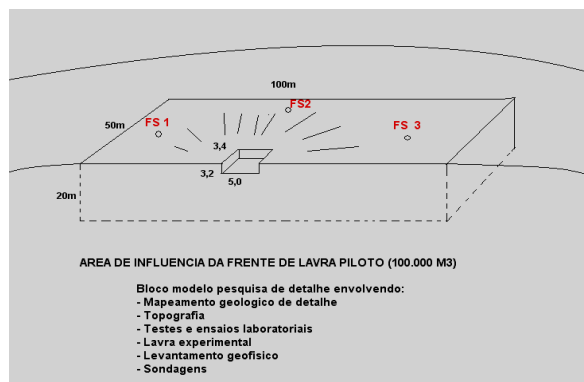


Figura – Bloco modelo representando a área de influência da lavra piloto (volume extraído = 3,4 X 3,2 X 5,0 = 54,4 m³) . FS 01: Furo de sonda 01

É aconselhável que a cubagem da reserva medida utilize o método das seções transversais, por apresentar maior precisão na quantificação do depósito rochoso. Pode-se utilizar softwares específicos que digitalizem essas informações fornecendo inclusive os índices de erros prováveis.

Para os maciços, recomendamos que o volume a ser cubado, seja limitado a um teto máximo

ao redor de 100.000 m³. Este valor acompanha as dimensões de uma bancada referencial de 100m de comprimento, por 50m de avanço e 20m de profundidade (ver figura acima).

A área cubada deverá envolver o material existente em volta da frente aberta da lavra piloto, já que poderão ser utilizadas as próprias informações obtidas nesta frente e, com a combinação das informações relativas às etapas precedentes, estendê-las até os limites máximos supracitados, de forma que assegurem razoável confiabilidade.

O número correspondente ao teto máximo supramencionado de 100.000 m³, foi escolhido para simbolizar um projeto de lavra de porte médio, com produção de 300 m³ /mês de blocos e vida útil com um pouco mais que 16 anos, considerando uma evolução na recuperação da lavra para em torno de 60%. Assumindo o preço médio de US\$ 300/m³ com o custo de US\$ 180/m³, o período de 16 anos seria suficiente arrecadar aproximadamente US\$ 6.900.000 de lucro operacional.

Além disso, esse volume representaria o resultado da concentração de pesquisa em áreas e volumes restritos, visando a redução de custos, melhorando o conhecimento do material pretendido e priorizando o conceito de produção limpa na atividade de extração mineral.

De fato, a busca da precisão na avaliação quantitativa e qualitativa do depósito, deverá ser atingida com o adensamento da pesquisa apenas na região que envolve, o que podemos chamar de, a **área de influência da pedra (figura acima)**. Esta *área de influência* deve resultar das extrapolações conscientes, derivadas do cruzamento dos dados expostos na frente de lavra, com as informações obtidas nas etapas anteriores (mapeamento geológico, topografia, testes laboratoriais, sondagens e geofísica).

A verdade é que, quanto maior for o volume pesquisado e cubado dos maciços, menos seguras e precisas serão as informações estimadas sobre os seus comportamentos e aspectos internos. Pois, estarão ocultos perigosamente parâmetros que representem problemas, a saber: mudança de textura da rocha, presença de diques, fraturas, lentes, enclaves, manchas, cavidades e estruturas de cavernamento (mármore), alterações de cor, etc., Estes problemas poderão gerar bastante rejeitos e até condenar um empreendimento.

Vale ressaltar, no entanto, que é comum haver empreendimentos que realizam investimentos em pesquisa correspondentes à grandes áreas de maciços, resultando muitas vezes em cubagens na ordem de dezenas de milhões de metros cúbicos. Neste caso, ou a pesquisa será muito dispendiosa ou ela será insuficiente para uma avaliação qualitativa e quantitativa adequada, escondendo assim os defeitos existentes no interior das rochas.

Finalmente, o que se pretende desta estratégia é **concentrar os serviços de pesquisa mineral em área restrita** para tornar as informações mais eficazes, de forma que proporcione uma melhor

relação de custo/benefício na pesquisa, com a garantia da precisão almejada na avaliação, reduzindo ao máximo as perdas da futura lavra. Neste caso, o volume sugerido de 100.000 m³, não é a causa da proposta, mas o meio de atingi-la.

NOVAS SUGESTÕES DE PRODUÇÃO LIMPA

Para o cálculo das reservas existem algumas sugestões que consideramos interessante no subsídio de uma produção limpa na lavra de rochas. Como exemplo, podemos citar a modelagem de blocos desenvolvido para dimensionar uma reserva de rocha ornamental com base na dimensão dos blocos comercializáveis escolhidos, dentro dos limites topográficos do maciço, considerando as principais estruturas geológicas medidas em campo e lançadas no programa. Essa modelagem utiliza o aplicativo conhecido como DATAMINE, normalmente empregado para calcular as reservas das substâncias minerais convencionais, e que agora está sendo aproveitado a partir de uma adaptação para rochas ornamentais (Kalvelage M., Lima A., Toni G., 2001). Por esse programa pode-se buscar o tamanho do bloco comercial mais apropriado para uma recuperação máxima da reserva durante a lavra. A maior dificuldade estaria na padronização dos blocos e nos lançamentos dos dados diversos oriundos de uma jazida de rochas, para a alimentação do software sem problemas no resultado final. Afinal a padronização de blocos para uma jazida heterogênea poderá resultar em geração de rejeitos se forem considerados os defeitos estruturais existentes nessas jazidas.

Essa modelagem de blocos seria muito bem aplicado em uma jazida bastante homogênea. Neste caso, o software seria uma boa ferramenta para planejar uma lavra inserida dentro do conceito de produção limpa.

Outra pesquisa realizada pela escola Politécnica da Universidade de São Paulo, também lançando mão de modelagens geológicas e planejamento de lavra com auxílio da técnica de Radar de Penetração no Solo – GPR, a partir de detalhes estruturais e texturais levantados e dos arranjos espaciais dos maciços rochosos. Utiliza-se também um software de mineração, que gera modelos de blocos com **dimensões variadas**. A lógica do programa permite definir um espaço tridimensional, que deve ser preenchido por blocos de acordo com uma disposição pré-arranjada. Todos os blocos com as diversas dimensões selecionadas, são alocados automaticamente no espaço digitalizado do maciço, considerando as suas condições estruturais (falhas, fraturas, etc.) e texturais. A recuperação teórica é calculada então como uma porcentagem do volume total disponível do maciço em relação ao volume preenchido pelos blocos de um determinado conjunto de dimensões selecionadas (Mastrella R., Stellin R., Stellin A. e Tomi G., 2001).

Essa mesma escola e os mesmos pesquisadores supracitados, acompanhando o projeto de pesquisa maior sobre técnicas de planejamento para o aproveitamento de rochas ornamentais, apresentaram outra linha de pesquisa específica levando em conta, desta vez, a modelagem geológica

tridimensional de um bloco qualquer, considerado como defeituoso. O programa de computador utilizado fará uma modelagem geológica do bloco registrando as suas estruturas, texturas e cores típicas. Em seguida procede-se a serragem simulada do bloco dito como defeituoso, originando chapas de 2 centímetros de espessura permitindo, assim, a elaboração de um banco de dados das chapas que poderiam ser serradas e polidas. Essas chapas simuladas apresentam com exatidão a estrutura e cores que terão após a serragem. De posse desse banco de dados será possível realizar intervenções arquitetônicas, antes mesmo da serragem do bloco, de acordo com a estética desejada num determinado projeto, pois os trabalhos dos arquitetos estariam sendo subsidiados com informações eficazes sobre o aspecto visual interno de um bloco tido como “defeituoso”. Dessa forma os arquitetos poderão tomar decisões sobre a aplicação das chapas oriundas desses blocos, podendo, então, viabilizá-los como blocos, diminuindo a geração de rejeitos.

CONCLUSÃO

Podemos notar que, no Brasil, a produção de rejeitos na lavra de rochas ornamentais é considerável. Se avaliarmos a produção nacional do ano de 2002 (3.059 Mil ton ou 1.133 Mil metros cúbicos), perceberemos forte possibilidade de ter sido paralelamente produzido em torno de 2.644.444 m³ (ou 7.140 Mil ton.) de rejeitos, ou seja, mais que o dobro da produção nacional da rocha. Todo esse rejeito foi gerado principalmente durante a etapa de extração mineral.

O volume de rejeito produzido é proporcional à qualidade e dimensão dos impactos ambientais gerados durante a lavra de rochas ornamentais. Se o Brasil movimentar 2,0 bilhões de dólares por ano para produzir mais de 1,133 milhão de metros cúbicos (ou 3.059 milhões de ton.) anuais, pode-se ter uma idéia da ordem de grandeza econômica que o País deixou de movimentar ao gerar aproximadamente 2,644 milhões de metros cúbicos de rejeito também em 1 ano. Logo, se a recuperação média aumentar, nós poderemos não só reduzir os impactos gerados, mas aumentar a movimentação de capital no Brasil na ordem de centenas de milhões de dólares.

As medidas principais encontradas para evitar grande produção de rejeitos são:

- Desde a fase de prospecção, se os objetivos forem direcionados para uma produção mais limpa. A localização geográfica da provável ocorrência rochosa deve se adaptar à qualidade de mercado da rocha; quanto mais difícil e distante o acesso e menor a infraestrutura, melhor preço de mercado deverá possuir a rocha pretendida;
- Quanto mais intensificada for a pesquisa detalhada em um volume restrito de um maciço, mais chance haverá de se planejar uma extração limpa de rochas ornamentais;
- A cubagem da reserva medida deverá ser limitada a um volume máximo relativamente pequeno (100.000 m³), para garantir a produção limpa de blocos; Programas específicos de computador podem ser utilizados também para reduzir rejeitos, digitalizando o

volume de uma jazida e preenchendo-o com certo número de blocos. A relação entre um volume e o outro será a recuperação teórica da lavra;

- Métodos empíricos durante a pesquisa, como a lavra piloto, são essenciais para avaliar a jazida sob o conceito de produção limpa;

- A adoção de métodos de lavra em maciços, na forma de bancadas (altas ou baixas), sem pranchas com volumes muito grandes, utilizando argamassas expansivas; a adoção de técnicas de cortes contínuos (sem explosivos), com fio diamantado, cortador a corrente e jato d' água, são redutores de rejeito.

Esses métodos reduzem os rejeitos durante a extração de blocos, mas é preciso avaliar detalhadamente o efeito compensador de cada método ou técnica de lavra; qual será o mais econômico e o mais limpo? Esses critérios variam de lugar para lugar? São algumas perguntas que exigem a realização de estudos mais direcionados, inclusive com adoção de métodos empíricos.

BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS e Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil, ABIROCHAS/CETEM, 2002.

ANDRADE J.C.S., MARINHO M.M.O., KIPERSTOK A., *Uma Política Nacional de Meio Ambiente Focada na Produção Limpa: Elementos para Discussão*. Bahia Análise e Dados, SEI v.10, n° 4 p.326 – 332, Salvador Março 2001.

BOTELHO, Marco A. B.. *Análise de Maciços Cristalinos Empregando o Geo-Radar (GPR)*. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador-BA, 2001.

COSTA ROBERTO, F. A. Universidade Federal do Ceará –Departamento de Geologia. *Rochas Ornamentais do Ceará. Geologia, Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Mercado – Dissertação de Mestrado em Geologia*. Fortaleza, 1998.

FILHO, Cid Chiod. *Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais*. CNPq/CETEM. Rio de Janeiro, 1995.

HENNIES, W. T. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. *Curso de Rochas Ornamentais – Caracterização tecnológica de Rochas Ornamentais*. Vitória, 1995.

HOLANDA VIDAL, F. W., BESSA, M.F. & LIMA, M.A.B. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM (MCT). *Avaliação de Rochas Ornamentais do Ceará Através de Suas Características Tecnológicas*. Rio de Janeiro, 1999.

KALVELAGE M., LIMA A., TONI G.. *Estudo de Caso Sobre o Modelamento Informatizado da Lavra de Rochas Ornamentais*. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais. II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador-BA, 2001.

JAZIMENTOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA PROVÍNCIA BORBOREMA

Vanildo Almeida Mendes¹ e Carlos Alberto dos Santos¹

¹Geólogo CPRM – SUREG-RE

Av. Sul, 2291 – Afogados – Recife – PE – CEP 50.770-011

Fone: (81)3428-0623 - E-mail: geremipe@fisepe.pe.gov.br

RESUMO

No texto em pauta foi elaborada uma correlação entre os jazimentos de rochas ornamentais e os eventos tectônicos, que modelaram a Província Borborema. Descreve a importância do conhecimento geológico regional na descoberta de novos jazimentos, sobretudo através da definição e parâmetros lito-estruturais intervenientes, na geração das rochas e a conseqüente previsão dos tipos possíveis de serem detectados em uma determinada região. Relata ainda a divisão da província em cinco subprovíncias, as quais apresentam evolução tectônica distinta, todas porém com probabilidades de conter excelentes afloramentos de rochas para fins ornamentais. Apresenta também a correlação entre os granitos ora em produção com o seu segmento tectônico e a unidade litológica e crono-estratigráfica na qual acha-se encaixado.

INTRODUÇÃO

A ocorrência e formação de jazimentos de rochas ornamentais acham-se condicionados por fatores de cunho geológico, que controlam sua forma e tipologia. Em conseqüência, tais fatores devem ser estudados, integrados, avaliados e colocados em bases previsionais para servirem de suporte em futuros trabalhos de pesquisa. Pretende-se com estudos de cunho regional gerar informações geológicas confiáveis para que o empresário nacional possa reduzir seus riscos, durante os investimentos na pesquisa e geração de novos jazimentos de rochas ornamentais.

Sabe-se que o conhecimento do arcabouço geológico-estrutural de uma determinada região, permite prever os tipos de rochas possíveis de serem prospectadas. Os eventos tectônicos atuantes e a ambiência geológica resultante, condicionam a existência e distribuição das rochas determinando a vocação dos terrenos para a existência de jazimentos de materiais comuns ou de tipos excepcionais e caráter mais nobre. Nesse contexto a cor, textura, deformação estrutural, características físico-mecânicas e o quadro aproximado das reservas, acham-se diretamente relacionados às feições litológicas e aos eventos tectônicos atuantes, criando assim os condicionantes geológicos regionais e locais que irão moldar os caracteres dos jazimentos.

No texto em tela, procurou-se dissertar sobre o contexto tectônico-estratigráfico da Província Borborema (vide fig.I) e as ocorrências de rochas ornamentais nela detectadas, fazendo-se uma apreciação e correlação da história geológica das subprovíncias com os jazimentos nela localizados. Assim, pretende-se mostrar a importância do estudo

geológico regional, como ferramenta auxiliar na prospecção de rochas com fins ornamentais, permitindo a geração de parâmetros sobre os materiais possíveis de serem detectados e os locais prováveis de suas áreas de exposição.

Província Borborema sua Conceituação e Contexto Tectônico-Estratigráfico

A Província Borborema constitui uma entidade geotectônica de caráter policíclico, situada entre os crátons de São Luís e São Francisco (vide fig. II). Localiza-se no Nordeste brasileiro, abrange os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e porção norte da Bahia. Atualmente é responsável por 10% da produção nacional de granitos ornamentais.

Em termos geológicos a província mostra uma diversidade de ambientes geotectônicos, cuja história geológica se estende do Arqueano ao recente. Sua evolução é caracterizada por uma mobilidade tectônica com alternância de regimes compressivos e distensivos. A consolidação do seu embasamento e a conseqüente geração de jazimentos de rochas com fins ornamentais, ocorreram em pelo menos cinco eventos tectônicos relacionados ao Arqueano, Paleoproterozóico, Mesoproterozóico, Neoproterozóico e Mesozóico.

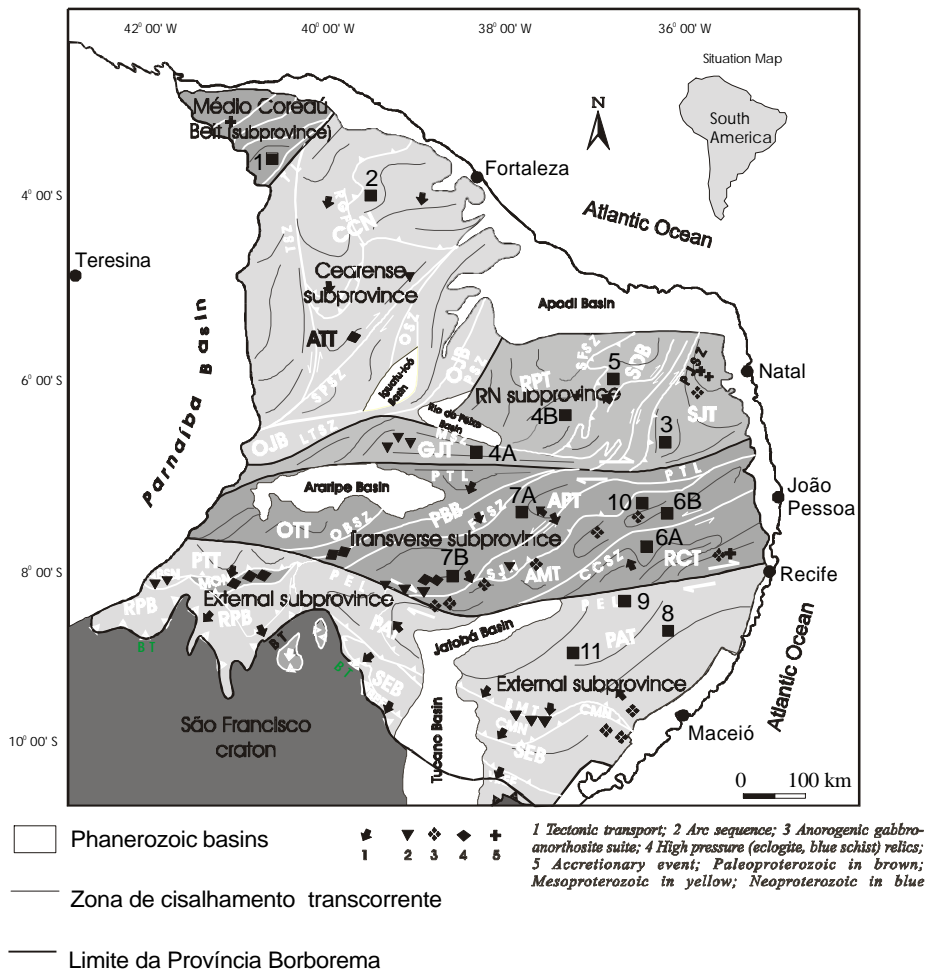
Os eventos arqueanos na província, acham-se bem documentados no Terreno São José do Campestre (RN), Granjeiro (PB), e no maciço Tróia-Mombaça (CE). Apresenta um contexto geológico formado por gnáisses de alto grau, granulitos, trondhjemitos, granitos e terrenos granito-greenstone. Inclui pulsos mais antigos com 3,4 G. A., aflorantes em Bom Jesus (RN), e núcleos mais jovens de 2,86 a 2,68 G. A., detectados na Subprovíncia Rio Grande do Norte.

O Paleoproterozóico acha-se representado por eventos de acreção e dispersão, tendo-se como exemplos os terrenos gnáissicos e migmatíticos dos maciços de Granja, Tucunduba, Banabuiú, todos no Ceará, além de faixas de grande extensão envolvendo os terrenos de São José do Campestre (Grupo Caicó), Granjeiro, Rio Piranhas de rochas do Complexo gnáissico-migmatítico aflorantes na Zona Transversal e de Metaplutônicas do Maciço Pernambuco-Alagoas.

Em seguida a região sofreu eventos extensionais tardipaleoproterozóicos a mesoproterozóicos no intervalo de 1,9 a 1,5 G.A., com ruptura parcial da placa paleoproterozóica. Tem-se a formação de bacias tipo rifte e passiva marginal com dispersas intrusões de plutonitos anorogênicos.



Figura 1 – Mapa de localização da Província Borborema



Pólos produtores de rochas ornamentais

- 1 Verde Meruoca, Verde Ceará, Rosa Iracema, Amarelo Lamartine, Green Pantanal e Palladium.
- 2 Red Symphony, Yellow Symphony, Casa Branca, Branco Ceará, Branco Cristal, Branco Abelha e Asa Branca.
- 3 Juparana Rosa, Preto São Marcos, Rosa Caique, Caramelo Picuí e Branco Floral
- 4A Juparaíba Rosa
- 4B Verde tipo Ubatuba
- 5 Branco Fugi, Branco Borborema, Rosa Florença, Juparana Branco, Verde Gagan, Verde Fashion e Verde Reis Imperial
- 6A Marrom Imperial e Lilás Imperial
- 6B Verde Chateaubriand e Greenspace
- 7A Bianco Jabre, Imaculada, Cinza Taperoá, Azul Sucuru e Amarelo Cabaça
- 7B Vermelho Carnaval e Frevo
- 10 Branco Acará e Amarelo Gurinhém
- 8 Rosa Imperial e Cinza Prata
- 9 Vermelho Relíquia, Samba, Vermelho Ipanema e Vermelho Ventura,
- 11 Ouro Branco, e Amêndoa Maravilha

Figura 2 – Localização dos principais pólos de produção de rochas ornamentais na Província Borborema. Mapa base, subdivisão da Província Borborema, de Santos, E. J. dos (2003).

Este evento acha-se representado na faixa Orós-Jaguaribe e na Zona Transversal através de sequência grauvaquica- vulcanoclástica, incluindo material de arco magmático e leptótenos de afinidade oceânica. Tal ambiência propicia a formação de rochas movimentadas (granitos tipo fantasia), verdes de tonalidade escura e preto total.

No Mesoproterozóico/Neoproterozóico, ocorre o evento Cariris-Velhos, o qual está bem documentado nas denominadas subprovíncias Transversal e Externa, onde se acha documentado por plutonismo tipo colisional associado a Arco Magmático.

O Neoproterozóico encontra-se extensivamente representado em todos os seguimentos da província, sendo responsável pela formação de bacias, incluindo vulcanismo e sedimentação em diversos segmentos da entidade, encerra ainda intensa granitização com plutonismo cedo, sin e tardi a pós-tectônicos culminando com a intrusão de extensos diques pegmatíticos. A esta fase acham-se relacionados os principais jazimentos de rochas ornamentais da província.

Ao Mesozóico mais precisamente ao Cretáceo Inferior, têm-se os depósitos de calcário sedimentar da Formação Jandaíra na Bacia do Apodi, aos quais relacionam-se os jazimentos dos mármore Crema Porto Fino e Crema Marfin.

Subdomínios da Província Borborema e as Rochas Ornamentais Associadas

A heterogeneidade litoestratigráfica tanto de supracrustais, quanto plutônicas, aliada a diversidade e incoerência dos regimes tectônicos, metamórficos e dos padrões geofísicos, permitem individualizar a Borborema em cinco subprovíncias contíguas: Médio Coreaú, Central Ceará, Rio Grande do Norte (Seridó), Transversal e Externa (vide Fig. II). Estas subprovíncias estão separadas entre si por limites de natureza tectônica, indica tratar-se de uma colagem policíclica de terrenos distintos, culminando com um evento regional Brasileiro. Esta diversidade de ambientes geológicos, propiciou a formação de depósitos de rochas ornamentais tanto de litologias de caráter excepcional, quanto de materiais denominados nobres e comuns.

Subprovíncia Médio Coreaú

Tal entidade constitui a margem neoproterozóica do Cráton de São Luís, tendo como limite sul o Lineamento Transbrasiliano (Falha Sobral-Pedro II). Em termos tectono-estratigráfico, constitui-se de blocos paleoproterozóicos de evoluções distintas, separados por faixas vulcano-sedimentares de baixo grau com deformação neoproterozóica. Como padrões estruturais, apresenta zonas de cisalhamentos transcorrentes longitudinais predominantemente dextrais, com componentes verticais e falhas extensionais Superpostas. No geral constitui uma colagem de terrenos paleo e neoproterozóicos, amalgamados a margem sudeste do Cráton de São Luís.

Os terrenos paleoproterozóicos representados pelos maciços de Granja e Tucunduba, contém uma associação litológica, formada por granulitos, enderbegitos, kinzigitos, granulitos máficos, além de ortognaisses e migmatitos de alto grau. Esta associação litológica polideformada e intensamente metamorfisada, propiciou a geração de jazimentos de materiais comercialmente denominados de granitos movimentados tipo Verde Candeias, rochas tipo preto absoluto e granitos ditos movimentados, relacionados a migmatitos de neossoma multicolorido, notadamente nos tons rosa-avermelhado.

Nas faixas metassedimentares neoproterozóica, mais precisamente nos metaconglomerados e arenitos conglomeráticos das formações Massapé e Pacujá, têm-se as rochas do tipo Chocolate Brasil, Green Pantanal e Palladium, todas de notável efeito estético-decorativo. Relacionados ao plutonismo brasileiro de idade pós-tectônica, ocorre os granitos Meruoca, Mocambo e Chaval, aos quais acham-se associados os jazimentos dos granitos Verde Ceará, Verde Meruoca, Rosa Iracema, Vermelho Filomena, White Meruoca, Green Ventura Golden Sobral e Amarelo Lamartine.

Subprovíncia Ceará Central

Este segmento encontra-se limitado pelos lineamentos Transbrasiliano e Senador Pompeu. Possui uma compartimentação tectônica formada pelos autóctones de Cariré ao norte e Tróia-Mombaça ao sul, separados por uma faixa colisional central, compreendendo os alóctones contracionais, com metamorfismo decrescente de norte para sul, conhecidos como: Santa Quitéria, Itatira e Independência.

Os autóctones de Cariré e Tróia-Mombaça de idades paleoproterozóica e arqueana respectivamente, constitui-se de migmatitos e gnaisses de alto grau, ortognaisses, granulitos e calcissilicáticas. Além de áreas formadas por tonalitos, trondhjemitos, granodioritos e terrenos granito-greenstone (Maciço Tróia- Mombaça). Neste contexto geológico, pode-se detectar jazimentos de granitos brancos concernentes a rochas trondhjemiticas e tonalíticas, rochas verdes movimentadas relacionadas às lentes de calcissilicáticas e os denominados granitos movimentados do tipo Red Symphony, Yellow Symphony, Kinawa Ceará, Casa Blanca e Coliseum Gold. Tais rochas associam-se aos migmatitos polideformados com estruturas complexamente dobradas, decorrentes de um avançado estágio de deformação estrutural que lhes empresta uma feição que tem despertado grande interesse comercial, sobretudo a nível internacional.

A faixa colisional, contém uma Série de alóctones relacionados a uma tectônica contracional. Tais alóctones constituem-se de migmatitos, ortognaisses tonalíticos, granodioritos e leucogranitos (Maciço de Santa Quitéria), além de gnaisses, xistos, quartzitos e calcário cristalino (Complexo Independência e Itatira). A este domínio, mais

precisamente aos leucogranitos (albita granito), ocorre os jazimentos dos granitos conhecidos como Branco Ceará, Branco São Paulo, Branco Abelha, Asa Branca, Branco Cristal, Tropical White e Coliseum White.

Subprovíncia Rio Grande do Norte

Tal entidade acha-se limitada pelas Zonas de Cisalhamento de Porto Alegre a noroeste e Patos ao sul. Trata-se de uma colagem de terrenos por dispersão transcorrente neoproterozóica. Representa-se pelos terrenos de São José do Campestre, Rio Piranhas, Granjeiro e pela Faixa de Dobramentos Seridó. Os três primeiros, constituem-se de rochas arqueanas e paleoproterozóicas, contendo uma associação de ortognaisses e migmatitos de alto grau com faixas de supracrustais subordinadas e plutonismo gabro-anortosítico associado. Nas rochas arqueanas ocorre tonalitos, trondhjemitos e granitos, incluindo faixa de terrenos granito greenstone (Terreno Granjeiro). Esta assembléia é propícia à formação de granitos brancos (magmas trondhjemíticos), verdes tipo Baltic Green (anortositos) e o preto total (gabros e noritos). Inclusos no Terreno São José do Campestre têm-se o Granito Preto São Marcos, relacionados a gabros e noritos pertencentes ao magmatismo precoce Neoproterozóico. Na área de afloramento dos gnaisses e migmatitos deste terreno, ocorre o Juparaná Rosa, o qual apresenta aspecto dobrado de cor rosa suave, cuja unidade litológica estende-se por aproximadamente 5 km de extensão. No Terreno Granjeiro, mais precisamente nos ortognaisses migmatizados de aspecto multicolorido, têm-se o jazimento do granito Juparaíba, o qual constitui um ortognaisse migmatítico de coloração cinza-esbranquiçada a rosa-suave de notável efeito estético.

Entre os terrenos acima mencionados, ocorre a Faixa de Dobramentos Seridó, formada pelos gnaisses da Formação Jucurutu, quartzito Equador, metaconglomerado Parelhas e xistos da Formação Seridó. Intrudidos nesta sequência vulcano-sedimentar, têm-se plutonismo cedo, sin, tardi e pós-brasileiro, representados pelos tipos: Itaporanga, Conceição, leucogranitos, granitos pegmatóides e epissienitos. Esta assembléia litológica propiciou a formação de uma série de jazimentos de rochas ornamentais, constituída de materiais exóticos de excelente aceitação no mercado internacional. Associados aos metaconglomerados polimíticos, ocorre o Verde Fashion, Verde Gaugan e Verde Reis Imperial. Relacionados aos granitos pegmatóides aflora os tipos: Branco Fuji, Juparaná Bianco, Rosa Florença e Branco Borborema, tais litótipos apresentam textura grosseira e aspecto multicolorido.

Inclusos no plutonismo de composição charnokítica de idade neoproterozóica, aflorantes em Patu-RN, têm-se o Granito Verde Borborema, o qual constitui um tipo semelhante ao denominado Verde Ubatuba já consagrado nos mercados nacional e internacional de rochas. Ainda relacionado aos granitóides neoproterozóicos sin a tardi tectônico de composição alcalina, peralcalina, epissienítica e

leucograníticas, têm-se os jazimentos dos granitos Caramelo Picuí, Branco Floral e Rosa Caxexa. Nas áreas de afloramento dos granitos tipo Conceição e Itaporanga, existem a possibilidade de encontrar-se jazimentos dos granitos semelhantes aos Cinza Andorinha e Cinza Corumbá.

Subprovíncia Transversal

Esta entidade encontra-se limitada pelos lineamentos Patos e Pernambuco, constitui uma amalgamação de terrenos, por dispersão transcorrente datada do Neoproterozóico. Em seu interior encerra as litologias dos terrenos Piancó-Alto Brígida, Alto Pajem, Alto Moxotó e Rio Capibaribe.

A unidade geológica mais antiga datada do Paleoproterozóico, constitui-se de gnaisses e migmatitos de alto grau, intensamente deformados, contendo ainda granitos tipo "A", plutonismo gabro-anortosítico e enxames de diques máficos. O Mesoproterozóico caracteriza-se pela presença de metagrauvas e vulcanoclásticas, plutonismo associado a arco magmático, além de material de afinidade oceânica. O Neoproterozóico, acha-se documentado por uma sequência metassedimentar turbidítica, incluindo litologias de arco magmático e sedimentos formados por metapsamitos, pelitos e carbonatos. Em termos de plutonismo inicialmente têm-se o evento Cariris Velhos, evidenciado por um tipo crustal colisional em associação com arco magmático. Segue-se o plutonismo Brasileiro, relacionado às fases cedo, sin e tardi-tectônicos, além de um episódio tardi a pós-caracterizado por enxames de diques félsicos de composição dacítica a riódacítica. Notabiliza-se ainda pela presença de magmatismo máfico precoce de composição gabro-norítica, aflorantes no sertão oeste da Paraíba e passíveis de conter jazimentos de granitos pretos.

Está ambiência geológico-estrutural propiciou a geração de inúmeras ocorrências de rochas ornamentais, dentre as quais destacam-se:

Granitos Frevo e Carnaval de aspecto movimentado, multicolorido de tonalidade rosa-suave a avermelhada. Relacionam-se aos Ortognaisses e migmatitos homogêneos do tipo diatexitos, com neossoma dobrado e cor rosa-avermelhada constituindo um litótipo de excelente aspecto decorativo.

Granitos Greenspace e Green Chateaubriand Fashion aflorantes em Umbuzeiro-PB., constitui rochas calcissilicáticas existentes no Terreno Rio Capibaribe, no qual acham-se também intrudidos os quartzos-sienitos e mela-sienitos da Suíte Shoshonítica, onde ocorre os jazimentos dos granitos Marrom Imperial e Lilás, detectados em terras dos municípios de Bom Jardim, João Alfredo e Toritama, todos no Estado de Pernambuco.

Ocorre ainda o denominado Preto Pernambuco, oriundo de quartzo-diorito e os granitos Bianco Jabre, Branco Imaculada e Cinza Taperoá, relacionados a leucogranitos sin a tardi tectônicos ao Ciclo Brasileiro. Aos enxames de diques de composição dacítica e riódacítica, têm-se o Azul

Sucuru, cuja cronologia com eventos semelhantes localizados em Serra Talhada e Afogados da Ingazeira, nos permite pensar na possibilidade de existir jazimentos deste granito nestas localidades. Convém mencionar, que esta ambiência encerra ainda a presença de rochas anortosíticas e charnokíticas, mapeadas respectivamente em Passira e Santa Cruz do Capibaribe ambas em Pernambuco. Tais litótipos encerram as possibilidades de conter granitos do tipo “Baltic Green” e Verde Ubatuba, que constitui rochas de consagrada aceitação nos mercados nacional e internacional.

Subprovíncia Externa

Esta entidade limita-se ao norte no Lineamento de Pernambuco, sendo constituída pelos seguintes terrenos: Pernambuco-Alagoas, Paulistana, Brejo Seco, Monte Orebe, Riacho do Pontal, Canindé-Marancó, Sergipano e Vazabarris- Estância.

As unidades geológicas mais antigas deste segmento, datadas do Arqueano, compõem-se de uma seqüência sedimentar máfico-ultramáfica e terrenos gnáissicos de alto grau. Em seguida têm-se o Paleoproterozóico, representado por metaplutônicas gnaissificadas de composição granítica. O Mesoproterozóico mostra-se constituído por uma seqüência vulcano-sedimentar, formada por grauvacas, vulcanoclásticas e rochas relacionada a arco magmático. No que concerne ao Neoproterozóico, salienta-se a presença de faixas de molássicas, cobertura plataformar carbonática e turbiditos. Têm-se ainda associação com arco magmático e material de origem oceânica. O plutonismo acha-se bem documentado na subprovíncia, sendo controlado pelos eventos Caririano e Brasileiro.

No Cariris Velhos, o plutonismo relaciona-se a arco magmático, enquanto no Brasileiro é do tipo crustal colisional de posicionamento cedo, sin, tardi e pós-tectônicos ao referido ciclo, o qual constitui um evento de amplitude regional, sendo responsável pelo posicionamento de cerca de 30% dos plutonitos aflorantes na subprovíncia. Todo esse contexto litológico-estratigráfico foi intensamente afetado pelo tectonismo atuante durante os eventos acima referenciados, caracterizando-se no Cariris Velhos pelo predomínio de uma tectônica contracional com transporte para W/NW. Durante o Brasileiro a região foi palco de um intenso tectonismo inicialmente contracional-transcorrente com transporte para S/SW no sentido do Cráton do São Francisco, seguido por uma tectônica de caráter extensional.

Esse contexto geológico-estrutural, mostra-se bastante favorável à presença de jazimentos de rochas para fins ornamentais, principalmente nos domínios do Terreno Pernambuco-Alagoas e Canindé-Marancó. Dentre os tipos de granitos ornamentais existentes ou passíveis de serem detectadas, têm-se: Ouro Branco, Cinza Prata, Vermelho Ventura, Vermelho Ipanema, Preto Pernambuco, Amendoa Maravilha, Rosa Havana e Rosa Imperial.

Tais litótipos, a exceção do denominado Granito Rosa Imperial, acham-se associados ao plutonismo Neoproterozóico, que afetou os terrenos acima referenciados, encontrando-se dispostos dentro das seguintes ambiências:

Granitos Ouro Branco e Cinza Prata relacionam-se com a Suíte Peraluminosa Precoce, constituindo um leucogranito com muscovita, biotita e granada, equigranular de grã média a grossa.

Granito Amêndoa Maravilha- constituiu um tipo equigranular, grosseiro, eventualmente porfirítico e de cor amendoada. Associam-se aos sienitos e quartzo-sienitos da Suíte Metaluminosa a Peralcalina com enclaves ricos em anfibólio.

Vermelho Ventura e Vermelho Ipanema compreende rochas de coloração vermelha, sendo o primeiro de granulação grosseira, porfirítica com megacristais de feldspatos disseminados em uma matriz mais fina. O segundo consiste em um tipo equigranular grosseiro, isotópico, bastante homogêneo. Ambos acham-se relacionados aos plutonitos da Suíte Potássica Calcicalalina, a qual encerra ainda as ocorrências de tipos bastante interessantes similares aos denominados granitos Cinza Corumbá, Rosa Nogueira e Rosa Tropical.

O Preto Pernambuco- constitui um quartzo-diorito escuro de cor preta a grafite, textura equigranular, fina, correspondendo a termos dioríticos da Suíte Potássica Calcicalalina.

Lilás Imperial compreende um quartzo-sienito grosseiro porfirítico, homogêneo com enclaves máficos e cristais de feldspato de coloração lilás a violeta. Associam-se aos sienitos da Sequência Shoshonítica. Convém frisar, que esta unidade é bastante prospectável em termos de rochas ornamentais, haja vista que em afloramentos dela em Bom Jardim-PE., têm-se os “cumulatus” de feldspato , constituindo o conhecido granito Marrom Imperial.

Granitos Rosa Imperial, Relíquia e Samba- estas rochas correspondem a diferentes exposições de ortognaisses migmatizados e coloração rosa suave a rosa-avermelhada. Pertencem à categoria das rochas ditas movimentadas, estando relacionadas ao Complexo Belém do São Francisco. Acham-se relacionadas ao evento Cariris Velhos, o qual contribuiu de forma significativa para a modelagem tectono-estrutural das subprovíncias Transversal e Externa.

Em termos prospectivos a denominada Suíte Canindé de idade neoproterozóica, formada por gabros, troctolitos, noritos, anortositos, hornblenditos e piroxenitos de suma importância. Principalmente pela possibilidade de encerrar jazimentos de rochas do tipo preto absoluto e verde exóticos semelhante ao Verde Labrador, ambos de notável efeito decorativo.

CONCLUSÕES

Conforme o exposto, verifica-se a existência de uma íntima correlação entre os eventos geológicos que modelaram a Província Borborema e a geração

dos jazimentos de Rochas Ornamentais nela detectados. Tal assertiva, evidencia a importância da elaboração de estudos geológicos de cunho regional, com o objetivo de definir os fatores que controlam tais jazimentos e colocá-los em bases técnicas adequadas. Com o intuito de fornecer através destes mapas provisionais, informações técnicas compatíveis para servir de suporte ao setor privado, durante o seu planejamento e investimento na pesquisa e desenvolvimento de novas jazidas.

Verifica-se que a grande potencialidade do território da província em rochas ornamentais, deve-se sobretudo a presença de extensas faixas paleoproterozóicas, formadas por terrenos gnáissicos e migmatíticos metamorfisados na fácies anfibolito e responsáveis pela geração de jazimentos das rochas ditas polideformadas, com aspecto movimentado. Como representantes destes tipos, têm-se o Red Symphony, Yellow Symphony, Casa Branca e o Juparaíba.

Relacionados ao evento Cariris Velhos, o qual acha-se circunscrito as subprovíncias Transversal e Externa, ocorrem os granitos denominados Rosa Imperial, Relíquia e Samba, controlados pelos ortognaisses migmatizados do Complexo Belém do São Francisco.

A intensidade e amplitude dos eventos tectônicos atuantes durante o Neoproterozóico, resultaram na geração de vários jazimentos, alguns de elevada cotação de mercado, sobretudo a nível internacional. Dentre os quais pode-se citar os granitos Marrom Imperial, Azul Sucuru, Verde Ceará e Branco Cristal. Convém mencionar ainda os tipos associados a granitos pegmatóides como o Rosa Florença e as rochas oriundas de metaconglomerados polimíticos aflorantes nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, conhecidas como granitos Verde Gaugan, Verde Fashion e Verde Reis Imperial.

Com base no exposto, conclui-se que a Província Borborema, dispõe de excelentes materiais com finalidades ornamentais, contando com tipos de rara beleza e grande aceitação mercadológica. O atual volume de produção correspondente a 10% da produção nacional, pode ser significativamente ampliado, desde que haja investimento tanto a nível empresarial, quanto de entidades governamentais. Salienta-se pois a necessidade do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, juntamente com as universidades e entidades estaduais de pesquisa, para desenvolver um sério e competente programa de prospecção geológica regional e em alguns casos de semidetalhe, visando subsidiar o setor privado de informações geológicas consistentes de forma a orientar seus investimentos na prospecção e lavra de rochas ornamentais.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

MENDES, V. A. Jazimentos de Rochas Ornamentais e Sua Relação Com os Eventos Tectônicos Atuantes no Território Brasileiro. In: III SIMPÓSIO de ROCHAS ORNAMENTAIS do NORDESTE, 1, 2002. P. 93-98.

SANTOS, E. J.; BRITO NEVES, B.B. ; VAN SCHMUS, W. R. O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16, Recife, 1995. Atas...Recife: SBG, 1995. 2v. il. (Boletim do Núcleo Nordeste da SBG, 14) v. 2. p. 401-406.

SANTOS, E. J. dos ; OLIVEIRA, R. G ; PAIVA, I. P. Terrenos no Domínio Transversal da Província Borborema: controles sobre acreção e retrabalhamento crustais ao sul do Lineamento Patos. In: SIMPOSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 17, 1997, fortaleza: SBG, 1997. 537p. il. (Boletim Especial SBG, Núcleo Nordeste , 15) p 141-144.

SANTOS, E. J. dos; COUTINHO, M. G. da N. ; COSTA, M. P. de ; RAMALHO, R. A região de dobramentos Nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o cráton de São Luís e as bacias marginais, In: SCHOBENHAUS, C. et al. Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Brasília: DNPM, 1984. 501p. il cap. 4 p. 131-189.

SANTOS, E. J. dos ; VAN SCHMUS, W. R ; BRITO NEVES, B.b. de ; OLIVEIRA, R. G. ; MEDEIROS, V. C. Terranes and their boundaries in the proterozoic Borborema Province, Northeast Brazil. In: SIMPOSIO NACIONAL de ESTUDOS TECTÔNICOS, 7, 1999. p. 121-124.

GEOMETRIA FRACTAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRASQUARTZITOS – AZUL BOQUIRA E AZUL MACAÚBAS

Roberto Rodrigues Coelho

Núcleo de Modelagem Molecular do CETEM
Avenida Ipê, No 900 - Cidade Universitária, 21941-590, Rio de Janeiro RJ
E-mail: coelho@cetem.gov.br

RESUMO

Rochas Ornamentais Brasileiras, em particular os quartzitos Azul Boquira (RAB) e Azul Macaúbas, (RAM) foram estudadas considerando as propriedades de seus polifractais e de intensidade de pixels das imagens de suas superfícies. Assim, utilizando a Metodologia da Caixa de Contagem (Box Counting) e aplicando a técnica "Trhesholding" para a série Preto + Preto/Branco (B+BW), foi calculado o histograma da Dimensão Fractal (DF) para cada superfície multifractal. A Dimensão Fractal de valor mais elevado foi considerada como característica de cada Rocha. Assim, foi obtido o valor de DF = 1,04 para RAB e DF = 1,94 para RAM. Qualitativamente, foram destacados os gráficos HSB (hue, saturation, brightness), em intensidade de pixels, em cinza e em cor, para cada superfície das rochas consideradas.

INTRODUÇÃO

A Geometria Fractal proposta por Mandenbrolt¹, em muitos casos, é mais apropriada para a análise e representação de fenômenos naturais. Assim, as nuvens, as formações rochosas, a linha costeira, a estrutura de plantas são melhores descritos por fractais². Fractais são estruturas geométricas que podem ser divididas em partes que reproduzem uma copia reduzida do todo, esta propriedade é denominada de auto-similaridade. Os fractais dispõem de dimensão própria, na maioria dos casos fracionária, em contraposição ao conceito de dimensão da Geometria Euclidiana caracterizada por números inteiros. A rigor: fractal é por definição um conjunto para o qual a dimensão de Hausdorff Besicovith excede a dimensão topológica³. Como exemplo de fractal temos a Curva de Kock⁴: Na Figura 1, partir de cada lado do triângulo A, se obtém a figura B, que por sua vez origina C e na sequencia D. Esta sequencia, a principio, é infinita. É fácil notar a auto - similaridade na medida que cada parte, por menor que seja de C ou D reproduz A. Por outro lado, quando o fractal é constituído por copias menores que, por sua vez, não mantêm fixas as proporções originais diz-se que são auto-afins.

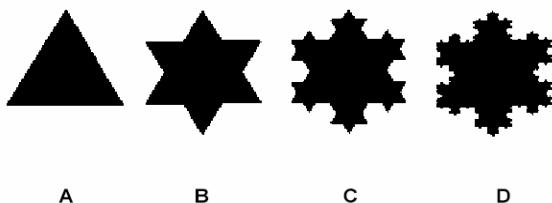


FIGURA 1: Triádica de Koch⁴

A Dimensão Fractal (DF)^{5,6,7} pode ser expressa considerando a seguinte fórmula: $DF = \frac{\log N}{\log k}$ (1) N representa o número de partes auto similares para reconstituição da curva fractal e k representa o escalonamento da figura original. Para figura 1, correspondente ao fractal da curva de Kock⁴, a dimensão fractal de acordo com a fórmula 1 é : $DF = \frac{\log 4}{\log 3} = 1,2618$ (2) Na natureza, é comum a ocorrência de fractais auto - afins e de poli - fractais que vêm a ser um conjunto de fractais, com dimensões diferentes, acontecendo simultaneamente no objeto em estudo. Este é o caso da superfície das rochas ornamentais.

Existem vários métodos para aplicação da análise de fractais em superfícies em estudo, entre eles, de larga aplicação, é o algoritmo de Contagem de Caixas^{6,7} (Box Counting algorithms). No caso de uma superfície plana, cobre-se o fractal com um número de quadrados de dimensão mínima, de modo que se pode determinar N e k, conforme a equação 1. A dimensão fractal calculada será tanto mais precisa quanto maior o número de quadrados na superfície em estudo. Na figura 2 é dado um exemplo, onde a superfície da RAB foi trabalhada de modo a expressar as cores preta e branca conforme pode se ver em (A). A seguir, considerando-se a série preto + branco /preto (B+BW), aplicou-se a Caixa de Contagem com malhas 10 (B) e 20 (C) podendo-se observar, pelos veios pretos, que há maior definição dos quadrados para a malha 10 do que para a malha 20.

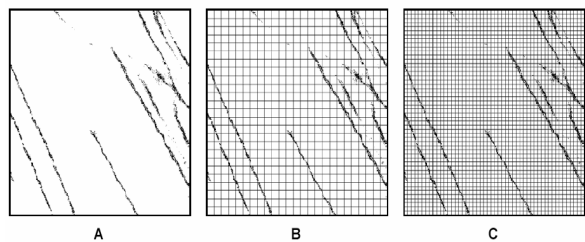


FIGURA 2 : A corresponde a superfície da rocha Boquira (RAB), destacando em preto os veios. B corresponde a mesma superfície submetida a Caixa de Contagem (Box Counting) com malha 10, apresentando 1.737 quadrados para a parte branca e 763 quadrados para a parte preta. C, com malha 20, corresponde a 438 quadrados para área branca e 187 para área preta e branca.

Para este trabalho são utilizadas imagens digitais. Nestas imagens cada célula (pixel) tem valores proporcionais a intensidade de luz para cada área considerada. O estudo tanto pode ser feito com imagens binárias ou com imagens em escala cinza cobrindo uma faixa de 0 a 255. As imagens coloridas podem ser trabalhadas, considerando os canais básicos vermelho, verde e azul, cujas combinações correspondem ao espectro de cores da superfície considerada. De um modo geral, os estudos, das imagens coloridas digitais, são feitos considerando cada canal básico de uma determinada cor trabalhada para uma escala de cinza correspondente.

As superfícies das rochas ornamentais geralmente são constituídas de distintas regiões, com características próprias, de modo que é necessária a análise da textura que permita a caracterização das mesmas cores para uma determinada combinação de bandas do espectro em correspondência a uma escala de cinza utilizada. Assim, a textura reflete a repetição de um mesmo padrão, que pode ser exato ou com pequenas variações, considerando o formato, a cor e articulação destes vários elementos entre si.

Na literatura constam trabalhos que utilizam a geometria fractal em diversas áreas de interesse com bons resultados. Assim, Johnston⁹ propôs uma relação empírica, baseada em fractais, para a variação de sistemas de veios em formações geológicas. Teixeira da Silva¹⁰ aplicou geometria fractal para estudar sistemas de veios de quartzo na serra de Ouro Preto, conseguindo caracterizar o fator desses veios, o que explicou os seus processos geradores e a inserção na evolução regional. Hippert¹¹ estudou a geometria fractal de veios de quartzo quanto aos seus aspectos geométricos e texturais com ocorrência no norte de Goiás, Brasil central. Souza Cruz¹², estudou a superfície de filmes finos usados como eletrodos aplicando técnicas de dimensão fractal em microscopia de força atômica e voltametria cíclica. Osaka¹³ desenvolveu um método para aperfeiçoar a utilização de caixa de contagem (Box Counting) na determinação de dimensão de atratores de dinâmica caótica de alta e baixa ordem.

Neste trabalho, foi desenvolvido um estudo preliminar utilizando geometria fractal, buscando analisar propriedades e determinar a dimensão fractal das imagens de superfícies de rochas ornamentais brasileiras. Assim, se utilizou, para o desenvolvimento do trabalho, duas rochas quartzitos: Azul Boquira (RAB) e Azul Macaúbas.(RAM)

MATERIAIS E MÉTODOS

As imagens das superfícies das rochas em estudo foram obtidas a partir do CD Rom, Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil¹⁴. Foram estudadas as rochas Quartzito Azul Boquira e Quartzito Azul Macaúbas. Nas tabelas 1 e 2, constam as propriedades dessas rochas descritas no referido catálogo: As referidas rochas foram fotografadas através do scanner, modelo Astra 1200S, tipo : color flatbed, utilizando o método single-pass, 30 – bit color with bet, com elemento CCD, resolução de hardware de 600 dpi x 1200 dpi, resolução máxima interpolada de 9600 dpi x 9600 dpi, com o modo de scan de 30-

bit color\ 10-bit gray scale /1 - bit halftone / 1- bit line art.

Tabela 1: Propriedades Descritivas das Rochas Azul Boquira e Azul Macaúbas

Propriedades	Rochas Ornamentais	
	Azul Boquira(RAB)	Azul Macaúbas(RAM)
Descrição Macroscópica	Quartzito azul claro, com pontuações brancas disseminadas, fino, homogêneo, levemente foliado, cortado por dois sets transversais de segregações milimétrica de dumortierita azul anil, que lhes dá aspecto listrado	Quartzito de cor geral azul claro, fino, foliado, bandado, com segregações descontinuas sigmoidais de cor azul mais forte, transversais à foliação
Classificação petrográfica	Dumortierita quartzito	Muscovita dumortierita quartzito
Descrição microscópica	85% de quartzo; 7% de muscovita; 5% de dumortierita e 3% de cianita.	78% de quartzo; 12% de dumortierita e 10% de muscovita

Tabela 2: Caracterização Tecnológica das Rochas Azul Boquira e Azul Macaúbas

Propriedades	Rochas Ornamentais	
	Azul Boquira(RAB)	Azul Macaúbas(RAM)
Caracterização Tecnológica		
Densidade Kg/m ³	2683	2683
Absorção/agua %	0,11	0,11
Desgaste Amsler, mm	0,54	0,54
Dilatação térmica linear 10 ⁻³ mm/m °C	14,60. 10 ⁻³	14,60. 10 ⁻³
Porosidade; %	0,30	0,30
Compressão Simples. MPa	210,20	210,20
Flexão; Mpa	20,39	20,39
Compressão após gelo /degelo; MPa	212,90	212,90
Resistência ao impacto; m	0,81	0,81

Para o estudo da Geometria Fractal das imagens dessas rochas, utilizou-se o programa Harmonic and Fractal Image Analyser – HarFa¹⁵. Este programa permite estudar o seguinte: Análise Harmônicas, utilizando algoritmo Cooley- Tukey por Transformada de Fourier Discreta. Esta metodologia pode ser trabalhada como MTF (Magnitude Transfer Function), PTF (Phase Transfer Function) e as partes Real e Imaginária do Espectro Fourier. Análise Fractal , que permite a determinação da Dimensão Fractal e Medidas de Fractais das imagens em estudo, utilizando Caixa de contagem (Box Counting). Para

isto foi utilizada a técnica “Tresholding”⁷ que transforma as imagens coloridas em objetos preto e branco de diferentes matizes.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

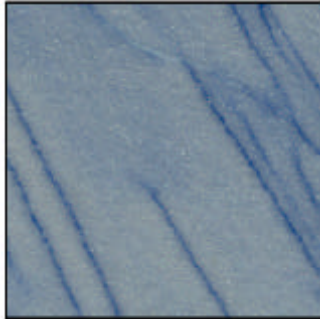


FIGURA 3: Rocha Azul Boquira (RAB)

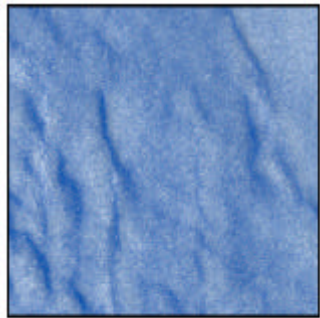


FIGURA 4: Rocha Azul Macaúbas (RAM)

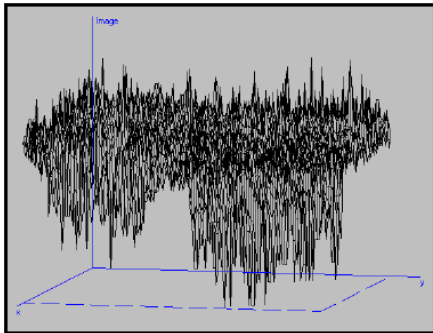


FIGURA 5: Gráfico 3 D de RAB

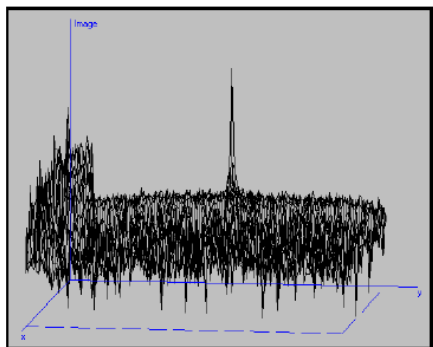


FIGURA 6: Gráfico 3D de RAM

As figuras 3 e 4 referem-se às imagens, em tamanho reduzido, da Rocha Azul Boquira e Azul Macaúbas respectivamente, tal como são disponíveis no Catálogo de Rochas Ornamentais.

Na figura 5 e 6 são dados gráficos qualitativos em cinza, correspondentes as imagens de RAB e RAM respectivamente. Nestes gráficos tridimensionais, o plano X Y corresponde ao das imagens 2 D das figuras 3 e 4. A terceira coordenada corresponde a intensidade do pixel para cada ponto considerado da superfície⁸. Estes gráficos foram construídos a partir de uma área, retângulo, escolhida no centro das figuras 3 ou 4, com 256 x 256 pixels, processada por HSB (hue, saturation, brightness), usando MTF (Magnitude Transfer Function), calculada como função logarítmica dos espectro de Fourier, própria para melhor resolução. Estas figuras 5 e 6, permitem, na escala de cinza observar a intensidade de pixels de modo a pressupor um padrão para rocha em estudo. Entretanto, chamamos a atenção que, como é possível obter diversas imagens, numa mesma rocha, de acordo com o perfil considerado e analisado é evidente que, para cada caso, a distribuição tridimensional será diferenciada.

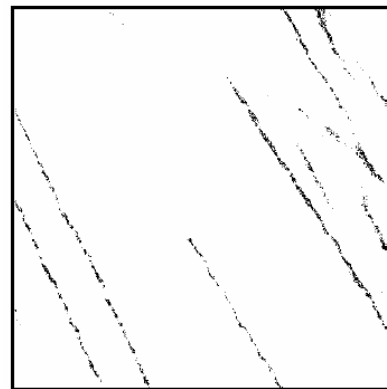


Figura 7: Trhesholding da Rocha RAB, calculado em RGB, B+BW

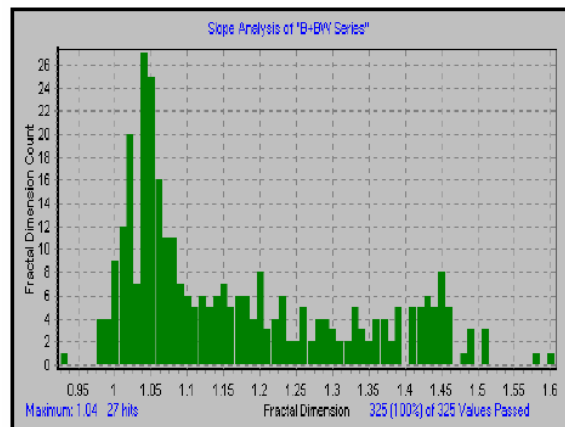


Figura 8: Análise da Dimensão Fractal da Figura 7

Para a determinação da dimensão fractal de RAB e RAM foi utilizado o algoritmo da Caixa de Contagem (Box Counting), utilizando o fator de malha 10, conforme foi mostrado no item B da Figura 2, considerando a escala de cinza com a aplicação do processo “Thresholding” disponível no Programa HarFa, que permite a binarização das imagens com níveis de cinza. Assim, Thresholding é um tipo de segmentação que separa os pixels com características semelhantes. Para isto as superfícies das rochas foram estudadas considerando, apenas, o espaço matemático de cor RGB (Red, Green and Blue). As superfícies das rochas em estudo são constituídas de polifractais, por esse motivo, neste estudo, na análise de fractais, será considerada como dimensão fractal o valor de mais alta frequência resultante da análise da série “preto + branco/preto” (B+BW series) do espectro, conforme recomendado por Nezaad16. O motivo da escolha da série, deve-se ao fato de que, com a aplicação do Thresholding, para a rocha RAB, na análise da caixa de contagem, em escala de cinza, os sets transversais de segregação milimétrica de dumortierita azul anil, apresentam-se na cor preta. Para a rocha RAM as segregações descontinuas sigmoidais de cor azul, mais fortes, transversais a foliação, também, pela mesma razão, se apresentam na cor preta.

Na figura 7, observa-se a superfície da rocha RAB, na escala de cinza, após a aplicação do cálculo do thresholding, usando-se o espaço de cor RGB, destacando-se para o cálculo da Caixa de Contagem a série preto + preto/branco (B+BW). Por outro lado, na figura 8, é dada a análise da Dimensão Fractal da superfície considerada na Figura 7. Indicando, na distribuição estatística a dimensão 1,04 de maior valor entre os fractais que constituem a superfície polifracal considerada16. Este valor é tomado como a Dimensão Fractal da superfície analisada.

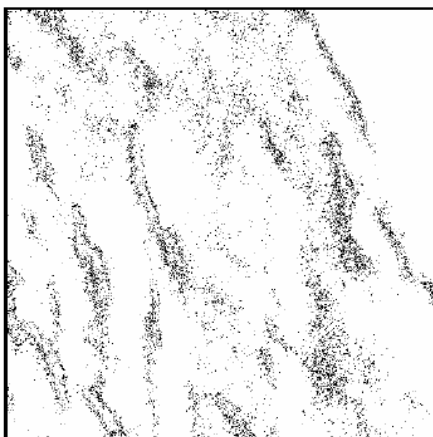


Figura 9 : Trhesholding da Rocha RAM, calculado em RGB, B+BW

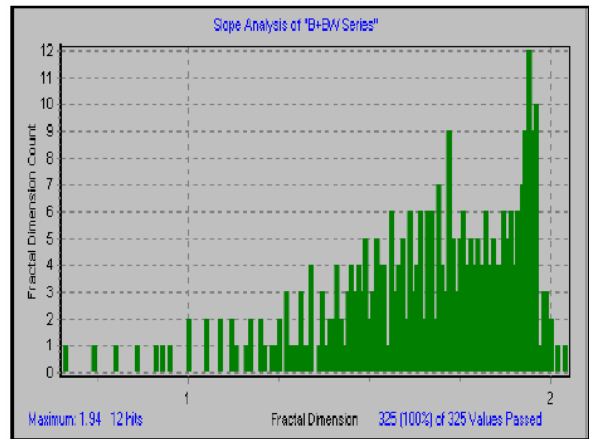


Figura 10:Análise da Dimensão Fractal da Fig. 9

A superfície da Rocha RAM, sofreu o mesmo tratamento descrito para rocha RAB, como consequencia a sua Dimensão Fractal máxima deu como resultado o valor de 1.94. Os valores calculados, da Dimensão Fractal, apresentam-se para RAB mais próximos da forma linear dos veios da rocha, enquanto para RAM o referido valor aproxima-se do modo planar, devido sua forma sigmoidal. Na Tabela 3 é descrito numericamente, de acordo com a intensidade, para cada rocha estudada, o conjunto de dimensões fractais que constituem os polifractais da imagem das superfícies estudadas. Observe-se que, na tabela 3, para RAB a DF varia de 0,9 a 1,6, tendo como o valor da mais alta intensidade o DF de 1,4, conforme o gráfico da Figura 8. Já para a rocha RAM a variação de DF vai de 0,89 até 2,01, com a mais alta intensidade em 1,94, conforme o gráfico da Figura 10.

Tabela 3: Relação entre a Intensidade de Dimensão Fractal – IDF e Dimensão Fractal - DF conforme Espectros representados nas Figuras 8 e 10

ROCHA	AZUL BOQUIRA – RAB								
IDF	3,14	95,00	64,53	47,00	30,40	45,26	12,99	2,24	
DF	0,9	1,04	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	
ROCHA	AZUL MACAÚBAS- RAM								
DFI	1,51	3,32	13,28	19,32	38,04	48,30	48,00	64,30	26,87
DF	0,89	1,1	1,3	1,4	1,6	1,70	1,80	1,94	2,01

IDF: Intensidade de Dimensão Fractal

DF : Dimensão Fractal

As figuras 5 e 6 traduziram, na escala de cinza, as intensidades de 256 x 256 pixels para as imagens das superfícies das rochas RAB e RAM consideradas nas Figuras 3 e 4 respectivamente. A Figura 11 representa, um gráfico tridimensional, aplicando RGB (Red, Green and Blue), usando MTF (Magnitude Transfer Function) e função logarítmica do espectro de Fourier, com cor, no qual o eixo dos Z (imagem) traduz a intensidade dos pixels referente à parte superior a direita da Figura 7. O mesmo cálculo, feito para a rocha RAM, produziu o gráfico da Figura 13 que vem a ser a imagem tridimensional, especular, em 256 x 256 pixels, da figura 14. Assim, pode-se observar nas imagens, tanto na Figura 11 como na Figura 13, o detalhamento dos polifractais analisados referentes aos sets transversais conforme é visto na Figura 12 e a as manchas sigmoidais constantes da Figura 14.

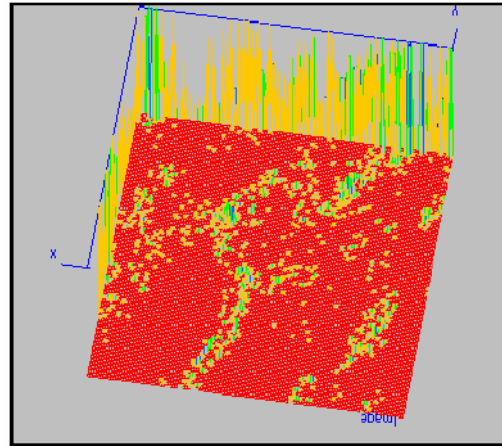


Figura 13: Imagem especular 3 D, em Intensidade de pixels, da Figura 14

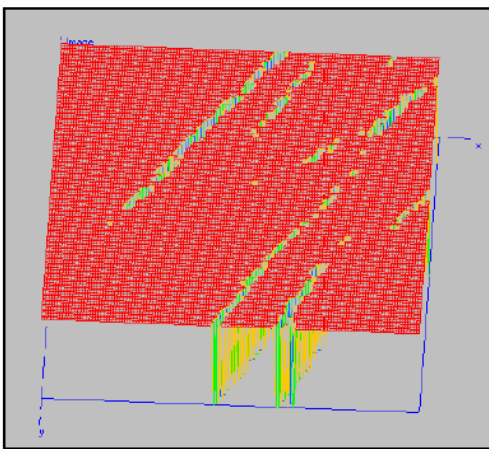


Figura 11: Imagem 3 D da Rocha RAB em intensidade de pixels

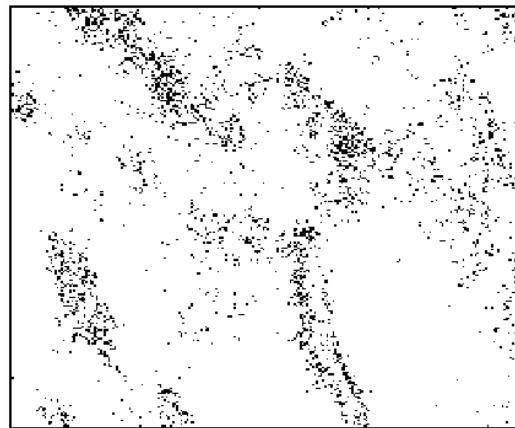


Figura 14: Canto superior esquerdo da Figura 9

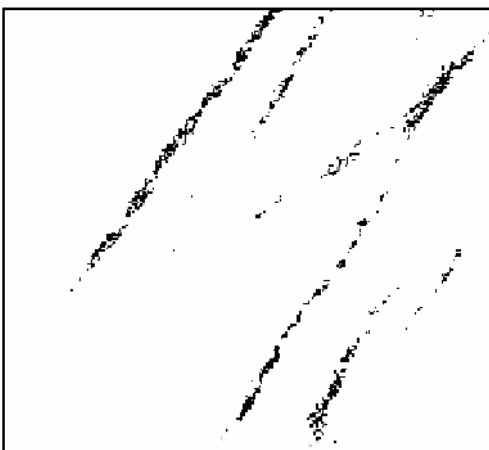


Figura 12: Canto superior direito da Figura 7

CONCLUSÃO

A partir das imagens das rochas Azul Boquira RAB e Azul Macaúbas RAM, aplicando técnicas de análise de polifractais, no espaço matemático RGB (Red, Green and Blue), aplicando a técnica Tresholding para o cálculo do espectro de polifractais, obteve-se para a primeira o valor de DF: 1,04 e para a segunda o DF: 1,94.

Através da análise harmônica via Transformada de Fourier, foi possível destacar imagens de RAB e RAM referentes as intensidades em pixels das imagens estudadas.

A Geometria Fractal revelou-se uma área promissora para a análise fractal das superfícies das rochas ornamentais. Tendo como possível aplicação a análise de padrões e, a partir da análise fractal das respectivas superfícies, caminhar para um tipo de classificação das rochas ornamentais.

Agradecimento

Este trabalho é dedicado a memória do Dr. Gildo de A. Sá Cavalcanti de Albuquerque que nos incentivou a realiza-lo.

Agradeço ao Dr. Antonio Rodrigues Campos, pelo acesso ao CD ROM do Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil e ao Dr. Ian Hovell pelo auxílio na revisão dos manuscritos, ambos pesquisadores do CETEM

BIBLIOGRAFIA

1. Mandelbrot, B. B. "The Fractal Geometry of Nature", W.H. Freeman and Co. New York, 1993, Capítulo 3.
2. Batty, M. "Cities as Fractal: Simulating Growth and Form", Crilly, A. J.; Earnshaw, R. A.; and Jones, H. Editors, "Fractal and Chaos", Springer- Verlag, New York, 1990, 43-69
3. Fiedler-Ferrara, N. e Cintra do Prado, C. P. "Caos uma Introdução", Edgar Blucher Ltda.; S. Paulo, 1994, pp. 254
4. idem, pp. 258
5. ibidem, pp. 255- 256
6. Buchniecek, M.; Nezadal, M. e Zmeskal, O. "Numeric Calculation of Fractal Dimension", Nostradamus 2000, Prediction Conference, Fakusta Technologicka, Vysoke Ucení Technické, Zlin, Brno. Czech (2000)
7. Dannenberg, R. "Fractal Dimension Analysis of Hollow-Cone Darkfield Images" HarFA – Harmonic and Fractal Image Analysis (2002), 11-18
8. Conci, A. and NUNES, E. O "Multibands image analysis using local fractal dimension", Anais do SIBGRAPI 2001, Florianópolis, SC., 91 a 98
9. Johnston, J. D. e McCaffrey, K. J. W.; "Fractal Geometries of Vein System and the Variation of Scaling Relationships with Mechanism" ; Journal of Structural Geology, (1996), 18 (2/3) 349-358
10. Teixeira da Silva, C.M.; Fonseca. M.A. e Da Costa, A.R.; "Geometria Fractal dos Veios de Quartzo da Serra de Ouro Preto, Flanco Sudeste do Anticlinal de Mariana, Quadrilátero Ferrífero /MG" Revista Brasileira de Geociências, 2001, 31 (3), 247-256
11. Hippertt, J. F. e Massucatto, A. J.;"Phyllonitization and Development of Kilometer – size Extension Gashes in a Continental – scale Strike – slip Shear Zone, North Goiás, Central Brazil" ; Journal of Structural Geology, 1998, 20(4), 433-445.
12. Souza Cruz, T.G. "Leis de Escala e Dimensão Fractal em Filmes Finos: Microscopia de Força Atômica e Voltametria Cíclica", Revista Physicae 1, (2000) 29-36
13. Osaka, M.; "Local Box – Counting to Determine Fractal Dimension of High – Order Chaos"; International Journal of Modern Physics C.; 2000, 11, (8) 1519- 1526
14. Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais e Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, 2003. catalogo#cetem.gov.br e abirochas@secret.com.br
15. Nezadal, M. e Zmeskal, O. "Harmonic and Fractal Image Analyser – HarFa, Version 4.9.3", Institute of Physic and Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic, 2000.
16. Nezadal, M. Zmeskal, O. e Buchniecek.M.; "The Box – Counting: Critical Study", Institute of Physic and Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Brno University of Technology, Brno, Czech Republic, 2001.

CRONOESTRATIGRAFIA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS: INFORMAÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS DA GEOLOGIA NO MARKETING E COMERCIALIZAÇÃO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Luiz Antonio Chieregati¹, Simone da Silva² e André Gianotti Stern³

¹Geólogo – CPRM - SUREG/SP

²Graduanda de geologia - IG/USP

³Geólogo - Alpina Ambiental – SP

¹SUREG/SP – R. Costa, 55 – Cerqueira César – CEP 01.304-000 – São Paulo – SP
Fone: (11)3258-4744 / Fax: (11) 3256-8430

RESUMO

O conhecimento de fundamentos da geologia e de disciplinas relacionadas, como a petrologia e a mineralogia podem ser de utilidade na propaganda e comércio das rochas ornamentais. As informações devem ser, ao mesmo tempo, completas e concisas a fim de serem assimiladas por trabalhadores simples ou pessoas alheias ao cotidiano da geologia. Neste trabalho são comentadas algumas iniciativas no sentido da organização de informações geológicas junto a uma empresa marmorista de São Paulo, que resultaram na elaboração de uma Tabela Cronostratigráfica das Rochas Ornamentais, aqui apresentada como instrumento de divulgação da geologia e marketing das rochas ornamentais.

INTRODUÇÃO

O atual momento vivido pelo comércio mundial, onde a disputa por novos clientes e parceiros comerciais, novos produtos e novos mercados é cada vez mais acirrada, demonstra ser fundamental o domínio de um conhecimento mínimo e bem estruturado sobre a matéria e o objeto de nosso trabalho. De um lado, os crescentes aumentos nos custos de produção, divulgação e comercialização dos produtos, pressionado pela necessidade de obtenção de certificados de procedimento padrão e, de outro lado, o grande volume de informação hoje disponibilizado através dos meios eletrônicos, tornando o consumidor mais exigente acerca do serviço a ser contratado ou produto a ser adquirido, têm levado empresários e profissionais de *marketing* a buscar e repassar informações mais consistentes, em suas estratégias de conquista de novos nichos de mercado.

O setor de Rochas Ornamentais no Brasil é um dos que mais vem crescendo nesse sentido. Na área comercial, além dos esforços institucionais e empresariais para difundir o conhecimento e implementar o uso das rochas ornamentais, deve-se destacar o esforço dos profissionais liberais, notadamente, geólogos, arquitetos e tecnólogos que, através da promoção de palestras e organização de cursos de curta duração, têm possibilitado o acesso de um maior número de trabalhadores do setor de mármore e granitos, a informações técnicas mais elaboradas.

Em recente experiência junto a uma empresa paulista do setor marmorista, o interesse demonstrado por vendedores, desenhistas e demais funcionários da empresa por noções e conhecimentos básicos de geologia e mineralogia levou-nos a preparar uma coluna cronoestratigráfica das rochas ornamentais, contemplando os diferentes tipos de materiais trabalhados na empresa. O trabalho, apresentado em forma de Tabela, ao mesmo tempo em que informa os trabalhadores de marmorarias, vendedores e clientes sobre as características das rochas, pode ser utilizado como instrumento de propaganda e *marketing* da empresa na divulgação de seus produtos.

Carta Cronostratigráfica das Rochas Ornamentais

A idéia de confeccionar uma coluna estratigráfica das rochas ornamentais, em si, não é nova, tendo sido já esboçada em trabalhos recentes por diversos autores (Azevedo 2000; Mendes 2002). A reorganização dessas informações nos moldes de uma Tabela de Tempo Geológico (Haq & Eysinga, 1998) associada a dados técnicos das rochas, informações da geologia histórica e outras de percepção mais simples, imprime ao produto uma dimensão mais localizada, permitindo seu uso no marketing pelas empresas do setor.

A base da Carta (Fig.1) é a *Stratigraphic Time Chart* do IUGS, simplificada, na qual procurou-se distribuir, de acordo com a idade conhecida, os principais tipos de granitos e mármore produzidos no Brasil. Pedras de procedência estrangeira foram consideradas na medida das informações disponíveis. Na coluna referente ao tipo de rocha procurou-se dar uma informação mais ampla do que específica, destacando-se em negrito o nome da família ou grupo a que a rocha pertence. Uma coluna com os principais eventos paleontológicos, tectônicos e metalogenéticos posiciona o leitor no espaço-tempo geológico.

As idades e demais informações sobre as rochas foram retiradas dos catálogos estaduais de rochas ornamentais, enquanto que as idades dos jazimentos minerais foram retiradas de Biondi (1999).

No que se refere às características físicas dos materiais assinalados, uma tentativa de tratamento conjunto das informações disponíveis é apresentada na Figura 2. Nos dois gráficos exibidos

procurou-se retratar a amplitude ou tendências de variação de determinada característica física (no caso, porosidade aparente e absorção de água) para diferentes grupos de rochas. Para obter a noção de campo ao invés de amplitude linear, distribuímos artificialmente as amostras no eixo das abscissas. O número de amostras utilizadas (oito para cada grupo) foi definido pelo menor número de ensaios disponíveis em determinado grupo, no caso o dos sienitos. A confecção de gráficos nessa natureza para as demais propriedades e características das rochas ornamentais pode constituir uma importante forma de divulgação de novos produtos, com base em informações tecnológicas reconhecidas.

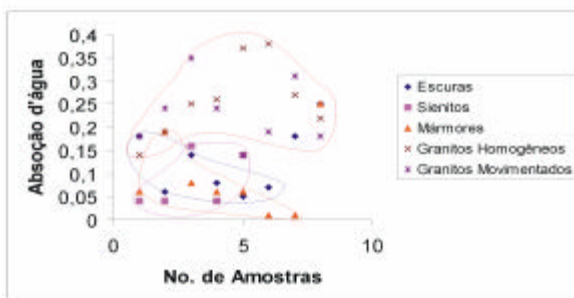
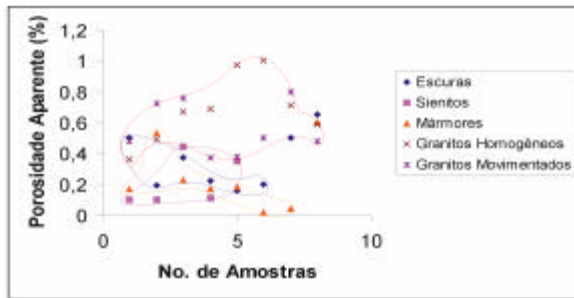


Figura 2 – Amplitude de Variação dos índices de Porosidade Aparente e Absorção d'Água para diferentes grupos de rochas. Granitos homogêneos e movimentados são nitidamente mais porosos do que sienitos, mármore e granitos escuros. A utilização do número de amostras como variável (eixos das abscissas) é um artifício para ressaltar o número de pontos utilizados.

Mapas geológicos dirigidos e glossário de termos geológicos

Observa-se com bastante frequência que o geólogo dificilmente abandona o jargão científico no trato dos temas de sua especialidade, fato que muitas vezes torna seu trabalho pouco atrativo aos profissionais de outras áreas. Isso é especialmente válido ao se consultar uma carta geológica, documento básico que norteia todo trabalho prospectivo. A utilização de termos petrográficos específicos, a repetitividade das situações tectono-estruturais e litológicas em unidades que só se distinguem pela presença ou ausência de um mineral índice e a própria dificuldade de extração da informação de interesse, embutida numa

apresentação em contexto regionalizado levam muitas vezes o interessado a abandonar esse tipo de consulta. Nesse sentido, a confecção de cartas geológicas dirigidas e a elaboração de um glossário de termos geológicos, mineralógicos, petrográficos e outros, relacionados às rochas ornamentais constituem importantes linhas de ações, visando um melhor aproveitamento do conhecimento geológico e das oportunidades minerais.

City Tour de Rochas Ornamentais

A utilização de rochas em diferentes tipos de construções é um fato notório na maioria das civilizações. Desde os tempos mais remotos as rochas são usadas na construção de fortalezas, templos, casas e edifícios públicos, o que torna as ruínas e construções históricas em preciosas fontes de informações sobre o passado tecnológico social e econômico desses povos. Nesse sentido, a rocha passa a ser um testemunho não só da evolução natural da Terra, mas também um importante registro das culturas que precederam a nossa.

COLUNA GEO-HISTÓRICA E GEOCRONOLÓGICA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

EON	ERA	PERÍODO	EVENTOS PALEONTOLÓGICOS, GEOLÓGICOS E METALOGENÉTICOS	NOME COMERCIAL / PROCEDÊNCIA	GRUPO / CARACTERÍSTICAS	IDADE Ma.
FANEROZÓICO	CENOZÓICO	Quaternário	Humanos (<i>Homo erectus</i> / <i>Homo sapiens</i>) Glaciações Depósitos de turfa / areias de várzea Pláceres auríferos e diamantíferos	Bege Bahia (BA) Dark Port. Travertine (Portugal)	Brecha carbonática Travertino	1,75
		Neogeno	Proliferação dos Primatas Soerguimento dos Andes, Alpes e Himalaia Dep. caulim dos rios Jarí e Capim (PA) Depósitos de Bauxita (Bras; Jam; Austrália) Petróleo do Oriente Médio	Mármore da orla mediterrânea (Itália, Grécia, Turquia) Verde Imperial / Thynos (GR)	Mármore / Calcários Serpentinito (ofiolito)	23,5 65
		Paleogeno				
	MESOZÓICO	Cretáceo	Plantas c/ Flores; Mamíferos placentários Extinção dos Dinossauros Peixes fósseis da Chapada do Araripe Vulcanismo básico e alcalino (Sul do Br) Diamante do oeste de MG; Nióbio de Araxá Ágata / Ametista / Citrino (RS)	Bege San Marino (CE) Verde Tunas / Cinza Mar (PR) Cinza-Azul Guanabara (RJ) Áz de Paus (RJ) Café Imperial / Marrom Caldas (MG) Pedras p/ mosaico Preto (SP)	Calcário Sienito verde Sienito c/ sodalita Sienito c/ nefelina Sienito / Fenito Diabásio / Basalto	135
		Jurássico	Primeiros Pássaros Ruptura do Gondwana Início da abertura do Atlântico Sul Grandes Desertos / Sedimentação eólica	Lioz Rosa / Dourado (Portugal) Azul Valverde (Portugal) Pedras p/ mosaico: Vermelho, Amarelo, Verde (SP/RS/MG)	Calcário Calcário Arenito (Botucatu) silicificado	203
		Triássico	Primeiros Dinossauros e Mamíferos primitivos (s/ placenta; ovíparos) Sedimentação continental terrígena Troncos fósseis de Santa Maria (RS) Urânio de Figueira (PR)	Pedra para calçamento rústico (blocos) – (SP / PR / RS)	Arenitos, siltitos argilosos e argilitos	250

EON	ERA	PERÍODO	EVENTOS PALEONTOLÓGICOS, GEOLÓGICOS E METALOGENÉTICOS	NOME COMERCIAL / PROCEDÊNCIA	GRUPO / CARACTERÍSTICAS	IDADE Ma.
FANEROZÓICO	PALEOZÓICO	Permiano	Extinção dos Trilobitas Glaciação no Hemisfério Sul Calcários Dolomíticos (SP) Folhelhos oleígenos de São Mateus (PR)	Pedras p/ mosaico: Branco e Creme (SP) Varvito (c/ mesossaurus) (SP) e Blocos p/ calçamento (PR)	Calcário dolomítico (r. sedimentar) Siltito e argilito	295
		Carbonífero	Primeiros Répteis Grandes Árvores Primitivas Depósitos glaciais Carvões (RS/SC/PR/SP)	Grés de Ipanema (SP) Lousa de Valongo (Portugal)	Arenito caulínico fino Xisto	355
		Devoniano	Primeiros Anfíbios Urânio de Amornópolis (GO)	Arenito de Furnas (SP; PR)	Arenito caulínico médio a grosso	410
		Siluriano	Primeiras Plantas Terrestres	Creme Mouro, Creme Venedo, Creme Pardais e Rosa Aurora (Portugal)	Mármore	435
		Ordoviciano	Primeiros Peixes Gondwana separa-se de Avalônia (Am.N) Turmalinas de Galiléia (MG) Esmeraldas de Santa Terezinha (GO)	Cristal Azul (Portugal) Verde Viana Cristal (Portugal)	Granito Mármore	500
		Cambriano	Primeiras Conchas Vulcanismo ácido Águas Marinhas de Itambé (BA) Esmeraldas de Itabira (MG) Brechas e Conglomerados	Estremoz Rosa (Portugal) Pedra de Miracema (RJ) Granitos Cerro Azul / Rosa Curitiba / Mel Paraná (PR) Granito Azul Ribeira (SP)	Mármore Gnaise milonítico Granitos homogêneos (equigranulares)	540

EON	ERA	PERÍODO	EVENTOS PALEONTOLÓGICOS GEOLÓGICOS E METALOGENÉTICOS	NOME COMERCIAL / PROCEDÊNCIA / TIPO	GRUPO / CARACTERÍSTICAS	IDADE Ma.
PRÉ-CAMBRIANO	PROTEROZÓICO	Proterozóico Superior ou Neo-Proterozóico	Mais antigos calcários algais Wolframita (SC) e Scheelita (RN) Topázio de Ouro Preto (MG) Talco de Itaiacoca (PR) Ferro e Manganês de Urucum (MS)	Mármore da série Marfim e Verde (Sete Lagoas - MG) Mármore Rosa Patamuté (BA) Azul Bahia (BA) Roxo Gaúcho (RS) Verde Labrador / Vitória (ES) Branco Cotton / Polar (CE) Ipê Amarelo / Marrom São Paulo Ouro Novo / Verm. Capão (SP) Preto Bragança / Piracaia (SP) Preto Tijuca (RJ) Preto S. Gabriel (ES) Mármore Branco do Vale (SP) Branco / Rosa Paraná (PR)	Calcários (pouco metamorfizados) Mármore Sodalita Sienito Sienito Charnockitos Granitos homogêneos (equigranulares médios a grossos; cores variadas) Granitos escuros (Dioritos / Monzonitos) Mármoes dolomíticos (metacalcários)	540 1000
		Proterozóico Médio ou Meso-Proterozóico	Topázio de Massangana (RO) Barita de Ibitiara (BA) Zinco e Chumbo de Vazante (MG) Chumbo e Prata do Vale do Ribeira (SP-PR) Estanho, Wolfrâmio, Nióbio e Tântalo (RO)	Marmores de Italva (RJ) e Cachoeiro do Itapemirim (ES) Arenito Rosa Bahia (BA) Verde Marinace (BA) Granito Amêndoa Imperial (SP) Granito Brown Jacarandá (SP) Granito Marrom Imperial (PE) Azul Macaúbas (BA) Pedra Mineira / Pedra Goiana	Mármore s (médio a alto grau metamórfico) Arenito silicificado Metaconglomerado Granito heterogêneo Gnaiss e / migmatito Sienito / Rapakivi Quartzito c/ dumortierita Quartzitos c/ mica	1600

EON	ERA	PERÍODO	EVENTOS PALEONTOLÓGICOS GEOLÓGICOS E METALOGENÉTICOS	NOME COMERCIAL / PROCEDÊNCIA / TIPO	GRUPO / CARACTERÍSTICAS	IDADE Ma.
PRÉ-CAMBRIANO	PROTEROZOÍCO	Proterozóico Inferior ou Paleo-Proterozóico	<p>Primeiros Organismos Multicelulares</p> <p>Depósitos de Ouro de Tapajós (PA-AM)</p> <p>Esmeraldas de Carnaíba (BA)</p> <p>Titânio, Vanádio e Ferro de Campo Alegre de Lourdes (BA)</p> <p>Urânio e Fósforo de Itataia (CE)</p>	<p>Mármore da série Aurora, Ouro Preto (MG)</p> <p>Granito Café Bahia (BA)</p> <p>Granito Coliseum Gold (CE)</p> <p>Granitos Mogno Bahia / Kinawa (BA)</p> <p>Granito Rosa Iguaçu (PR)</p> <p>Amarelo Veneziano (ES)</p> <p>Verde Candeias (MG)</p> <p>Mármore Branco Campos do Jordão (SP)</p> <p>Mármore coloridos de Pio IX (PI)</p>	<p>Mármore (Fm. Gandarela)</p> <p>Sienito</p> <p>Migmatitos (granitos movimentados)</p> <p>Gnaiss Granito gnaissico Gnaiss charnockítico</p> <p>Mármore</p>	2500
	ARQUEANO		<p>Primeiros Organismos Unicelulares</p> <p>Grandes Cinturões de Rochas Verdes (Greenstone Belts)</p> <p>Urânio e Ouro da Serra da Moeda (MG)</p> <p>Ouro de Serra Pelada (PA)</p> <p>Cobre de Caraíba e Surubim (BA)</p> <p>Ferro e Manganês do Quadrilátero Ferrífero (MG) e de Carajás (PA)</p>	<p>Granito Jacarandá (BA)</p> <p>Granito Branco Tropical / Aurora Tropical (CE)</p> <p>Granito Colonial Brown (BA)</p> <p>Granitos Macarena / Nero Tiger / Fantasia / Monte Santo /Tigrado (BA)</p> <p>Pedra Sabão – Ouro Preto (MG)</p>	<p>Gnaiss migmatítico</p> <p>Monzodiorito</p> <p>Migmatitos com estruturas diversas (granitos movimentados)</p> <p>Esteatitos</p>	?

Um roteiro geológico de rochas ornamentais, incluindo a visita a monumentos e prédios públicos da cidade de São Paulo (Stern, 2001) permitiu traçar uma relação dos principais tipos de rochas utilizados nas construções em função do período histórico, econômico e social da cidade. Constatou-se, entre outras curiosidades geológicas, a utilização de calcários fossilíferos (coquinas) com fósseis bem preservados (Biblioteca Mario de Andrade), do arenito de Iperó na construção do Teatro Municipal (1911) e do granito cinza de Itaquera no Mosteiro de São Bento (1907), o último exemplo constituindo raridade em termos de informação de uma rocha não mais aflorante na cidade.

CONCLUSÕES

Historicamente os geólogos mantiveram um certo distanciamento das demais áreas técnicas e de aplicação, acarretando uma baixa inserção de seu conhecimento no meio social. A expansão do mercado de geologia para áreas mais amplas de relacionamento comercial, incluindo o das rochas ornamentais, torna necessário o uso de um vocabulário mais acessível ao público, além de mecanismos e ações no sentido de divulgar a importância prática do conhecimento geológico, além das possibilidades econômicas e dos valores estéticos, históricos e culturais ligados às rochas ornamentais.

BIBLIOGRAFIA

- Azevedo, H.C.A., 2002 -*Rochas Ornamentais da Bahia - Brasil*. Salvador, CBPM. CD-ROM
- Biondi, J.C., 1999 -Distribuição no tempo geológico dos principais depósitos minerais brasileiros: 1. Cadastro dos modelos genéticos e idades dos depósitos. *Rev. Bras. Geoci.*, 29(4):505-516.
- Haq, B.B.U. & Eysinga, F.W.B.V.,1998 -*Geological Time Table*. Amsterdam, Elsevier
- Mendes, V. A., 2003 – Relação entre os eventos geológicos e a formação dos jazimentos de rochas ornamentais. *Rochas de Qualidade*. Ano XXXVI, Ed. 169 pp.162-177.
- Stern, A. G., 2001 – *Roteiro geológico pelos monumentos e edifícios históricos da cidade de São Paulo*. São Paulo, IG-USP, 35p. [Monografia de Trabalho de Formatura].

ESTRUTURAS COMO CONDICIONANTES NAS DIMENSÕES DAS PLACAS EXPLOTADAS DOS QUARTZITOS NO CENTRO PRODUTOR DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG)

Tania Maria Gomes Fernandes¹, Nedson Humberto Fernandes² e Antônio Misson Godoy³

^{1,2}Departamento de Geologia/CC/UFC, Câmpus do Pici – Fortaleza (CE)
Fone: (0XX)85 – 288 – 9867
e-mail: taniamgf@bol.com.br
e-mail: nedsonhf@bol.com.br

³Departamento de Petrologia e Metalogenia/IGCE/UNESP
Av. 24 – A, 1515, Bela Vista – Rio Claro (SP)
Fone (0XX)19 – 526 – 2809
e-mail: mgodoy@rc.unesp.br

RESUMO

O Centro Produtor de São Thomé das Letras representa o principal explorador de quartzitos utilizados como rocha ornamental no estado de Minas Gerais (MG). Nas lavras dos municípios de São Thomé das Letras e Luminárias, as dimensões das placas exploradas estão diretamente relacionadas às estruturas mapeadas. Em São Thomé das Letras (Serra da Boa Vista) a foliação apresenta direção predominantemente NE - SW (N30°E a N40°E) e mergulhos baixos (entre 10 e 20°) para NW (290 a 310°), enquanto que na Região de Luminárias (Serra Grande), a foliação apresenta direção predominantemente NNW - SSE (N05°W a S05°E) e mergulhos muito suaves (entre 03 e 05°) para SW (260 a 265°). Os planos de fraturas possuem espaçamentos variáveis e heterogêneos centimétricos a métricos entre as diversas famílias. Em São Thomé das Letras as direções das famílias são N00°E a N10°E; N00°W a N10°W; S20°W a S10°W e N30°W a N40°W respectivamente, enquanto que para Luminárias, as principais direções são N80°W a N90°W; N70°W a N80°W; N20°E a N30°E; N50°W a N40°W e N90°E a N80°E respectivamente. As dimensões das placas obtidas em cortes manuais em São Thomé das Letras são de 60 x 60 cm; 50 x 50 cm; 40 x 40 cm; 30 x 30 cm; 50x 25 cm; 60 x 30 cm e 20 x 40 cm com espessuras médias de 1 a 3 cm, enquanto que para a região de Luminárias, as dimensões são de 60 x 60 cm; 50 x 50 cm; 40 x 40 cm; 60 x 40 cm; 60 x 30 cm; 50 x 25 cm e 40 x 20 cm também com espessuras médias de 1 a 3 cm. Nas áreas onde o espaçamento entre as fraturas é menor, maior quantidade de rejeito é gerado, proporcionando uma taxa de recuperação da lavra em torno de 15 a 20 % de todo material explorado.

INTRODUÇÃO

As atividades de extração de quartzitos no estado de Minas Gerais estão inseridas em quatro centros produtores. São Thomé das Letras, Ouro Preto, Alpinópolis e Diamantina. O de São Thomé das Letras, o principal produtor do estado, está limitado geograficamente pelos municípios de São Thomé das Letras, Três Corações, São Bento Abade, Luminárias, Carrancas, Mindourí, Cruzília, Baependí e Conceição do Rio Verde (**Figura 01**). Esses quartzitos situam-se na Faixa Alto Rio Grande (**ALMEIDA & HASUI 1984**), a qual é representada por um pacote de rochas

supracrustais denominado de Grupo Andrelândia com idade atribuída ao Mesoproterozóico - Neoproterozóico.

As estruturas planares de escala regional e local impressas nos pacotes de quartzitos afetam sistematicamente o tipo de produto explorado e utilizado como ornamentação, bem como, significativas quantidades de rejeitos ocasionando grande impacto ambiental. O objetivo principal do trabalho é a caracterização das estruturas impressas nos pacotes de quartzitos em São Thomé das Letras e Luminárias como controlador nas dimensões do material explorado nas pedreiras.

GEOLOGIA REGIONAL

Inicialmente, devido a sua complexidade litológica **EBERT (1956a)** denominou o conjunto litológico de Série, e, posteriormente, Grupo Andrelândia (**EBERT 1967**). Vários trabalhos de cunho regional foram desenvolvidos na Bacia Andrelândia, dentre os quais, podemos destacar **FONSECA et al. (1979)**; **MACHADO FILHO et al. (1983)**; **TROW et al. (1983; 1984 e 1986)**; **ANDREIS et al. (1987)**; **RIBEIRO et al. (1990)**; **ALMEIDA (1992)** e **PACIULO (1997)**.

A evolução desta bacia foi estudada em detalhe por **PACIULLO et al. (1993)**; **RIBEIRO et al. (1995)**; **PACIULLO (1997)**. Os metassedimentos da Bacia Andrelândia podem chegar até cerca de 1.500 m de espessura. A associação de litofácies basal é composta por uma sucessão de paragneisses com intercalações de anfíbolitos, interpretados como representante de depósitos continentais relacionados com o estágio inicial de rifteamento (**Unidade 01, Figura 02**). Estes depósitos são sobrepostos por uma sucessão de paragneisses e intercalações de quartzitos interpretados como representantes de estágios de para-seqüências retrogradacionais (**Unidade 02, Figura 02**).

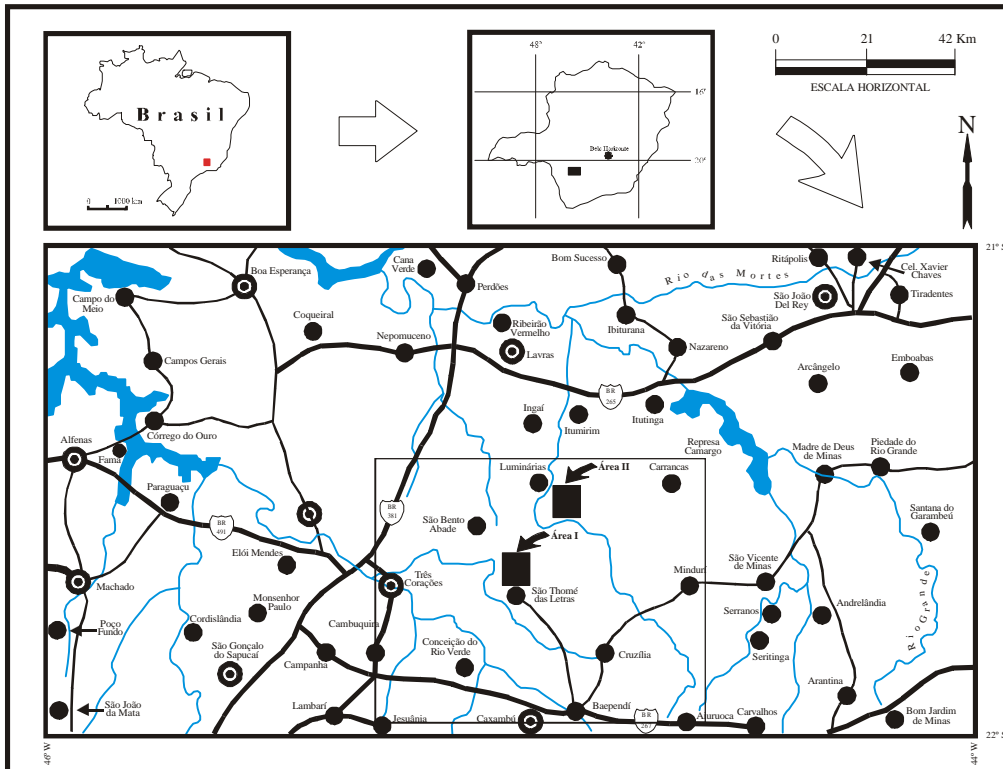


Figura 01: Mapa de localização das áreas estudadas no Centro Produtor de São Thomé das Letras, no sudoeste do Estado de Minas Gerais.

	Associações de Litofácies/Unidades	Páleo-Ambiente Interpretado	Estágios Evolutivos da Bacia
	(6) Biotita xistos/gnaisses, com intercalações de rochas cálcio-silicáticas e anfíbolitos (5) Biotita xistos, escassos diamictitos e conglomerados	Marinho Profundo (Offshore), Deltas Submarinos e Planícies de Bacias	Fase de Margem Continental Intraplaca
	(4) Metapelitos esverdeados (filitos/xistos) com quartzitos subordinados	Marinho Raso (Shoreface) A Marinho Profundo (Offshore)	
	(3) Quartzitos com mica verde, xistos e conglomerados subordinados	Marinho Raso (Shoreface)	
(2) Paragnaisses com intercalações de quartzitos, xistos e anfíbolitos	Misturado Planície Costeira Magmatismo Toleítico (enriquecido - Tipo MORB)	Fase Proto-Oceânica	
(1) Paragnaisses com intercalações de anfíbolitos	Continental Planície Costeira (Sistema de Rios Entrelaçados com Areias Feldspáticas) Magmatismo Toleítico (Basaltos Continentais)	Fase Rift ?	
Nível do Mar A - Alto B - Baixo	Embasamento Cristalino		

Figura 02: Sequências deposicionais e associações de litofácies da Bacia Andrelândia. Modificado: Paciullo & Ribeiro (1997).

A para-seqüência foi produzida por um retrabalhamento parcial dos depósitos sotopostos durante as oscilações do nível do mar associado com uma superficial mais presente transgressão marinha rasa. Esta segunda unidade grada para o topo para uma sucessão plataformar quartzítica (**Unidade 03, Figura 02**).

Um contato brusco no topo desta unidade quartzítica separa a mesma de uma sucessão de camadas metapelíticas cinzas (**Unidade 04, Figura 02**), que representa uma rápida ascensão relativa do nível do mar. Para o norte, essas camadas de pelitos parcialmente cobrem áreas do embasamento e também sucessões da Bacia Carandaí, enquanto para o sudoeste, elas gradam para associações de litofácies profundas (**Unidade 06, Figura 02**).

Embora camadas de pelitos continuassem a se depositar em partes profundas da bacia, finíssimos níveis de turbiditos e pelitos foram depositados em áreas desenvolvidas próximas a borda da plataforma. Eles são representados por biotita xistos com escassos conglomerados e intercalações de fluxos de colapso, contendo clastos de rochas do embasamento (**Unidade 05, Figura 02**). Para o topo, esta sucessão é seguida por depósitos sucessivos de pelitos (topo da Unidade 05) que cavalga o embasamento e sedimentos mais antigos da Bacia Andrelândia. Os turbiditos e depósitos associados registram um período de descida possivelmente relacionado com a *Glaciação Riphean*, enquanto que as camadas de pelitos sobrepostas representam um período de ascensão provavelmente produzido pelo aumento do nível do mar glácio-eustático.

A sexta unidade é composta de biotita xisto, gnaiss (incluindo granulitos de alta pressão) com silicatos cálcicos, *cherts* manganésíferos e intercalações de anfibolitos (**Unidade 06, Figura 02**). Esta unidade representa a deposição contínua sobre o talude e áreas do assoalho oceânico, durante a evolução inteira da Bacia Andrelândia.

GEOLOGIA LOCAL

No município de São Thomé das Letras (MG) as rochas quartzíticas constituem as cristas das principais serras da região com direção predominantemente **NE - SW**. Seus mergulhos suaves a subhorizontais exibem feições geomorfológicas de mesas e *cuestas*, com escarpas íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas. Nas encostas suaves das serras se instalam as frentes de lavras para exploração dos quartzitos como pedra ornamental. Esses quartzitos são de coloração predominantemente esbranquiçada, amarelada e rosada, designados comercialmente de Pedra São Thomé Branco, Amarelo e Róseo. Petrograficamente, os tipos Branco, Amarelo e Róseo, apresentam características semelhantes. As variações nos tons claros das cores ocorrem ao longo das frentes de lavras inviabilizando uma padronização de um único tipo. A passagem de um nível para outro é marcada por contato brusco, onde se observam níveis irregulares e descontínuos que se intercalam apresentando espessuras que variam de centimétrica a métrica. Exibem uma composição

predominantemente quartzosa que se alterna com delgados níveis enriquecidos em muscovita, responsáveis pela partição das placas.

Os quartzitos da região de Luminárias também afloram em porções de relevo elevado, constituindo as cristas das serras na região. Geomorfologicamente exibem também feições de mesas e *cuestas* com escarpas (*front*) íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas (reverso da *cuеста*). Apresentam colorações predominantemente esverdeadas evidenciadas pela grande proporção de muscovita (entre 15 e 30 %) na sua composição. São designados comercialmente como pedras Carrancas (textura grossa), Luminárias (textura fina) e Carranquinha (textura muito fina).

Apresentam granulação média (Quartzito Carrancas), fina (Quartzito Luminárias) e muito fina (Quartzito Carranquinha). Essa variação granulométrica nas variedades de quartzitos da região de Luminárias possivelmente está condicionada a zonas de maior e menor deformação, bem como de diferentes níveis composicionais na época da sedimentação. Os contatos são bruscos ocorrendo verticalmente dentro de todo o maciço rochoso.

ASPECTOS ESTRUTURAIS DAS LAVRAS DE QUARTZITOS

Na etapa da lavra dos quartzitos no Centro Produtor de São Thomé das Letras, observa-se o aparecimento de trincas e fissuras com espaçamentos e direções variadas, causadas pelas detonações com explosivos, resultando em perdas na extração. Os planos das trincas e fissuras são na verdade fraturas ativadas após as detonações ocasionando uma baixa recuperação dos materiais explotados. Em geral os corpos rochosos são marcados por uma foliação metamórfica com baixo mergulho paralelizado a subparalelizado a um possível acamamento sedimentar S_0 . (**Fotografia 01**) Essa foliação encontra-se eventualmente dobrada isoclinamente (**Fotografia 02**) com repetição de camadas e cortada por várias gerações de fraturas com direções distintas e com espaçamentos heterogêneos.

FOLIAÇÃO

Os quartzitos na região de São Thomé das Letras apresentam planos de foliação bem desenvolvidos de direção **NE - SW** (N30°E a N40°E) e mergulhos baixos (entre 10 e 20°) para **NW** (290 a 310°). Esses planos são condicionados por minerais micáceos, resultando na ocorrência de planos preferenciais de partição, aproveitados para a abertura de chapas e desacoplamento direto no corpo rochoso (**Fotografia 03**).



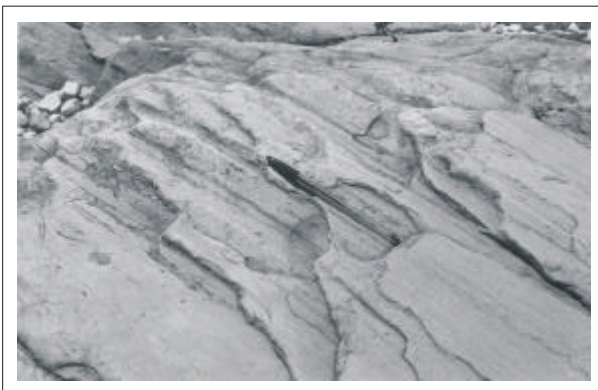
Fotografia 01: Alternância de níveis quartzosos e micáceos caracterizando um bandamento metamórfico paralelizado a um possível acamamento sedimentar S_0 .



Fotografia 02: Dobras isoclinais recumbentes apertadas com repetição das camadas de quartzitos.



Fotografia 03: Planos preferenciais de partição (foliação metamórfica paralelizada a uma possível estrutura primária S_0), aproveitados para o deslocamento dos quartzitos.



Fotografia 04: Lineação de estiramento de quartzo no plano da foliação metamórfica com caimento em torno de 20° para NW caracterizando um transporte tectônico de baixo ângulo de NW para SE .

A medida dos planos de foliação tomadas em São Thomé das Letras apresenta a seguinte atitude (N34°E) mergulhando 17° para **NW**, representando a média de todas as foliações (**Figura 3A**). Uma lineação de estiramento (Lx) de quartzo encontra-se bem marcada no plano da foliação metamórfica (**Fotografia 04**). Essa lineação possui um caimento em torno de 20°, geralmente para **NW** (N56°W), caracterizando um transporte tectônico de baixo ângulo de **NW** para **SE**, colocando os quartzitos em contato com os gnaisses finos na região de São Thomé das Letras através de uma falha de empurrão.

Os quartzitos de Luminárias (Serra Grande) apresentam planos de foliação com direção geral **NNW - SSE** (N05°W a S05°E) e mergulhos muito suaves (entre 03 e 05°) para **SW** (260 a 265°). Esses planos também são condicionados por minerais micáceos, semelhantes aos encontrados em São Thomé das Letras, resultando na ocorrência de planos aproveitados para a abertura de chapas e desacoplamento direto do material no corpo rochoso. A foliação apresenta a seguinte atitude (N05°W) com mergulhos de 04° para **SW**, representando a média de todas as foliações medidas na área estudada (**Figura 3B**).

FRATURAS

As fraturas são observadas em toda a extensão da região de São Thomé das Letras e Luminárias, com espaçamentos variáveis e heterogêneos entre as famílias, desde centímetros (**Fotografia 05**) até metros (**Fotografia 06**). Nos locais onde os fraturamentos são intensos ocorre uma taxa de recuperação muito baixa, em torno de 20 a 15 % e, conseqüentemente uma maior quantidade de rejeito.

Com base nas medidas tomadas em campo para os planos de fraturas na região de São Thomé das Letras, foram identificadas no corpo rochoso quatro famílias principais de acordo com a sua direção. A primeira família possui direção preferencial variando entre N00°E a N10°E (**Figura 3C**), enquanto que a segunda família, está compreendida entre N00°W a N10°W (**Figura 3D**). Estas fraturas na verdade possuem direção similar as da primeira família, porém com sentidos de mergulhos distintos (**Fotografia 07**). A terceira família de fraturamento é ortogonal a primeira e à segunda (**Fotografia 08**), com direções compreendidas entre S20°W a S10°W (**Figura 3E**). A quarta família de fraturas está compreendida entre a primeira e terceira famílias, com direções entre N30°W e N40°W (**Figura 3F**).

Para a região de Luminárias foram identificadas cinco famílias principais de juntas de acordo com sua direção e sentido de mergulho. A primeira família possui direção preferencial variando entre N80°W a N90°W (**Figura 4A**), enquanto que a segunda família possui também direção preferencial variando entre N70°W a N80°W, porém com mergulhos contrários (**Figura 4B**). A terceira família de fraturamento é ortogonal a primeira e a segunda, com direção variando entre N20°E a N30°E (**Figura 4C**). A quarta e quinta família de fraturas faz um ângulo agudo entre as três primeiras famílias acima

citadas. A quarta família possui direção preferencial N50°W a N40°W (**Figura 4D**), enquanto que a quinta possui direção variando entre N90°E a N80°E (**Figura 4E**).

DIMENSÕES DAS PLACAS EXPLOTADAS

As dimensões das placas explotadas no Centro Produtor de São Thomé das Letras, estão diretamente relacionadas às estruturas mapeadas no corpo rochoso, principalmente, aos planos de foliação metamórfica e de fraturamento. A foliação metamórfica condicionada por minerais micáceos, determina a ocorrência de planos preferenciais de partição, aproveitados largamente para a abertura de chapas e desacoplamento direto do maciço rochoso, sendo portanto um condicionante importante nas espessuras das placas, que geralmente apresentam variação de 1 a 3 cm.

A foliação está relacionada diretamente com a composição desses quartzitos, pois o que provoca a partição das placas, são os níveis enriquecidos em muscovita. Nos locais do corpo rochoso onde afloram níveis de composição predominantemente quartzoso, não se desenvolvem esses planos de partição, e conseqüentemente grande parte do material não pode ser aproveitado na produção de placas, e às vezes, o pouco que se aproveita, gera placas com espessuras superiores à dos produtos convencionais comercializados.

O arranjo geométrico das fraturas e a incidência de fraturamento com espaçamento heterogêneo variando de centímetros a metros, aliado às técnicas impactantes de desmonte (uso de explosivos), são os principais fatores condicionantes da limitação da dimensão das placas. Nos locais explotados onde o fraturamento caracteriza-se pela presença de um espaçamento com dimensões métricas, são retiradas as placas e lajões dos principais produtos comercializados (**Tabela 01**). Nos locais onde predominam um espaçamento centimétrico combinado com o uso de explosivos, são gerados cacos que não são aproveitados comercialmente nas marmorarias da região, alimentando as pilhas de rejeitos que são elaboradas com 80 a 85 % de todo o material explotado.

CONCLUSÕES

O levantamento estrutural realizado nas duas áreas estudadas no Centro Produtor de São Thomé das Letras, identificou para a região de São Thomé quatro famílias de fraturas de acordo com a sua direção, enquanto que para a região de Luminárias foram identificadas cinco famílias. Em ambas as áreas os espaçamentos entre as fraturas são variáveis e heterogêneos, com larguras de centímetros a metros.

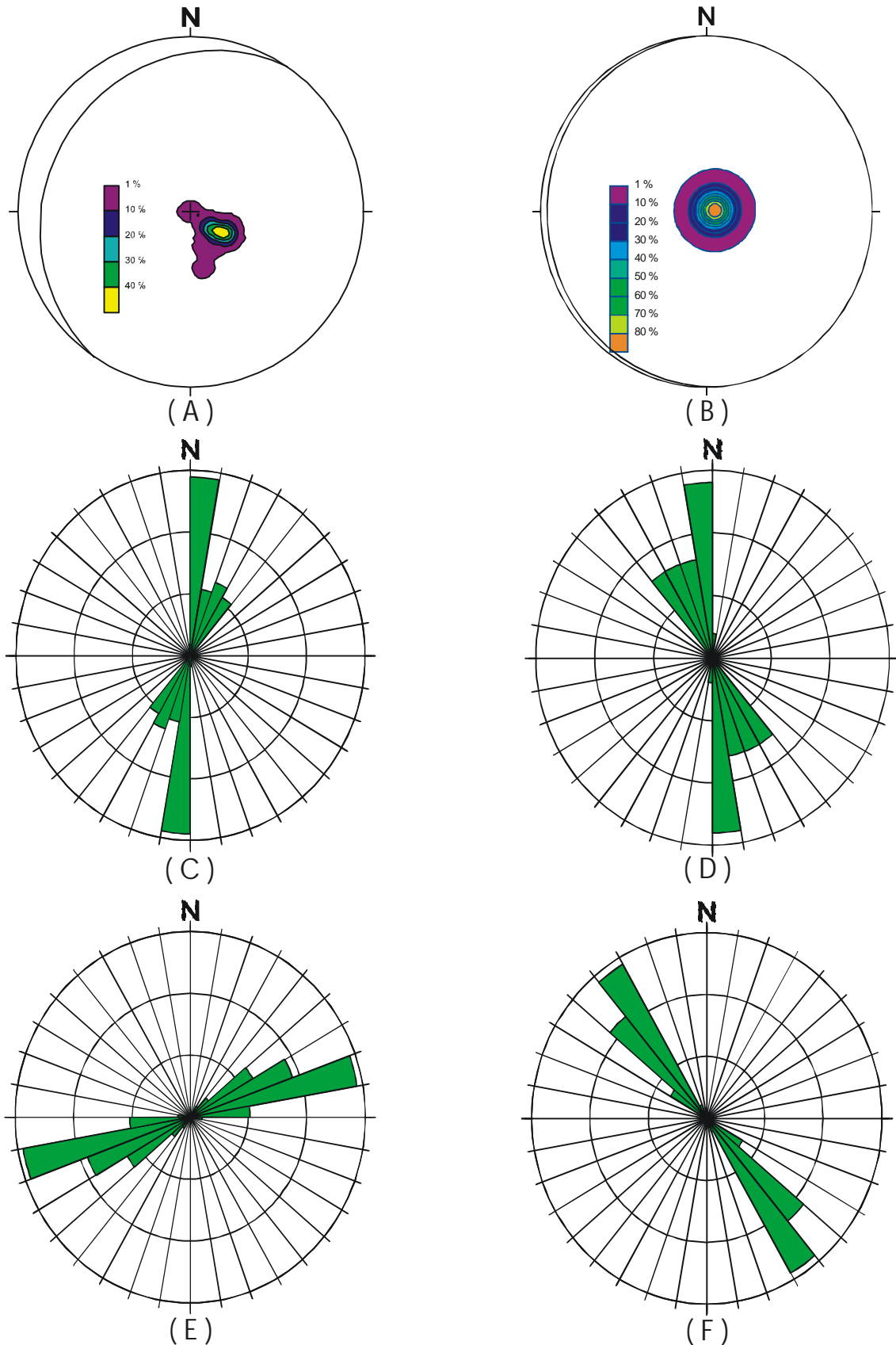


Figura 03: Diagramas de foliação e fraturas nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras. (A) Foliação na Região de São Thomé das Letras; (B) Foliação na Região de Luminárias; (C) Família de Fraturas 01; (D) Família de Fraturas 02; (E) Família de Fraturas 03 e; (F) Família de Fraturas 04. Todas as medidas de fraturas são da Região de São Thomé das Letras.

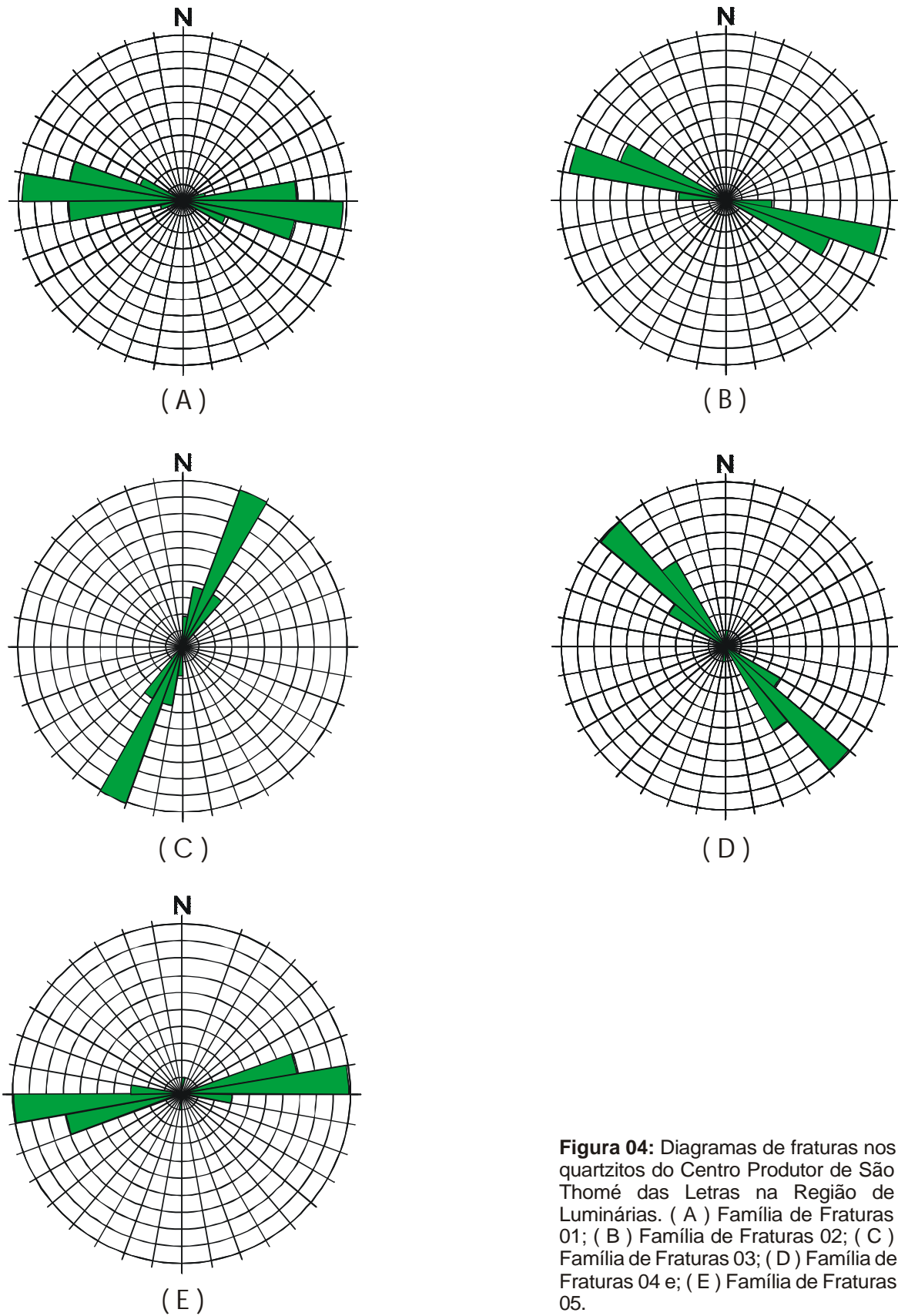


Figura 04: Diagramas de fraturas nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras na Região de Luminárias. (A) Família de Fraturas 01; (B) Família de Fraturas 02; (C) Família de Fraturas 03; (D) Família de Fraturas 04 e; (E) Família de Fraturas 05.



Fotografia 05: Padrão de fraturamento com espaçamento variável nas pedreiras de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras na região de São Thomé das Letras (MG).



Fotografia 06: Espaçamento métrico entre fraturas nas pedreiras de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras.



Fotografia 07: Famílias de fraturas 01 e 02 nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras na região de São Thomé das Letras (MG).



Fotografia 08: Família de fratura 03 nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras na região de São Thomé das Letras (MG).

Tabela 01: Dimensões das placas (cortes manuais e a diamante) condicionadas as estruturas nos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras (MG).

Tipos de Quartzitos	Dimensões das Placas			
	Corte	Manual	Corte	Diamante
	Quadradas	Retangulares	Quadradas	Retangulares
S. Thomé das Letras	60 x 60 cm	60 x 30 cm	57 x 57 cm	57 x 27 cm
	50 x 50 cm	50 x 25 cm	47 x 47 cm	47 x 22 cm
	40 x 40 cm	40 x 20 cm	37 x 37 cm	37 x 17 cm
	30 x 30 cm		27 x 27 cm	
Luminárias	60 x 60 cm	60 x 40 cm	57 x 57 cm	57 x 37 cm
	50 x 50 cm	60 x 30 cm	47 x 47 cm	57 x 28 cm
	40 x 40 cm	50 x 25 cm	37 x 37 cm	47 x 23 cm
		40 x 20 cm	30 x 30 cm	37 x 18 cm

No levantamento estrutural realizado observou-se que o dimensionamento das placas explotadas, assim como, a grande quantidade de rejeito gerado, está diretamente relacionada com as estruturas mapeadas no corpo rochoso. A quantidade de rejeito gerado é ocasionada tanto pela fragmentação causada pelo fraturamento, como também pelas técnicas impactantes de desmonte (uso de explosivo) e intercalções de níveis puramente quartzosos que não sofrem partição, não sendo portanto, aproveitados na produção de placas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela obtenção de uma bolsa de estudo em nível de doutorado (Processo nº 5032307/1999) para Tânia Maria Gomes Fernandes, e a empresa Sales Andrade Ltda., pelo apoio prestado durante os trabalhos de campo na cidade de São Thomé das Letras e na marmoraria na cidade de Três Corações, ambas no Estado de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. & HASUI, Y. - 1984 - O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Blücher Ltda, 338 p.

ALMEIDA, J. C. H. - 1992 - Mapeamento geológico da Folha Luminárias - MG (1:50.000), com ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do Ciclo Depositional Andrelândia. Dissertação de Mestrado, IGEO - UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), 102p.

ANDREIS, R. R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P. - 1987 - Observações preliminares em seqüências siliciclásticas da Formação Tiradentes (Grupo São João Del Rei) nas

áreas das Serras do Lenheiro e São José, MG. In: SIMP. GEOL. DE MINAS GERAIS, 4, Belo-Horizonte, 1987. Anais..., Belo-Horizonte, SBG, Bol. 7, p.214-225.

EBERT, H. - 1956a - Relatório sobre a atividade durante o ano de 1956. Tectônica do Pré-Cambriano (São João del Rei). In: Relatório Anual do Diretor ano 1955, DGM, Rio de Janeiro: p. 69-81.

EBERT, H. - 1967 - A estrutura pré-cambriana do Sudeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. Boletim Paranaense de Geociências, 26: 42-45.

FONSECA, M. J. G. - 1979 - Folhas Rio de Janeiro (SF-23), Vitória (SG-24) e Iguape (SG-23). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Brasília, DNPM, 240 p.

MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M. W.; GONZALES, S. R.; SCHENINI, C. A.; NETO, A. S.; PALMEIRA, R. C. B.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H. E. F. - 1983 - Geologia. IN: Brasil - DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF-23 Rio de Janeiro e SF-24 Vitória, Rio de Janeiro, RJ, (Levantamento de Recursos Naturais), vol.32, 773p.

PACIULLO, F. V. P. - 1997 - A Seqüência Depositional Andrelândia. Tese de Doutorado, IG - UFRJ, Rio de Janeiro (RJ). 245p.

PACIULLO, F. V. P.; RIBEIRO, A.; ANDREIS, R. R. - 1993 - Reconstrução de uma bacia fragmentada: o caso do Ciclo Depositional Andrelândia. In: SIMP. DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 2, Salvador, 1993. Anais..., Salvador, p.224-226.

- RIBEIRO, A.; ANDREIS, R. R.; TROW, R. A. J.; PACIULLO, F. V. P.; VALENÇA, J. G. - 1995 - Evolução das bacias proterozóicas e o termo - tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. REV. BRAS. DE GEOL., 25 (4):235-248.
- RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; ANDREIS, R. R.; TROW, R. A. J.; HEILBRON, M. - 1990 - Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton São Francisco: análise da região de São João Del Rei e Andrelândia, MG. In: CONGR. BRAS. GEOL., 36; Natal, 1990. Anais..., SBG, 6:2605-2614.
- TROW, R. A. J.; RIBEIRO, A. ; PACIULLO, F. V. P. - 1986 - Contribuição a geologia da Folha Barbacena - 1:250.000. In: CONGR. BRAS. GEOL., 34, Goiânia, 1986. Anais...,SBG, v.2, p. 974-984.
- TROW, R. A. J.; RIBEIRO, A. ; PACIULLO, F. V. P.; HEILBRON, M. - 1984 - Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia interpretados como continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais..., vol.2, p. 3227-3240.
- TROW, R. A. J.; RIBEIRO, A. ; PACIULLO, F. V. P. - 1983 - Geologia estrutural dos Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. Acad. Bras. Ciênc., 55 (1), p. 71-85.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-ECONÔMICO DO MÁRMORE BEGE BAHIA

Adalberto de F. Ribeiro¹ e Ana Cristina Franco Magalhães²

¹Geólogo, MSC, Coordenador de Mineração (COMIN) – Secretaria da Indústria Comércio e Mineração – Bahia. 4º Avenida – CAB – 41.745-000 – Salvador – BA. E-mail: aribeiro@scim.ba.gov.br.

²Economista, Assessora da Presidência. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM. E-mail: acfm@cbpm.com.br

RESUMO

No final do ano de 2002, foi elaborado o volume 17 da Série Arquivos Abertos, editado pela CBPM, que resume os resultados do *Projeto Técnico Investigação do Mármore Bege Bahia*, executado por essa empresa e coordenado por Ribeiro (2002). Sua execução foi decorrente de um Termo de Referência do *Plano Estratégico para o aproveitamento econômico sustentado do “mármore Bege Bahia” da região de Orolândia, Mirangaba e Jacobina*, aprovado por um conjunto de instituições vinculadas, direta ou indiretamente, à problemática do aproveitamento econômico desta rocha ornamental.

Por conseguinte, é objetivo deste trabalho trazer ao conhecimento e discutir os principais resultados obtidos pelos estudos técnicos efetuados nos campos geológicos e econômicos, de tal forma que a comunidade técnico-científica, possa analisar, sugerir e, eventualmente, participar dos desdobramentos subsequentes.

Assim, foi consolidado o entendimento de que, do ponto de vista estritamente geológico, o “mármore Bege Bahia” é uma rocha ornamental obtida a partir do aproveitamento de determinados níveis da formação Caatinga, como denominada por Branner, (1911, in Ribeiro 2002) e, neste caso, posicionada nas margens do alto-médio rio Salitre, na região centro-norte da Bahia.

Segundo os estudos realizados e incorporados ao Projeto Técnico acima referido, esse calcário apresenta-se, em geral, como uma rocha de coloração branco-rosada a cinza-esbranquiçada, freqüentemente em tons bege-amarelados. Há variações laterais e verticais para calcário fragmentário, maciço ou compacto, argiloso, pulverulento e, ainda, de aspecto brechóide. A espessura dominante varia entre 20 e 30 metros, todavia se conhece relato de até 80 metros, em outros locais. Petrograficamente, essa rocha calcária é caracterizada como um calcrete, isto é uma rocha formada pelo acúmulo de carbonato de cálcio em ambiente continental. No alto-médio vale do rio Salitre, o mecanismo de formação desse calcrete envolve mecanismos de dissolução e reprecipitação de rochas carbonáticas mais antigas, em condições climáticas apropriadas (Pereira, C. P, 2002 e Penha, A. E. P. P., 1994 in Ribeiro, A. de F., 2002).

Conseqüentemente, todos estes aspectos genéticos associados ao calcário Caatinga podem ser responsáveis por uma série de particularidades encontradas nas operações de lavra e beneficiamento

do “mármore Bege Bahia”, que ainda se constituem desafios tecnológicos para o desenvolvimento da lavra e do beneficiamento de forma mais eficiente e racional.

Não obstante estas peculiaridades, foram cadastradas na área do Projeto 29 pedreiras, das quais 20 se encontravam em atividade, e as restantes estavam paralisadas ou desativadas. Quanto às atividades de beneficiamento foram cadastradas 10 unidades. Toda esta atividade de lavra e beneficiamento resulta em uma produção estimada de 24.000 m³ de blocos e de 180.000 m² de placas e ladrilhos, em média, anualmente. O valor dessa produção foi estimado, em 2000, em cerca de US\$ 2,4 milhões.

Essas unidades de lavra e beneficiamento encontram-se estruturadas segundo um largo espectro tecnológico, desde operações rudimentares ou artesanais até aquelas equipadas com máquinas mais modernas, tais como: fios, catena e teares diamantados.

Este cenário produtivo em torno do “mármore Bege Bahia” enseja fortemente a possibilidade de estruturação de um arranjo produtivo de base regional o qual, foi assim enquadrado e selecionado pelo MCT/FINEP para aplicação de recursos através do *Projeto de Desenvolvimento Tecnológico Integrado do Bege Bahia*, que conta, ainda, com o apoio financeiro da FAPESB e da CBPM.

INTRODUÇÃO

Ao final da década de 90, os mineradores do mármore Bege Bahia, sob a liderança do Sindicato de Mármore e Granitos – Simagran -, e apoiados pela Agência do Sebrae de Jacobina, procuraram a Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração – SICM -, do Governo da Bahia, para auxiliá-los na solução de problemas relacionados a divergências quanto ao controle de direitos minerários. Por delegação do então gabinete da SICM, coube à Coordenação de Mineração – COMIN - da mesma Secretaria, realizar várias reuniões com os segmentos envolvidos, que culminaram com a aprovação, em 2000, do Termo de Referência para a elaboração do *Plano Estratégico para o aproveitamento econômico sustentado do “mármore Bege Bahia” da região de Orolândia, Mirangaba e Jacobina* (Ribeiro et al. 2000) o qual, foi executado pela Cia. Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM - mediante solicitação da SICM.

Então, a CBPM montou o Projeto de Investigação do Mármore Bege Bahia, que resultou em vários relatórios técnicos relativos à geologia local e regional, à lavra, ao diagnóstico econômico, à sustentabilidade ambiental e às diretrizes estratégicas, os quais foram agrupados e sintetizados no volume 17 da Série Arquivos Abertos – Mármore Bege Bahia em Ourolandia-Mirangaba-Jacobina, Bahia: geologia, potencialidade e desenvolvimento sustentável (Ribeiro, et. al., 2002).

Assim, considerando os resultados obtidos por aquele projeto e a síntese já publicada, constitui o objetivo principal do presente trabalho a divulgação e a discussão com a comunidade técnico-científica, especializada em rocha ornamental das suas principais conclusões, no tocante aos aspectos geológicos e econômicos.

LOCALIZAÇÃO, EXTENSÃO E POTENCIALIDADE DA ÁREA

A área investigada pelo Projeto localiza-se na porção Centro-Norte do Estado da Bahia, ao longo do alto-médio vale do rio Salitre, afluente da margem sul do médio rio São Francisco, envolvendo uma extensão da ordem de 5.200 km² (Figura 1).

No âmbito desta área investigada, delimitou-se uma área menor com cerca de 1.500 km², com formato de retângulo orientado segundo NNE, balizada ao centro pelo rio Salitre, a qual representa a porção do terreno potencialmente mineralizada em mármore Bege Bahia. Certamente, isto implica dizer que o horizonte com potencial exploratório é mais extenso do que aquele que costumeiramente vem sendo priorizado pelos interessados, qual seja, em derredor das lavras atuais (Figura 2).



Figura 01 – Localização da Área do Projeto

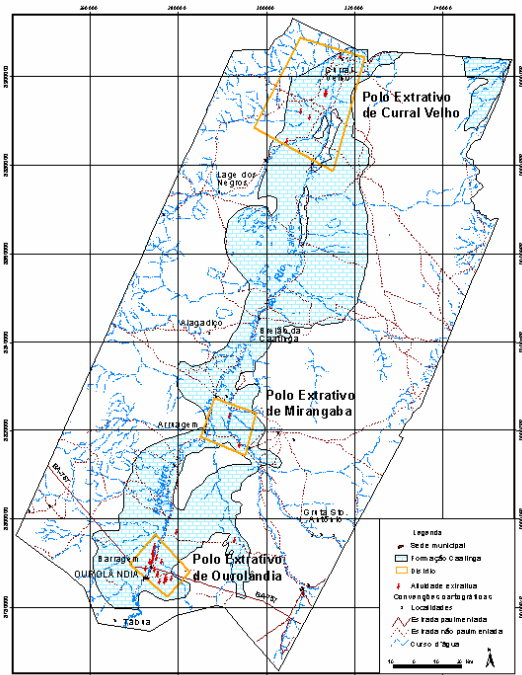


Figura 02 – Delimitação da Formação Caatinga

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO MÁRMORE BEGE BAHIA

Do ponto de vista geológico, pode-se referir às características do mármore Bege Bahia considerando o seu contexto em termos regionais e, também, de forma local, tendo como referência os elementos coligidos até mesmo em escala de afloramento do maciço rochoso.

Geologia Regional

Os levantamentos geológicos realizados mostraram que o mármore Bege Bahia posicionado no alto vale do rio Salitre, associa-se, regionalmente, aos níveis carbonáticos da Formação Caatinga, que são sobrejacentes aos calcários da Formação Salitre, pertencente ao Grupo Una.

Assim, conforme Ribeiro et al. (2002), esta área do vale do rio Salitre mostra-se constituída, geologicamente e da base para o topo, pela seguinte seqüência litológica:

Arqueano-Paleoproterozóico

Representado por um conjunto de complexos litológicos denominados *Complexo básico-ultrabásico de Campo Formoso* e *Complexo Rio Salitre*, e *Complexo Itapicuru*, e, ainda, o *Grupo Jacobina*.

O primeiro destes complexos é formado principalmente por metaperidotito e metapiroxenito, estratificados e com níveis cromitíferos e, ainda, por unidades gnáissicas de naturezas orto e parametamórficas, com níveis de supracrustais e migmatitos associados. O segundo complexo ocorre

na parte norte da região, adstrito à calha do médio-baixo rio Salitre, sendo representada por faixas de rochas metavulcânicas máficas a ultramáficas e metapelitos associados com níveis de metavulcânicas félsicas, metachert, arcósio. Finalmente, o *Complexo Itapicuru* é subdividido em quatro formações Cruz das Almas, Água Branca, Bananeiras e Serra do Meio, que são essencialmente constituídas por rochas metavulcânicas e metassedimentares associadas a metacherts e formações ferromanganesíferas e, ainda, quartzitos, micaxistos e filitos. E o *Grupo Jacobina* é formado por conglomerados e quartzitos pertencentes às formações Serra do Córrego e Rio do Ouro.

Proterozóico Médio

Corresponde aos litotipos do *Grupo Chapada Diamantina* subdivididos em *Formação Tombador*, *Formação Caboclo* e *Formação Morro de Chapéu*, constituídas respectivamente por estratos de conglomerados-arenitos, arenitos-siltito-lamito com intercalações de carbonatos e arenitos-siltitos-conglomerados.

Proterozóico Superior

Relaciona-se à espessa seqüência de rochas carbonáticas com associações de níveis metapelíticos reunidas no denominado *Grupo Uma*, o qual, foi subdividido em *Formação Bebedouro*, de possível origem glaciogênica, e a *Formação Salitre* predominantemente carbonática. Do ponto de vista do interesse exploratório, esta última formação tem uma importância relevante uma vez que, a unidade carbonática do mármore Bege Bahia tem a sua origem relacionada à mesma.

Terciário-Quaternário

É representado, na área investigada por sedimentos recentes, inconsolidados, que, na área do projeto, se mostram associados aos níveis de calcários da *Formação Caatinga*, fonte exclusiva do mármore Bege Bahia

Geologia do Calcário da Formação Caatinga

Segundo consta, quem primeiro denominou as extensas coberturas carbonáticas existentes na porção centro-norte do Estado da Bahia de *Formação Caatinga* foi Branner, em 1911 (in Ribeiro et al., 2002). O calcário que compõe esta formação é considerado de origem secundária, resultante da alteração química de rochas carbonáticas pré-existentes, transportados e depositados em ambiente continental.

Em geral, mostra-se com uma coloração descrita como bege, mas pode conter porções ou níveis de cores amareladas, marrons e esbranquiçadas. Comumente exibe uma constituição maciça ou compacta, podendo variar, vertical ou lateralmente, para pulverulento, ou inconsolidado, brechóide, ou fragmentário, podendo conter, ainda, cavidades ou mesmo cavernas.

Aparentemente, dispersos na massa carbonática podem ser encontrados fósseis de algas,

gastropodes e lamelibrânquios e também, grãos de quartzo subangulosos a subarredondados, bem como zonas ou faixas silicificadas e dolomitizadas.

Os levantamentos de campo e os elementos coligidos indicam que a espessura do Calcário Caatinga é muito variável e dependente da paleotopografia da sua base. Todavia, admite-se que a espessura média situa-se entre 20 e 30 metros, embora tenha-se registrado descrições de até 80 metros em poços de água subterrânea.

No âmbito do projeto realizado (Ribeiro, et al., 2002) o Prof. Cícero Paixão Pereira responsabilizou-se pelos estudos petrográficos, os quais permitem esclarecer aspectos genéticos e constitutivos de muitas das feições, que são consideradas problemas para as operações de serragem e polimento, por exemplo.

Dentre estas feições, merece destaque àquelas decorrentes dos processos diagenéticos referidos como silicificação e dolomitização.

Segundo os estudos efetuados, admite-se que a silicificação de níveis do mármore Bege Bahia decorreu de processos físico e químico desenvolvidos nos “períodos de mais alta umidade” conforme as seguintes etapas: dissolução dos horizontes de calcário por águas de baixo pH; migração e incorporação do calcário nestas soluções ricas em carbonato ácido de cálcio; a gradativa mudança do pH da solução em direção aos níveis de mais alta alcalinidade, devido a incorporação do carbonato de cálcio, resulta na conseqüente dissolução dos níveis de sílica do calcário preexistente; a elevação do pH, por sua vez, condiciona a reprecipitação do carbonato de cálcio, formando o calcrete e novamente a acidificação da solução; e, finalmente, na medida da progressão desta fase de acidificação surgem as condições para a precipitação da sílica dissolvida levando à formação de nódulos e concreções silicosas, conhecidas nas lavras como cravos.

Quanto ao fenômeno da dolomitização, foi observado que o mesmo decorre da substituição da calcita pela dolomita, sendo responsável pela coloração amarronzada ou caramelada dos níveis ou zonas do mármore Bege Bahia.



Foto 01 – Nível silicificado (Fonte: Geoexplore, 2002)

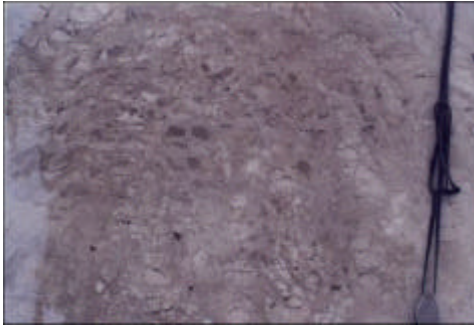


Foto 02 – Mármore Bege Bahia caramelado, devido à dolomitização (Fonte: Geoexplore, 2002).

Embora se possa, na escala de detalhe, tentar verificar ou delinear zonas de predomínio destes processos de silicificação e dolomitização, as suas características genéticas indicam que se trata de processos aleatórios, condicionados pelos mecanismos físicos e químicos e pelas condições de porosidade das litologias envolvidas, sendo assim, de difícil previsibilidade em escalas exploratórias.

De acordo ainda, com os estudos efetuados, foi reconhecido que os calcários da Formação Caatinga têm idade "miocênica na base e pleistocênica no topo, provindo de calcários marinhos pertencentes à Formação Salitre, sotoposta, através de processos físicos e químicos. São portanto calcários secundários que podem ser identificados como um calcrete, caliche ou ainda travertinos" (Geoexplore, 2002 e Penha, 1994, in Ribeiro, et al. 2002).

CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA DO MÁRMORE BEGE-BAHIA

Os estudos sobre a economia mineral do projeto foram elaborados por Geoexplore (2002) e, especialmente, por Braz & Magalhães (2002), conforme resumidos em Ribeiro et. al. (2002). O levantamento dos dados foi feito em pesquisa direta junto aos mineradores, prefeituras locais e no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM -, principalmente.

Com base em todas estas informações, o segmento produtivo do mármore Bege Bahia da região de Ouro-lândia-Mirangaba-Jacobina pode ser caracterizado, do ponto de vista econômico, em conformidade com os seguintes parâmetros:

As reservas de mármore Bege Bahia, em 2001, oficialmente reconhecidas pelo DNPM, totalizavam, em metros cúbicos, os seguintes montantes: 6,8 milhões como reserva medida; 36,6 milhões como reserva indicada; e 42,2 milhões como reserva inferida. O somatório destas reservas oficiais alcança mais de 85 milhões de metros cúbicos, representando uma possibilidade de lavra por vários séculos, mesmo se multiplicado por várias vezes os atuais níveis de produção. Convém assinalar que essa possibilidade é muito factível, uma vez que os levantamentos geológicos apontaram a existência de

uma área de cerca de 1.500 km² interligando os grupamentos de lavra de norte para sul, com elevado potencial exploratório admitindo-se, por conseguinte, a elevada probabilidade de ampliação das reservas oficialmente avaliadas.

Na época de realização do projeto, 2002, foram cadastradas na região 29 frentes de lavra, das quais cinco estavam paralisadas e cinco foram consideradas desativadas. A produção dessas lavras em operação foi estimada em 2.000 metros cúbicos como média mensal. Isto equivale, portanto a cerca de 24.000 m³ / ano.

Os estudo realizado estimou que apenas 10 a 15% do volume produzido é transformado em placas e ladrilhos na região, através da operação de dez unidades empresariais de beneficiamento. Essas unidades têm uma capacidade instalada da ordem de 180.000 m² média anual. Todavia, dada a tendência atual de instalação de novas unidades de beneficiamento, especialmente equipadas com teares diamantados pode-se admitir que este volume de material beneficiado será significadamente aumentado.

O valor da produção, em 2000, foi estimado em R\$ 7,14 milhões (US\$ 2,5 milhões ao câmbio atual), decorrente da produção e comercialização de 22.317 m³ de blocos, 155.333 m² de chapas serradas e polidas e 19.230 m² de ladrilhos. A agregação de valor, ao longo da cadeia produtiva, foi estimada em cerca de três a quatro vezes a partir do bloco até o ladrilho.

Quanto à geração de emprego foi possível avaliar que a cadeia produtiva do mármore Bege Bahia empregava diretamente, em 2002, um total de 526 pessoas.

CONCLUSÕES

As investigações geológicas realizadas permitem concluir que a região produtora do mármore Bege Bahia tem um elevado potencial de expansão, passível de se verificar, não somente pelas reservas reconhecidas pelo DNPM, como também pela delimitação de uma área de cerca de 1.500 km² para atividades exploratórias.

Além disso, ficou plenamente assentado que, do ponto de vista geológico, o mármore Bege Bahia pode ser referido como um calcrete, ou ainda, caliche ou travertino, resultante de processos físicos e químicos de alteração de rochas carbonáticas sotopostas, pertencentes à Formação Salitre, do Grupo Una.

Processos diagenéticos e intempéricos podem ser associados aos aspectos de silicificação, dolomitização e dissolução, sempre identificados como limitantes ou de importantes interferências nos processos de lavra e beneficiamento. Isto requer estudos técnicos específicos em escala da mina para estabelecer possíveis zoneamentos do maciço de interesse econômico.

Do ponto de vista econômico, é possível considerar as atividades da cadeia produtiva como viáveis, haja vista a possibilidade de uma agregação de valor da ordem de 3 a 4 vezes, a partir da transformação do bloco em chapas serradas e polidas e, finalmente, em ladrilho.

Ademais, considerando a disponibilidade de reservas e áreas potenciais para exploração, associadas aos avanços tecnológicos para as atividades de lavra e beneficiamento, e, ainda, a possível expansão do mercado imobiliário brasileiro nos próximos anos, além da possível inserção do Bege Bahia no mercado internacional, conclui-se que o mármore Bege Bahia reúne as condições econômicas necessárias para consolidar-se como um arranjo produtivo regional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CBPM – Cia. Baiana de Pesquisa Mineral -, nas pessoas dos Drs. Ruy Lima, Diretor Presidente, e Moacyr Moura Marinho, Diretor Técnico, pelo apoio na publicação deste trabalho, e ao Geol. Luiz Luna Freire de Miranda pela revisão, do presente texto.

BIBLIOGRAFIA

BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. *Geologia da Bahia*: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Salvador: SICM/SGM, 1996. 382p. il. Convênio SICM/SGM/UFA/PPPG/FAPEX.

———. *Mapa geológico do estado da Bahia ao milionésimo*. Salvador: SICT/SGM, 1994. 1 mapa. Color. Escala 1:1.000.000.

BRANNER, J.C. Aggraded limestone plains of the interior of Bahia and the climatic changes suggested by them. *Bull. Geol. Soc. America*, 22:187-206. 1911.

BRAZ, E.; MAGALHÃES, A.C.F. *Plano estratégico para o desenvolvimento sustentado do mármore bege Bahia na região de Ouroândia, Jacobina e Mirangaba*: avaliação econômica, direitos minerários e reservas oficiais. Salvador: CBPM, 2002. 26p. Convênio SICM/COMIN/CBPM.

CHIODI FILHO, C. *Tópicos destacados para o desenvolvimento mineiro-industrial do mármore Bege Bahia*. Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos Ltda.(ed.) Belo Horizonte, 2002

D'ARC, J. *Plano estratégico de ação para aproveitamento do mármore Bege Bahia*. CETEAD, Salvador, 2002. SICM/CBPM

GEOEXPLORE CONSULTORIA E SERVIÇOS LTDA. *Investigação geológica e ambiental dos depósitos e áreas de ocorrências do mármore Bege Bahia, na região situada entre os municípios de Ouroândia e Jacobina, a S e Campo Formoso, a N*. Salvador: CBPM/COMIN, 2002. 135p., il.color.

MENDES, A.C.F.; VASCONCELLOS, H.G. *Panorama de rochas ornamentais na Bahia*. Salvador, 1994. SICT/SGM

PENHA, A.E.P.P. *O Calcário Caatinga de Ouroândia, Bahia*: feições diagnósticas, gênese e evolução de um perfil calcrete”, Dissertação de Mestrado UFBA, 1994

PEREIRA, C.P. *Petrologia e Gênese da Formação Caatinga*. Relatório técnico encaminhado à CBPM, do qual foram extraídos os dados para o capítulo 6 do relatório da Geoexplore sobre o Bege Bahia (Geoexplore, 2002), intitulado “Geologia da Formação Caatinga”. Salvador, 2002.

RIBEIRO, A. de F. *O terreno granito-greenstone do rio Salitre (Bahia) e a mineralização de sulfeto maciço associada*. Petrologia, litogeoquímica e potencialidade metalogenética. Tese de mestrado UFBA. Salvador, 1998

RIBEIRO, A. de F. et al. *Plano estratégico para o aproveitamento econômico sustentado do “mármore Bege Bahia da região de Ouroândia, Mirangaba e Jacobina*: termo de referência. Salvador: SICM/CBPM, 2000. 21p., il. Convênio SICM/CBPM/SEBRAE/ SIMAGRAN/DNPM/SENAI.

RIBEIRO, A. de F. et.al. *Mármore Bege Bahia em Ouroândia-Mirangaba-Jacobina, Bahia: geologia, potencialidade e desenvolvimento sustentável*. Salvador: CBPM, 2002 p.:il., mapa. – (Série Arquivos Abertos; 17).

SPÍNOLA, V. *Enquadramento do arranjo produtivo de rochas ornamentais: Bahia*. SEPLANTEC/FAPESB, Salvador, 2002a.

SPÍNOLA, V. *Potencial exportador e política pública para uma evolução virtuosa: a indústria de rochas ornamentais na Bahia*. Dissertação de mestrado. Salvador: UFBA, 2002b

WRIGHT, P.V.; TUCKER, M.E. *Calcretes: an introduction*. In: Wright & Tucker (eds.) *Calcretes*. Reprint series. v. 2 of the International Association of Sedimentologists, Blackwell Scientific Publications Oxford, London, 1991. p.1-22.

RADIOATIVIDADE EM ROCHAS GRANÍTICAS ORNAMENTAIS DO BRASIL

Humberto Terrazas Salas¹, Hermínio Arias Nalini Jr.² e Júlio César Mendes³

¹Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN/MG
Caixa Postal 941-Campus da UFMG-Pampulha
30161-970, Belo Horizonte, MG., Brasil. E-mail - salasht@cdtn.br

^{2,3}Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto
35400-000 Ouro Preto, MG, Brasil.

RESUMO

O estudo da radioatividade em 100 amostras de rochas graníticas ornamentais, coletadas em diversas marmorarias de Belo Horizonte - MG, são procedentes, principalmente, dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Este estudo tem o propósito de acrescentar mais um parâmetro de qualidade tecnológica e ambiental. Dentre estas amostras, 23 foram analisadas em maior detalhe, por apresentarem concentração total de urânio e tório igual ou superior à 60ppm.

Os minerais radioativos estudados através de microscopia e microsonda eletrônica, foram identificados como sendo, principalmente, monazita, alanita e zircão. De forma secundária também foram observados outros minerais, tais como apatita, titanita, torita, bastnêsita e, possivelmente, gumita. Este último é um produto da alteração de pecheblenda ou uraninita. A análise por ativação neutrônica determinou concentrações de até 30ppm de urânio e 130ppm de tório, associados, principalmente, à terras raras leves.

Nas amostras com teores totais de urânio e tório superiores a 60ppm, utilizou-se os radionuclídeos ²³²Th, ⁴⁰K e ²²⁶Ra, analisados por ativação neutrônica paramétrica. Nesta análise, fez-se uso de um "cômodo padrão", com dimensões internas de 4x4x3 m³, considerando-se apenas o piso em rocha granítica, onde foram calculadas doses de radioatividade entre 0,11 a 0,34 mSv/ano. Estes resultados podem ser considerados não danosos ao público, uma vez que tais níveis de radioatividade são inferiores ao padrão internacional de exposição permitida, ou seja 1,0 mSv/ano.

INTRODUÇÃO

Estas rochas, predominantemente, graníticas ou silicatadas (Salas *et al.* 2002), apresentam níveis de radioatividade (Salas 2003), provenientes, principalmente, do urânio e do tório contidos na monazita, alanita e zircão e, secundariamente, na titanita, apatita, como inclusões dos produtos das possíveis alterações da uraninita ou pecheblenda e também proveniente do resultado da desintegração do potássio.

O desenvolvimento do presente trabalho é justificado pela importância da distribuição geográfica destas rochas no Brasil, demonstrando um grande potencial para a atividade econômica. Diversos outros materiais são também derivados dessas rochas,

como as areias, argilas e bens metálicos (World Nuclear Association 1998). Por último, estas rochas por serem consideradas rochas férteis para U e Th, têm uma grande potencialidade para formar depósitos desses elementos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução desta pesquisa foi realizada uma amostragem em marmorarias de Belo Horizonte, de 100 tipos de "granitos", de diversas procedências, sendo predominantes dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Estas amostras, com aproximadamente 2 kg cada uma, provenientes das sobras ou rejeitos do material beneficiado, foram extraídas de forma representativa, de placas polidas com aproximadamente 300 kg. No material amostrado foram realizados todos os testes e análises previstos, como: estudos macroscópicos, petrográficos/mineralógicos, caracterização dos diferentes litotipos e a determinação dos minerais essenciais e acessórios (radioativos e não-radioativos).

Nas amostras preparadas especificamente foram submetidas a determinações químicas dos principais óxidos pela fluorescência de raios X, gravimetria, volumetria, absorção atômica e fotometria de chama. As terras raras foram determinadas através da espectrometria de energia de raios X, e nas análises de tório, radio e potássio foi usada a ativação neutrônica paramétrica. Para a determinação da distribuição dos minerais radioativos na amostra polida foram utilizados os testes de autoradiografia, sendo que para os estudos mineralógicos aplicou-se a microscopia óptica e a microsonda eletrônica.

Pelos resultados obtidos, nos testes e análises, foram detalhados os estudos em 23 amostras, aquelas com presença de urânio e tório acima de 60ppm. Nestas amostras outras análises foram realizadas, tais como microanálise e a determinação dos níveis radioativos.

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E AUTORADIOGRÁFICA

Pelos estudos macroscópicos estas amostras apresentam-se com cores claras, com coloração predominante amarelada, cinza e avermelhada, onde também ocorrem de forma escassa róseos, esbranquiçada, lilás e marrom.

O tamanho de seus grãos, de médio a grosseiro e também de coloração clara, definem texturas principalmente homogêneas (granitos, granulitos e charnoquitos) sem orientação e algumas orientadas (gnaisse e migmatitos), denominadas comercialmente de movimentadas.

A composição mineralógica essencial e a coloração clara destas amostras, estudadas ao microscópio petrográfico, determinam que proporções maiores que 80 % do total em cada amostra, são constituídas de quartzo (9,7 - 33,4 %), feldspato potássio (24,3 - 51,3 %) e plagioclásio sódico (24,8 - 41,4 %).

Outros minerais comuns nestas rochas são as micas (predominando biotita e em menor percentual a moscovita). Os minerais secundários, provenientes da alteração dos minerais essenciais, exibindo diferentes graus de alteração, são representados, principalmente, por "minerais de argila" (caulim e montmorilonita), sericita, carbonato, "óxidos de ferro" e clorita.

Os minerais acessórios, com teores menores que 1%, e ocasionalmente superiores, são representados, preferencialmente, pelo zircão, monazita, apatita, mineral opaco (magnetita, martita, ilmenita, pirita, pirrotita, goethita e calcopirita), titanita, alanita, rutilo, fluorita, epidoto, xenotima, bastnesita e gumita (Figura 1).

A amostra de coloração predominantemente marrom (CG-90), além da composição mineralógica diferente das demais, é constituída, principalmente, de feldspato potássico (73,4 %), onde ocorrem como minerais pouco comuns, o quartzo e o plagioclásio, porém contém freqüente piroxênio (augita), anfibólio (hornblenda) e mica (biotita).

A caracterização ao microscópio petrográfico foi realizada para determinar-se, quantitativamente, os constituintes mineralógicos no grupo das 100 amostras. Na classificação litológica foi utilizado o diagrama QAP de Streckeisen (1976) e citado por Le Maitre (1989).

Estes tipos litológicos foram classificados, predominantemente, como granitos monzoníticos, onde encontram-se presentes de forma subordinada outros tipos litológicos, tais como o granito sienítico, monzonito, monzonito quartzoso, granodiorito, monzogabro monzodiorítico, gabro quartzoso e sienito, com presença de gnaisses, migmatitos, charnoquitos e granulitos.

Os resultados da autoradiografia utilizando-se chapas fotográficas capazes de detectar as radiações com energia da ordem de 6 MeV, em teores superiores a 100ppm (partes por milhão = $g.t^{-1} = mg.kg^{-1} = 10^{-6}$), permitiram localizar os minerais radioativos, demonstrando formas, tamanhos e intensidades das manchas enegrecidas, distribuídas irregularmente. Estas manchas verificadas pela microscopia e microsonda eletrônica, evidenciam ser na maior parte das amostras constituídas, principalmente, de monazita, alanita e zircão, outorgando-lhes halos ou fraturas radiais nos minerais onde encontram-se inclusos.

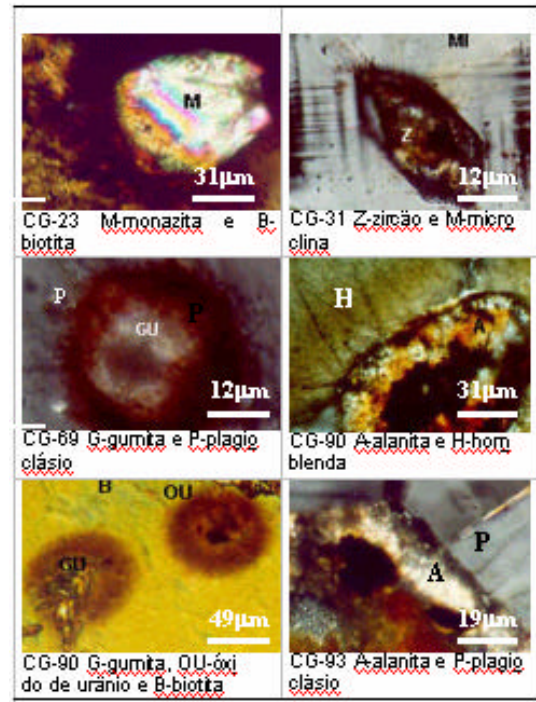


Figura 1 - Fotomicrografias de minerais radioativos em lâmina delgada com luz polarizada

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

Através das análises químicas dos principais óxidos pela fluorescência de raios X, absorção atômica, volumetria e fotometria de chama nas 23 amostras, foram determinados teores de SiO₂ (59,7 - 76,5 %), Al₂O₃ (11,7 - 15,6 %), K₂O (3,8 - 7,4 %), Na₂O (1,91 - 4,52 %) e Fe₂O₃ (1 - 8 %). Outros óxidos analisados como CaO, MgO e TiO₂, encontram-se com teores menores que 1,33 %.

Nos resultados para U₃O₈ e ThO₂, analisados pela ativação neutrônica paramétrica na amostra total, o urânio está variando entre 1 - 30 ppm e o tório entre 44 - 130 ppm. A presença destes óxidos, determinada através das análises por microsonda eletrônica, é atribuída, preferencialmente, à monazita, alanita e zircão.

Os teores de urânio e tório, nestas amostras, encontram-se, de uma forma geral, associados e com uma tendência a acompanhar as maiores concentrações das terras raras leves, determinadas pela espectrometria de energia de raios X, representadas pelo La₂O₃ (50 - 300 ppm), Ce₂O₃ (30 - 580 ppm), Pr₆O₁₁ (20 - 580 ppm) e o Nd₂O₃ (30 - 200 ppm).

Nas 23 amostras foram também analisadas pela microsonda eletrônica o plagioclásio e o feldspato potássico. No plagioclásio os teores de Ab apresentam-se entre 68,8 - 98,6 %; de An entre 6,2 - 30,8 % e Or menor que 2,5 %. No feldspato potássico os teores de Or ocorrem entre 80,7 - 95,9 %; de Ab entre 1,5 - 16,6 % e de An menor que 0,5 %.

Os resultados da análise pela fluorescência dos raios X e das análises complementares foram utilizados para determinar-se a classificação litogeoquímica, aplicando-se o diagrama de La Roche *et al.* (1964), calculando-se as proporções em milicentésimos dos principais óxidos e usando-se os parâmetros $R1 = 4 \text{ Si} - 11 (\text{Na} + \text{K}) - 2 (\text{Fe} + \text{Ti})$ e $R2 = 6 \text{ Ca} + 2 \text{ Mg} + \text{Al}$. Pelo diagrama, define-se uma

classificação, predominantemente, como granitos sieníticos e granitos alcalinos, onde ocorrem também amostras classificadas de granito monzonítico, sienito quartzoso e sienito (Tabela 1). Também utilizaram-se os resultados obtidos pelos óxidos de Al_2O_3 (A), CaO (C), K_2O (K) e Na_2O (N), para determinar-se os parâmetros de saturação em alumina nestas rochas, definidos no diagrama de Shand (1927), verificando-se que neste grupo de amostras ocorrem, principalmente, as rochas peraluminosas ($A/\text{CNK} > 1$), onde excepcionalmente estão presentes a amostra CG-63 de composição peralcalina ($A < \text{NK}$) e a amostra CG-90 de composição metaluminosa ($A > \text{NK}$), (Tabela 1).

Tabela 1 - Rochas graníticas ornamentais com U_3O_8 e ThO_2 total acima de 60ppm

Amostra	Classificação		Densidade kg.m^{-3}	U_3O_8 (ppm)	ThO_2 (ppm)	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	H_{ET} mSv/ano
	Streckeisen (1976) e citado por Le Maitre (1989)	La Roche (1980)				Bq.kg ⁻¹			
Cerâmica			1000			10	15	50	0,0068
CG-02	Granito Monzonítico	Granito Sienítico	2515	4	94	380	10	1600	0,21
CG-03	Granito Sienítico	Granito Sienítico/Alcalino	2698	5	100	410	170	1600	0,28
CG-20	Granito Monzonítico	Granito Alcalino/Sienítico	2653	2	70	240	222	1700	0,20
CG-23	Granito Monzonítico	Granito Alcalino	2602	6	56	230	80	1700	0,16
CG-24	Granito Monzonítico	Granito Sienítico	2711	5	57	230	10	1500	0,14
CG-30	Granito Monzonítico	Granito Alcalino	2645	20	59	240	400	1600	0,24
CG-31	Granito Monzonítico	Granito Alcalino/Sienítico	2618	5	76	310	30	1600	0,19
CG-33	Granito Monzonítico	Granito Alcalino/Sienítico	2399	6	74	300	222	1700	0,22
CG-35	Granito Monzonítico	Granito Alcalino	2600	16	55	220	440	1300	0,24
CG-37	Granito Sienítico	Granito Alcalino/Sienítico	2533	1	66	270	10	1800	0,16
CG-42	Gnaiss Monzonítico	Gnaiss Sienítico	2936	4	130	530	140	1600	0,34
CG-46	Granito Monzonítico	Granito Alcalino	2595	5	58	240	210	1600	0,19
CG-52	Gnaiss Monzonítico	Gnaiss Alcalino	2670	8	67	270	60	1300	0,17
CG-63	Monzonito Quartzoso	Granito Alcalino	2433	5	74	300	20	1500	0,17
CG-66	Granito Monzonítico	Granito Alcalino/Sienítico	2536	5	66	270	150	1500	0,19
CG-69	Gnaiss Monzonítico	Gnaiss Alcalino/Sienítico	2587	30	44	180	10	1300	0,11
CG-74	Gnaiss Monzonito Quartzoso	Gnaiss Sienito Quartzoso	2762	4	94	380	90	1700	0,24
CG-78	Gnaiss Monzonito Quartzoso	Gnaiss Alcalino	2527	7	66	270	220	1000	0,20
CG-90	Sienito	Sienito	2521	5	76	310	600	2300	0,33
CG-93	Granito Sienítico	Granito Sienítico	2823	3	81	330	10	1700	0,20
CG-97	Granito Monzonítico	Granito Monzonítico/Sienítico	2660	3	65	270	20	1600	0,16
CG-98	Gnaiss Monzonítico	Gnaiss Sienítico	2691	4	105	430	10	1800	0,25
CG-100	Granito Monzonítico	Granito Sienítico	2715	4	58	240	10	1500	0,15

Observação: A maior parte das amostras são peraluminosas, com exceção da CG-63 que é peralcalina e a CG-90 que é metaluminosa

AVALIAÇÃO DA RADIOATIVIDADE

Para avaliar-se a radioatividade nas rochas graníticas ornamentais, com teores acima de 60ppm de urânio e tório, considerou-se um “cômodo padrão” com dimensões internas de 4 x 4 x 3m, sendo as quatro paredes de tijolo (duas com 10 cm e duas com 20 cm de espessura, simulando-se, respectivamente, paredes internas e externas de uma casa), a laje do teto com 12 cm de espessura e o piso em rocha granítica ornamental com 2 cm de espessura.

Foram considerados nos cálculos, uma taxa de ventilação de $0,7\text{h}^{-1}$ (taxa de troca de ar de $17,5\text{m}^3/\text{h}$ por pessoa), tempo de permanência neste cômodo 7.008 horas por ano, equivalente a 80 % das horas em um ano, e dimensões do tijolo de $20 \times 10 \times 5$ cm.

No cálculo do acréscimo de dose das amostras graníticas, relativo a uma cerâmica utilizada como referência (Health Council of the Netherlands, 1985), foram considerados a densidade em kg.m^{-3} e os resultados de ^{232}Th , ^{226}Ra e ^{40}K (Tabela 1), obtidos através de análises por ativação neutrônica, em Bq.kg^{-1} .

O modelo de cálculo para um cômodo padrão, de Castro & Senne (1995), foi aplicado no cálculo de doses para a cerâmica e para as amostras de granito. Desta forma determinaram-se as taxas de dose equivalente deste cômodo padrão, calculando-se as doses devida à radiação gama.

A dose equivalente efetiva anual H_{Eg} , devida à radiação gama foi calculada através da seguinte expressão:

$$H_{E_g} = T \cdot b \cdot \overset{o}{D} \quad (1)$$

Onde:

T = tempo de permanência no “cômodo padrão” [h.á⁻¹];

b = fator de conversão de dose absorvida no ar para dose equivalente efetiva [Sv.Gy⁻¹] e

$\overset{o}{D}$ = taxa de dose absorvida no ar [Gy.h⁻¹].

A taxa de dose absorvida no ar, $\overset{o}{D}$, é expressa como sendo a soma das contribuições dos diferentes radionuclídeos presentes no material de construção:

A dose equivalente anual, $H_{E_{Rn}}$, devido ao radônio, produto do decaimento do urânio, presente no material de construção foi calculada através da seguinte expressão:

$$H_{E_{Rn}} = T \cdot r_{Rn} \cdot F_{Rn} \cdot C_{Rn,i} \quad (2)$$

Onde :

T = tempo de permanência no “cômodo padrão” [h]

r_{Rn} = fator para conversão do equilíbrio equivalente da concentração dos produtos de decaimento do radônio, no interior do “cômodo padrão”, em taxa de dose equivalente [mSv.m⁻³.h⁻¹.Bq⁻¹];

F_{Rn} = fator de equilíbrio e

$C_{Rn,i}$ = concentração de radônio resultante da concentração de ²²⁶Ra no material de construção i em [Bq.m⁻³].

O cálculo para o torônio, produto do decaimento do tório, é análogo ao cálculo para o radônio, substituindo-se Rn por Tn e Ra por Th, através da seguinte expressão:

$$H_{E_{Tn}} = T \cdot r_{Tn} \cdot F_{Tn} \cdot C_{Tn,i} \quad (3)$$

Onde agora os parâmetros referem-se ao torônio

Taxa de dose e acréscimo em mSv/ano, devido à utilização de rochas graníticas como piso no “cômodo padrão”

Neste cálculo foram utilizados os seguintes valores para os parâmetros e constantes:

$$B = 0,7 \text{ Sv Gy}^{-12}$$

$$Q_k = 54 \times 10^{-12} \text{ Gy.h}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$Q_{Th} = 890 \times 10^{-12} \text{ Gy.h}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$Q_{Ra} = 620 \times 10^{-12} \text{ Gy.h}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{kg}$$

$$r_{Rn} = 8,7 \times 10^{-6} \text{ mSv.m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$$

$$F_{Rn} = 0,4 \text{ para uma taxa de ventilação de } 0,7 \text{ h}^{-1}$$

$$\lambda_{Rn} = 7,56 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$$

$$S_G = 0,20; A = 16 \text{ m}^2; V = 48 \text{ m}^3; \lambda_v = 0,7 \text{ h}^{-1}; M_G = 0,20;$$

$$I_G = 0,01; \frac{K_G}{\epsilon_i} = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$$

Onde: o subscrito “G” refere-se ao material granito.

As taxas de dose destas amostras (Tabela 1 e Figura 2) apresentam-se entre 0,11 - 0,34 mSv/ano, sendo que, a maior parte tem taxas inferiores a 0,20 mSv/ano. Em menor proporção ocorrem as amostras com taxas entre 0,20 - 0,34 mSv/ano. As maiores taxas de dose ocorrem, segundo Streckeisen (1976), citado por Le Maitre (1989), nos granitos monzoníticos e granitos sieníticos, que correspondem, na classificação de La Roche (1964) aos granitos alcalinos, granitos alcalino/sieníticos e sieníticos.

Com a taxa de dose da cerâmica em 0,0068 mSv/ano, obtida de dados de “Health Council of the Netherlands” (1985), o acréscimo de dose devida ao uso das rochas graníticas em lugar do piso do material cerâmico são menores que 0,01 mSv/ano em todas estas amostras.

Através dos radionuclídeos de ²³²Th, ²²⁶Ra e ⁴⁰K da amostra CG-90, do mesmo grupo das amostras com mais de 60 ppm de urânio e tório, foram determinadas hipoteticamente 3 situações no cômodo padrão, com base na planilha de cálculo: a) quando a utilização do granito é total (m = 100) como material de construção em todo o cômodo padrão, nas mesmas condições dos trabalhos de Sharaf *et al.* (1999), Kumar *et al.* (1999), Amrani & Tahtat (2001), Rizzo *et al.* (2001) e Kovler *et al.* (2002), foi obtido H (gama) = 3,8 mSv/ano e taxa de dose total de 9,04 mSv/ano; b) sem ventilação ($\lambda_v = 0$) e o piso de granito representando 5% (m=5) do total do material de construção, foi obtido H (gama) = 0,189 mSv/ano, e taxa de dose total de 5,44 mSv/ano, e c) com ventilação ($\lambda_v = 0,7$), obteve-se taxa de dose anual de 0,33 mSv/ano. Esta última situação foi aplicada para o cálculo da doses total em todas aquelas amostras com teores de urânio e tório acima de 60 ppm, onde foram encontradas doses de 0,11 - 0,34 mSv/ano.

CONCLUSÕES

As 100 amostras classificadas no diagrama QAP (quartzo, feldspato potássico e plagioclásio) de Streckeisen (1976) e citado por Le Maitre (1989), são predominantemente de granito monzonítico (73%), subordinado granodiorito (9%), monzonito quartzoso (6%), monzonito (4%), granito sienítico (3%), sienito (3%), monzogabro monzodiorítico (1%) e gabro quartzoso (1%).

A maior parte das amostras classificadas, segundo La Roche (1964), como granito alcalino, granito alcalino/sienítico e granito sienítico, comparadas com os resultados da classificação no diagrama de Streckeisen (1976) e citado por Le Maitre (1989), correspondem, predominantemente, ao granito monzonítico e em menor proporção ao granito sienítico. As demais amostras, em menor quantidade,

caracterizadas pela geoquímica segundo La Roche (1964), como sienito e granito monzonítico correspondem, quando comparadas com a caracterização mineralógica-petrográfica de Streckeisen (1976), aos granitos sieníticos e monzoníticos; e monzonito e granodiorito, respectivamente.

O grupo das 23 amostras estudadas, apresenta urânio entre 1 - 30 ppm e tório entre 44 - 130 ppm, coloração predominantemente amarelada e em menor frequência cinza e avermelhada. São também, principalmente, de textura homogênea, ocorrendo em menor proporção as rochas suborientadas ou comercialmente denominadas movimentadas.

Estudos dos minerais ao microscópio petrográfico e na microsonda eletrônica, realizados nos pontos de radioatividade definidos pela autoradiografia, revelaram que estes se devem em sua maior parte à monazita, alanita e zircão. Estes minerais outorgam a seus hospedeiros, ou àqueles que ocorrem próximos a eles, normalmente, halos e fraturas radiais, devido a sua radioatividade.

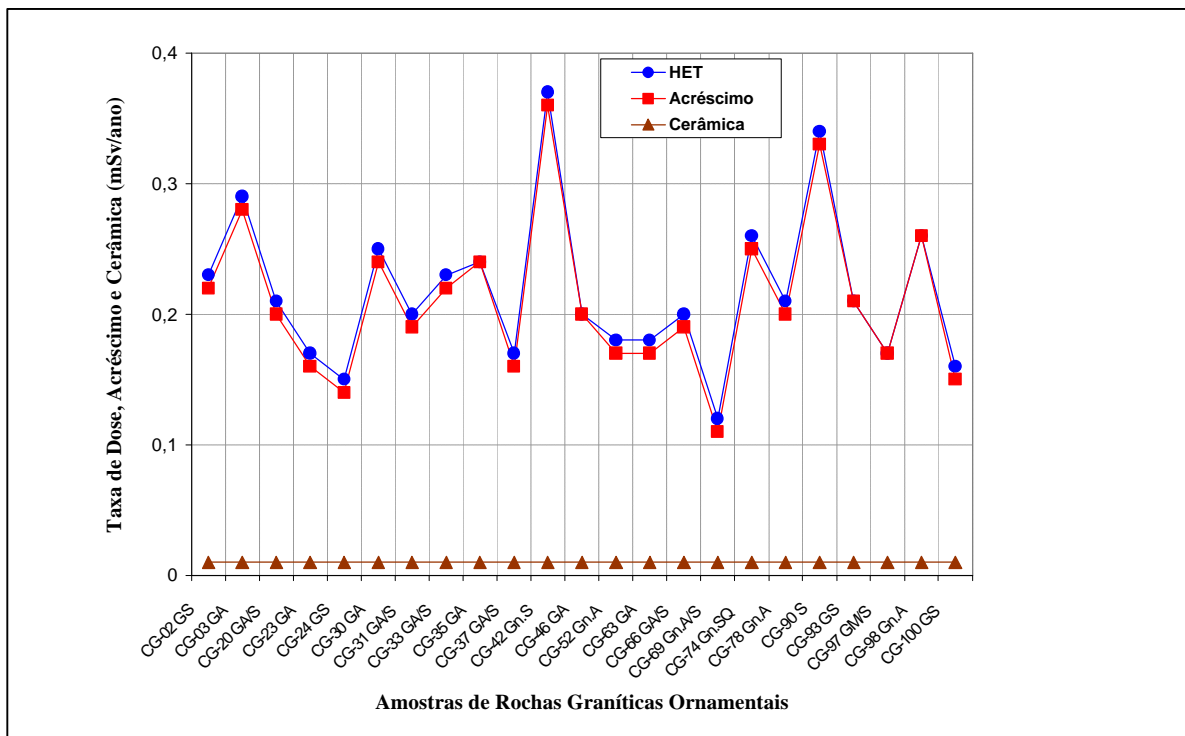


Figura 2- Taxa de dose, acréscimo utilizando-se rochas graníticas com elementos radioativos totais (U_3O_8 e ThO_2) acima de 60 ppm (GA - granito alcalino, Gn.A - gnaisse alcalino, GA/S - granito alcalino/sienítico, Gn.A/S - gnaisse alcalino/sienítico, GS - granito sienítico, Gn.S - gnaisse sienítico, GM - granito monzonítico, S - sienito e Gn.SQ - gnaisse sienito quartzoso) em lugar do material cerâmico

Os resultados das análises químicas na amostra total e a nível pontual, nos minerais radioativos, demonstram uma associação das terras raras leves (lantânio, cério, praseodímio e neodímio) com o urânio e tório, que são atribuídos, principalmente, a ocorrência da monazita, zircão e alanita.

Os resultados obtidos para o cálculo do acréscimo de dose não atingem níveis danosos para o público (Figura 2), por encontrarem-se em concentrações inferiores ao padrão internacional de exposição à radioatividade, que é de 1,0 mSv/ano, de acordo com as recomendações apresentadas na "National Council on Radiation Protection and Measurements", (1987).

Observa-se que a taxa de dose produzida pelo radônio e torônio, proveniente da utilização da rocha granítica, é consideravelmente aumentada quando a superfície relativa do material *i* no "cômodo padrão" [m²] representa maiores percentagens e também quando a taxa de ventilação [h⁻¹] é ausente ou menor.

Agradecimentos

Ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), através dos Chefes imediatos Roberto Pellacani G. Monteiro e Dr. Vanderley de Vasconcelos, que proporcionaram apoio laboratorial e financeiro.

Aos colegas de trabalho pela contribuição no desenvolvimento desta pesquisa. À Fundação de Amparo a Pesquisa (FAPEMIG), órgão financiador do Laboratório de Microanálise do Consórcio Física - Geologia e Química da UFMG e CDTN/CNEN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amrani, D., Tahtat, M. 2001. Natural Radioactivity in Algerian Building Materials. *Elsevier Science Ltd. Applied Radiation and Isotopes* 54, p. 687-689.
- Castro, J. O. N. M., Senne, Jr. M. 1995. Uso da "Lama Vermelha" na Fabricação de Tijolos e Telhas. Relatório Interno S/N. *CDTN/CNEN*. p.16.
- Health Council of the Netherlands. 1985. Radioactivity in Building Materials. *The Hague the Netherlands*. No. 1985/5, February 12. P. 93.
- International Commission on Radiological Protection. ICPR. 1984. *Principles for limiting exposure of the public to natural sources of radiation*. Publication 39, Oxford: Pergamon Press.
- Kovler, K., Haquin, G., Manasherov V., Ne'eman E., Lavi, N. 2002. Natural Radionuclides in Building Materials Available in Israel. *Elsevier Science Ltd. Building and Environment* 37, p. 531-537.
- Kumar, V., Ramachandran, T. V., Prasad, R. 1999. Natural Radioactivity of Indian Building Materials and By-products. *Elsevier Science Ltd. Applied Radiation and Isotopes* 51, p.93-96.
- La Roche, H. 1964. *Sur L'expression Graphique des Relations Entre la Composition Minéralogique Quantitative des Roches Cristallines. Présentation d' un Diagramme Destiné à l' étude Chimico-Minéralogique des Massifs Granitiques our Grandodioritiques*. *Sci. Terre*, 9, 293-337.
- Le Maitre, R. W. 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 13 p.
- NCRP. 1987. National Council on Radiation and Measurements. *Recommendations on Limits for Exposure to Ionizing Radiation*. ICPR Publication No 91; Bethesda, 63 pp.
- Rizzo, S., Brai, M., Basile, S., Bellia, S., Hauser, S. 2001. Gamma Activity Geochemical Features of Building Materials: Estimation of Gamma Dose Rate and Indoor Radon Levels in Sicily. *Elsevier Science Ltd. Applied Radiation and Isotopes* 55, p. 259-265.
- Salas, H.T., Nalini, Jr. H.A., Mendes, J.C. 2002. Ocorrência de Minerais Radioativos em Rochas Graníticas Ornamentais. In: VI INAC – International Nuclear Atlantic Conference, Rio de Janeiro, CD.
- Salas, H.T. 2003. Minerais Radioativos em Rochas Graníticas Ornamentais e de Revestimento: Aspectos Químico-Mineralógicos e Implicações Ambientais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas – Departamento de Geologia, 207p.
- Shand, S.J. 1927. *Eruptive Rocks*. Wiley & Sons, New York. 370pp.
- Sharaf, M., Mansy M., Sayed A. El, Abbas E. 1999. Natural Radioactivity and Radon Exhalation Rates in Building Materials Used in Egypt. *Elsevier Science Ltd., Radiation Measurements* 31, p.491-495
- Streckeisen, A.1976.To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews. International Magazine for Geo-Scientists*. Amsterdam. Vol. 12. P –33.
- World Nuclear Association. 1998. Mineral Sands. Prepared from Australian Titanium Minerals Industry and CRA Information. 02p. (<http://www.world-nuclear.org/into/inf30appprint.htm>).

GRANITOS ORNAMENTAIS DO POLÍGONO DAS SECAS, NÚCLEO SERRINHA, BAHIA

Débora Correia Rios^{1,2,3}; Herbet Conceição^{1,3}; Tiago Santana Costa^{1,4}; Altamirando Bispo de Lima Júnior^{1,4}; Zilda Gomes Pena^{1,4} e José Elvir Soares Alves^{1,4}

¹ Grupo de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (GPA). Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, sala 208-A – Campus Universitário de Ondina, Salvador-Bahia, Brasil. 40.170-115.

² Pesquisador DCR – PRODOC II - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).
debora@cpgg.ufba.br

³ Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG) e Departamento de Geoquímica

⁴ Bolsista Iniciação Científica - PRODOC II – FAPESB

RESUMO

No Nordeste do Estado da Bahia concentram-se variados tipos de rochas graníticas, com área aproximada de exposição que ultrapassa os 6.000 km². Neste contexto, a situação geológica peculiar do setor, que além dos granitos conta secundariamente com rochas máficas e mármore, está sendo avaliada, buscando-se identificar, inventariar e caracterizar geo-tecnologicamente os diversos tipos graníticos e as suas potencialidades para utilização como rocha ornamental, visando disponibilizar conhecimento que coloque a Bahia em situação adequada para atender as demandas do mercado de rochas ornamentais, cuja previsão é de quintuplicação do consumo até 2020.

Os granitos que afloram na área em estudo apresentam cores, texturas e estruturas tidas como clássicas no mercado ornamental internacional e nacional. Fatores naturais permitem investigações de baixo custo em diferentes partes do núcleo, justificando sua escolha para aplicação e desenvolvimento de tecnologia para entendimento das relações petrográficas/tecnológicas em rochas graníticas. Quatro fatores são essenciais quando se deseja avaliar a potencialidade de rochas para uso ornamental: considerações geológicas (petrografia, mineralogia e estruturas adequadas à extração); relevo, que facilite a extração dos blocos com custo viável; respostas satisfatórias aos ensaios tecnológicos; e, uma estética que as faça objeto de cobiça do consumidor. Correlacionar estes critérios aos granitos estudados é o objetivo deste estudo.

Como produtos, estão sendo estabelecidos parâmetros previsionais para identificação e recomendação de áreas de prospecção e extração em granitos similares aos tipos avaliados, e confeccionado um banco de dados geo-referenciados. Estas informações serão disponibilizadas através de um mapa previsionais e orientativo e no catálogo de granitos ornamentais da Bahia, tornando-se a base para estudos prospectivos em rochas ornamentais no Estado.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a política mineral vem se tornando prioritária na maioria dos países, face à necessidade inerente de se ampliar o conhecimento das potencialidades minerais e atender às crescentes demandas. No quadro de desigualdades sociais impostos pelas limitações climáticas e culturais da

região Nordeste, em especial no denominado “polígono das secas”, região de desertificação do leste da Bahia, o conhecimento do potencial mineral é fundamental.

O caminho viável para solucionar o problema envolve a promoção e facilitação do acesso às informações geológicas acerca dos bens minerais potenciais e, neste caso, as rochas ornamentais vêm se destacando no Estado da Bahia. Contudo, para tornar o Estado competitivo neste campo sabe-se hoje que não bastam apenas avanços tecnológicos em equipamentos, técnicas e processos. É necessário capacitar o setor ornamental com mão de obra especializada e pesquisa mineral de base, além de popularizar as informações disponíveis, permitindo sua ampla utilização para melhores aplicações de cada tipo de rocha.

Rochas ornamentais, de acordo com a *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 1999), são pedras naturais, selecionadas, regularizadas e/ou cortadas em tamanhos e formas apropriados ao seu uso estético, incluindo revestimentos para obras de construção civil. Outros conceitos consideram como ornamentais apenas os tipos polidos e utilizadas para fins decorativos (Vargas *et al.*, 2001). Junto com os “mármore”, os granitos (senso lato) compõem os principais tipos de materiais utilizados com este fim. Comercialmente, são tidos como granitos, rochas ígneas ácidas e intermediárias, plutônicas ou vulcânicas, e ainda rochas metamórficas (migmatitos e gnaisses). Além da beleza estética, comumente refletida em sua enorme variedade de cores, texturas e estruturas, os granitos possuem a vantagem da grande resistência ao desgaste/abrasão e às intempéries, o que vem ampliando seu uso.

O Brasil situa-se entre os cinco principais países produtores de rochas ornamentais e revestimentos do mundo. O Estado da Bahia apresenta um grande potencial para este mercado, contudo, a falta de pesquisa geológica prévia compromete bastante a produção, levando à paralisação de muitas frentes de lavra devido à seleção de métodos e processos extrativos inadequados, que inviabilizam os depósitos, elevam os custos e afetam o meio ambiente. Contudo, o mercado mundial de rochas ornamentais vem mantendo uma tendência de crescimento nos últimos anos com a previsão de quintuplicação do consumo mundial e transações internacionais até 2025

(Caranassius & Vidal, 2001). Desta forma, a identificação, a catalogação e a caracterização de rochas com potencial para uso ornamental fazem-se urgentes, no sentido de preparar o Estado da Bahia para atender às necessidades deste importante mercado.

Este documento apresenta os resultados preliminares de um projeto de pesquisa que vem sendo desenvolvido no contexto do Programa de Apoio à Instalação de Doutores no Estado da Bahia da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (PRODOC II-FAPESB) pelo Grupo de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral (GPA) e Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG) do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA) com o apoio da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e sua Pedreira/Serraria Escola. O objetivo principal deste projeto é inventariar, catalogar, caracterizar e popularizar o uso de rochas graníticas para fins ornamentais na região leste do Estado.

Aspectos Geológicos: O Núcleo Serrinha

Ocupando toda a região leste do Estado da Bahia, o Núcleo Serrinha (NSer) é definido como um dos três grandes núcleos antigos que compõem o embasamento do Cráton do São Francisco. De acordo com a proposta de Mascarenhas *et al.* (1979) os terrenos paleoproterozóicos deste cráton podem ser divididos em três núcleos: (1) Serrinha, na região nordeste; (2) Remanso, porção central; e (3) Guanambi, a oeste; os quais são basicamente compostos por rochas gnáissicas e migmatíticas, granitos e seqüências vulcano-sedimentares.

Com seus 21.000 km², a mega-estrutura elipsoidal do NSer permaneceu rígida durante os eventos colisionais transamazônicos. A oeste, o NSer é limitado pelos terrenos do Cinturão Móvel Salvador-Curaçá e a leste, é recoberto por sedimentos Neoproterozóicos e Tércio-quadernários, sendo cortado por falhas norte sul que limitam as bacias Fanerozóicas Tucano-Recôncavo (Fig. 1). A sucessão lito-estratigráfica consiste predominantemente de: (i) um embasamento gnáissico-migmatítico Arqueano (>3,2 Ga, Rios, 2002), predominantemente composto por rochas de composição granodiorítica, porém com termos máficos anfibolíticos subordinados. Este embasamento encontra-se metamorfoseado, com rochas parcialmente migmatizadas, e é recoberto por (ii) seqüências vulcano-sedimentares, as quais formam o *Greenstone Belt* do Rio Itapicuru (GBRI; 2,1-2,2 Ga, Silva, 1991), mais importante produtor de ouro da Bahia, e pelo Grupo Capim (2,7 Ga, Oliveira *et al.*, 1999), ambas relacionadas a um ambiente de bacia *back-arc* (Silva, 1991); e intrudido por uma enorme variedade de maciços graníticos (Fig. 1).

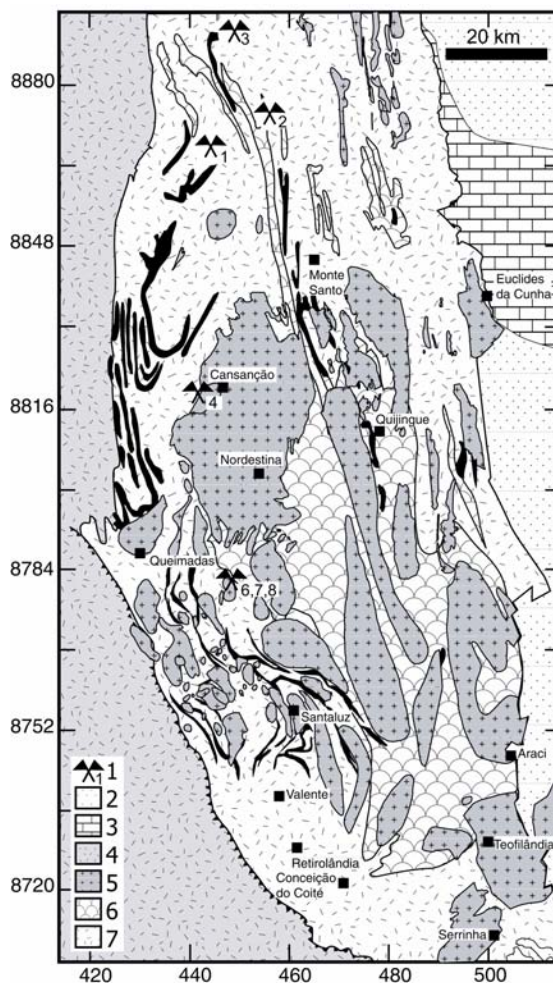


Figura 1. Mapa geológico simplificado do Núcleo Serrinha. (1) Pedreiras. Os números correspondem àqueles Tabela 1; (2) Sedimentos Tércio-Quaternários da Bacia Tucano-Recôncavo; (3) Sedimentos carbonáticos Neoproterozóicos; (4) Terrenos do Cinturão Móvel Salvador-Curaçá; (5) Corpos graníticos; (6) Seqüências vulcano-sedimentares; (7) Embasamento granítico-gnáissico migmatítico.

Existem ainda no NSer mineralizações de Au, Cr, Cu, depósitos de mármore e rochas ornamentais, bem como ocorrências de Mo, F, Ni, Mn, amazonita, esmeralda, quartzo, calcita e diamantes. O debate acirrado sobre a ambiência tectônica destas rochas aceita o envolvimento de um componente de subducção crustal, apesar de não haver consenso sobre a direção da vergência (veja Rios, 2002 para uma revisão sobre este assunto)

Percentualmente tais rochas graníticas (s.l), incluindo os gnaiesses do embasamento, compõem aproximadamente 70% da área do NSer e apresentam grande variação de composições petrográficas e geoquímicas, reflexo da evolução de magmas distintos e diferentes contribuições de componentes mantélicos, máficos ou da crosta sílica durante a história geotectônica regional. As feições geológicas de campo e dados litogeoquímicos, isotópicos e geocronológicos disponíveis, foram

utilizados por Rios (2002) para reformular a proposta de estruturação das rochas graníticas do NSer, dividindo-as em três grupos principais, potencialmente adequados ao uso como rocha ornamental, e que compreendem aproximadamente 6.000 km² em área aflorante.

- Grupo 1: Granito-gnaisses do embasamento e Granitos cálcio-alcálicos a TTGs arqueanos (2,8 a 3,1 Ga);
 Grupo 2: Granitos cálcio-alcálicos a TTGs paleoproterozóicos (2130 – 2160 Ma);
 Grupo 3: Granitos alcálicos Paleoproterozóicos, com termos shoshoníticos e potássico-ultrapotássicos (2105 – 2070 Ma), incluindo rochas máficas lampróficas, dioríticas e piroxeníticas que ocorrem associadas.

Durante o Arqueano, um importante episódio de geração crustal ocorreu no NSer, o qual resultou na colocação de diversos plutões graníticos (Grupo 1). Estes granitos intrudiram uma crosta mais antiga, cuja presença é indicada por xenocristais de zircão com até 3,6 Ga. Esta evolução crustal arqueana foi sem dúvidas bastante complexa em face de registros de numerosos eventos de acreção crustal que ocorreram no intervalo de 3,6 a 2,6 Ga. As rochas gnáissicas do embasamento são composicionalmente complexas, com bandamentos alternando rochas máficas e félsicas em escalas que variam de alguns centímetros a centenas de metros de espessura. Os contatos entre as unidades gnáissicas são sub-paralelos a interdigitados, com direções predominantemente NW-SE. Os terrenos de *greenstone* sofreram metamorfismo na fácies xisto-verde, com fácies de grau anfíbolito baixo a médio restrito à vizinhança dos plutões granitoides, resultado dos efeitos termais das colocações destes magmas. Existiram repetidas intrusões de suítes graníticas e de rochas máficas através das litologias do complexo do embasamento, e numerosos eventos tardios que afetaram estas assembléias arqueanas. Não há conhecimento de registros geológicos no intervalo de 2,6 a 2,2 Ga na área.

Contrastando com o arqueano, a evolução paleoproterozóica no NSer foi mais simples. Os eventos graníticos paleoproterozóicos foram associados a encurtamento crustal, dobramentos e metamorfismo, relacionados à Orogenia Transamazônica. O evento magmático ocorreu em episódios distintos no período de 2,25 a 2,07 Ga (Rios, 2002). As primeiras unidades graníticas paleoproterozóicas (2,13 a 2,16 Ga – Grupo 2), apresentam assinatura cálcio-alcálica normal, com termos TTGs subordinados e caráter metaluminoso a peraluminoso. As rochas tardias do NSer (Grupo 3) são representadas por granodioritos, monzonitos, sienitos, sienodioritos e shoshonitos (Rios, 1997, 2002). Elas formam uma assembléia distinta dos termos cálcio-alcálicos, volumetricamente menos expressiva, e pós-datam o principal ciclo vulcânico-plutônico e a maioria dos registros de deformação transamazônica. Este magmatismo alcálico é mais presente na porção sudoeste do NSer e varia de ultrapotássico (lamprófiro) a sienítico potássico e shoshonítico. As últimas expressões plutônicas do NSer são os K-granitos peraluminosos de caráter shoshonítico (~2,07 Ga; Rios *et al.*, 2000).

SITUAÇÃO DAS ROCHAS GRANÍTICAS ORNAMENTAIS NO NORDESTE DA BAHIA

Em todo o mundo, rochas de natureza granítica vêm sendo valorizadas e exploradas na forma de agregados para a construção civil e como rochas ornamentais. O setor de granitos ornamentais do Brasil tem crescido significativamente. Até 1987, só importávamos e hoje o Brasil responde por ~10% das exportações mundiais de granitos. No país, a extração e transformação de rochas ornamentais têm se tornado relevante no contexto global da indústria extrativa. O custo médio de extração é de US\$ 268/m³ com valor médio de venda de US\$ 445/m³, apesar dos tipos mais excepcionais alcançarem até US\$ 1500/m³ (ex. Azul Bahia). No mercado internacional os granitos brasileiros, dominados pelos tipos extraídos em Minas Gerais, fulguram entre os mais procurados. Segundo César-Mendes & Jordt-Evangelista (2001) os tipos mais caros envolvem os que possuem estruturas metamórficas (série verde movimentada), colorações avermelhadas (Granito Kinawa) e grandes cristais de feldspatos (Café Imperial).

A Bahia é o estado que possui a maior variedade de padrões e cores de granitos no Brasil. Infelizmente, contudo, a indústria de rochas ornamentais nordestina atualmente não consegue competir no mercado, em face de seus elevados custos e baixa produtividade, reflexo direto da ausência de parâmetros prospectivos e exploracionais. Silveira e Neto (1996) associam às pedreiras em atividade na Bahia uma produtividade muito abaixo da média brasileira (4,6 m³/homem/mês na Bahia *versus* 20 m³/homem/mês no Brasil) e correlacionam o número reduzido de pedreiras, atualmente apenas 30 (trinta) em atividade em granitos, à inexistência de indústrias de transformação na região. Dos 1600 teares do Brasil, apenas 48 encontram-se na Bahia, sendo em grande parte equipamentos velhos e obsoletos. No NSer não existe nenhuma estimativa de quantas pessoas vivam da extração de pedra. Ainda assim, a Bahia vem ocupando nos últimos anos posição de crescente destaque no mercado nacional e internacional de rochas ornamentais.

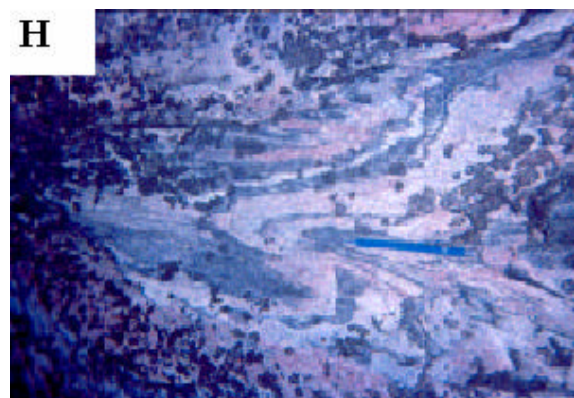
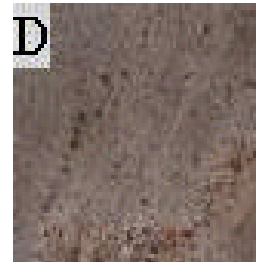
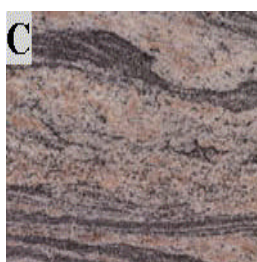
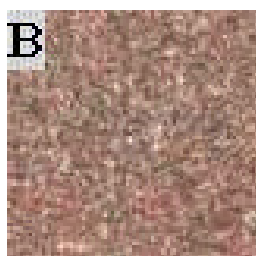
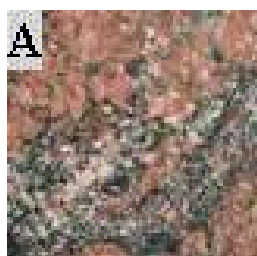
No Nordeste do Estado da Bahia existe um grande número de tipos de rochas graníticas, com imenso potencial para rochas ornamentais, de excelente qualidade do ponto de vista das demandas atuais do mercado consumidor internacional e nacional. No NSer, a avaliação preliminar dos granitos e seu potencial ornamental, confirma a pluralidade de tipos descritos (Rios, 2002). Os estudos já provaram que a maior parte desta região é constituída por rochas cristalinas e intrusões magmáticas pertencentes a terrenos pré-cambrianos, que são tidos como ideais para a produção de rochas ornamentais.

No NSer predominam os granitos de cor róseo-verde-acinzentada (arqueanos; Foto 1), considerados clássicos no mercado mundial de rochas ornamentais, com sub-tipos com foliações metamórficas, augens (Foto 1-E), estruturas migmatíticas (Foto 1-H), fusões locais e presença de

veios pegmatíticos grosseiros. Os granitos paleoproterozóicos do NSer, tipicamente magmáticos, são ainda mais diversificados, com sub-tipos sintectônicos com augens de feldspatos e quartzo (Grupo 2 – Foto 2), e sub-tipos pós a tardi-tectônicos, com rochas bastante heterogêneas, porfíricas, com textura de mistura de magmas máficos e félsicos (Foto 3-E) e fácies K-feldspato ortocumulatos (sienitos, Grupo 3 – Foto 3) ou, rochas isotrópicas, caracterizadas pela sua homogeneidade de granulagem, cor e estrutura, além de foliações de fluxo magmático (K-granitos, Grupo 3 – Foto 3 A, B).

O problema é que, apesar da variação dos padrões estéticos existentes no NSer, e o conseqüente potencial para rochas ornamentais, inexistem estudos técnicos que viabilizem e direcionem o aproveitamento econômico destas rochas. O completo desconhecimento dos parâmetros geo-tecnológicos dos granitos do NSer somado à ausência de parâmetros previsionais orientativos para a seleção de sítios adequados à sua prospecção e extração, resultam no fato de que, as poucas pedreiras em funcionamento no NSer não exploram rochas para fins ornamentais, sendo prioritariamente voltadas para extração de rochas para utilização em enrocamento, lastro e pavimentos, materiais de baixo valor agregado, e ainda utilizando métodos rudimentares de extração. Como não existem critérios técnicos e/ou econômicos que justifiquem a escolha de uma nova jazida, uma nova pedreira pode surgir em qualquer afloramento rochoso que os mineradores considerem promissor. Este tipo de mineração desordenada gera prejuízos não só ambientais e culturais, mas também sociais, com exploração da mão de obra, inclusive a infantil.

É urgente a necessidade de caracterizar geo-tecnologicamente os granitos do NSer. Atualmente, a exploração de rochas graníticas na região, seja como ornamental ou como agregados é, na melhor das hipóteses, modesta. Os dados levantados neste estudo (Tab. 1) demonstram que atualmente existem na região apenas 8 (oito) pedreiras, sendo que duas ainda em fase de implantação.



(A) Granito Lagoa dos Bois com enclaves do embasamento; (B) Granodiorito Eficéas.

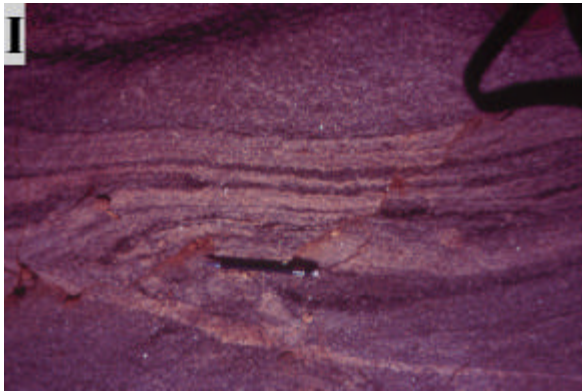


Foto 1. Granitos róseo-verde-acinzentados do Grupo 1. Fotos de rochas polidas dos tipos comerciais já explorados no NSer (Fonte: Catálogo de Rochas Ornamentais da ABIROCHAS): (A) Granito Maracanã (Uauá); (B) Granito Monte Santo, Monte Santo; (C) Granito Tropical Bahia, Monte Santo; (D) Granito Multicolor Rosa, laçu. Tipos arqueanos fotografados em campo, em diferentes regiões do NSer: (E) Gnaíse bandado com augens de quartzo da porção sudoeste do embasamento; (F) Exploração ilegal no granito gnaíse do embasamento; (G) Visão dos blocos de granito extraídos na pedreira anterior; (H) Migmatito do embasamento noroeste, (I) granito arqueano no nordeste do NSer.

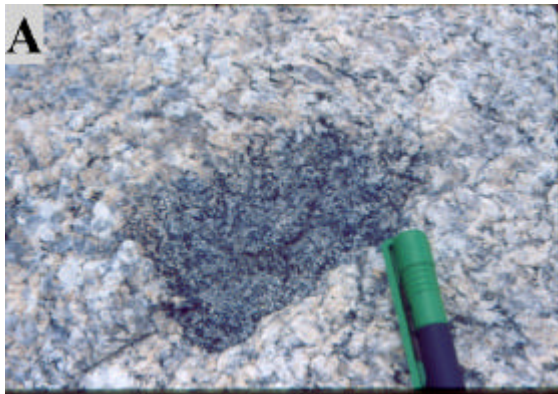


Foto 2. Granitos paleoproterozóicos do Grupo 2. Fotos de campo em diferentes regiões do NSer:

Este estudo conseguiu identificar explorações de rochas ornamentais em apenas cinco dos trinta e oito municípios da região: Santa Luz, Cansanção, Queimadas, Uauá e Monte Santo. Os granitos “Cinza Prata” ou “Cinza Pratinha” em Cansanção (Foto 3-I); “Itaera” em Santa Luz (Foto 3-H), e “Café Royal” em Queimadas (Foto 3-G), são atribuíveis aos granitos alcalinos do Grupo 3 (Rios, 2002). Todas as demais pedreiras catalogadas (vide Tab. 1) exploram os denominados granitos “movimentados”, “vermelhos” ou “fantasia” e encontram-se em rochas quartzo-dioríticas e gnáissicas arqueanas (Foto 1 A-D), o que demonstra que o potencial dos tipos paleoproterozóicos, ainda mais diversificados que os arqueanos do ponto de vista textural/ estrutural/ composicional (Rios, 2002), tem sido subestimado.

Os granitos de coloração avermelhada e foliação gnáissica marcante são volumetricamente expressivos no NSer (Fig. 1). Estas rochas apresentam ainda importantes remobilizações devido a processos de migmatização localizados, o que lhes confere o título de “granitos movimentados” ou “granitos multicolor” e eleva seu valor comercial pelo diversificado padrão estético. Este é o tipo de rocha explorado na região de Monte Santo (Granito Monte Santo, Fantasia, Tigrado Fantasia ou Tropical Bahia – Foto 1-B, C); laçu (Multicolor rosa – Foto 1-D); e em Uauá (Granito Maracanã – Foto 1-A), e é o produto de maior volume de produção da Bahia. As reservas medidas estão em torno de 9.000.000 m³ (DNPM, 2001) e suas reservas potenciais são imensas no NSer, o que garante a continuidade do padrão do produto lavrado, fato essencial quando se deseja inserir o material no mercado externo.

As rochas alcalinas, volumetricamente menos expressivas, porém com um fantástico potencial estético e muito procuradas no mercado começam a ser exploradas no NSer, com pedreiras em fase de implantação em rochas sieníticas de Santa Luz (Granito Itaera – Foto 3 - F, H) e em Queimadas (Café Royal – Foto 3-G). Pedreiras são frequentes ao longo da estrada Santa Luz – Queimadas em rochas granodioríticas do Grupo 3, os granitos Morro do Lopes (Foto 3 – A, B), comercialmente conhecidos como Cinza Pratinha ou Cinza Prata (Foto 3-I), porém prioritariamente estas rochas ainda são exploradas como paralelepípedos e britas, e só agora começam a ter valor ornamental, haja vista as belíssimas estruturas de fluxo que apresentam.

Com tudo isto, o estágio de completo desconhecimento das propriedades tecnológicas destes granitos do NSer torna sua lavra, no mínimo, artesanal. As pedreiras em funcionamento operam com insuficiente capacidade técnica, sendo a exploração planejada somente em função das observações do maciço rochoso, inexistindo pesquisas válidas de viabilidade tecnológica para avaliação das reservas (quantidade e qualidade). Os prejuízos são diversos: as pedreiras despejam os resíduos na própria área de exploração, condicionando a evolução e o aproveitamento dos

recursos subjacentes; usam métodos pouco eficientes e perigosos, principalmente explosivos; e não possuem planos de preservação ambiental.

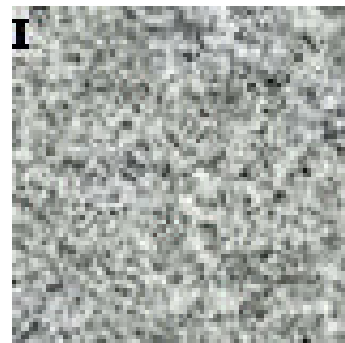
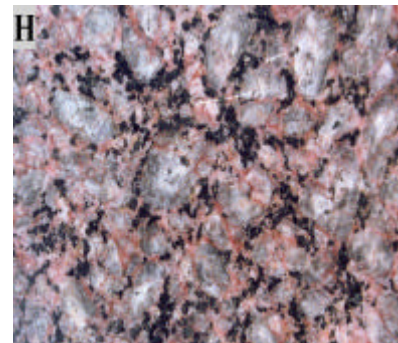
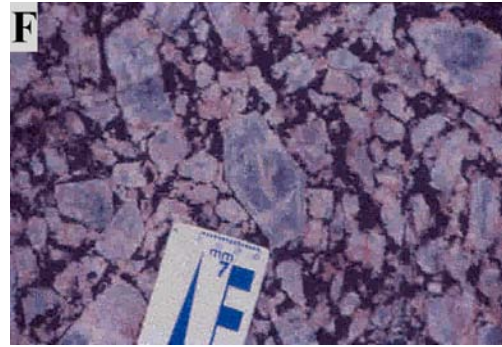
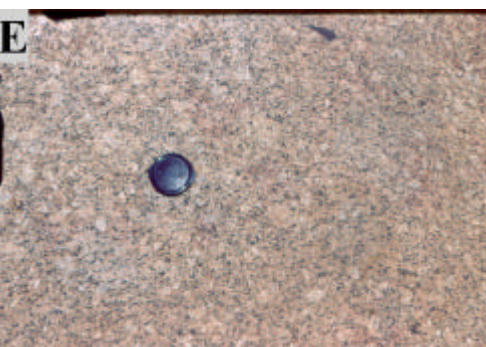
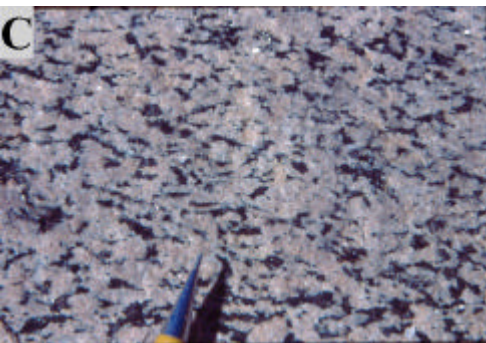


Foto 3. Granitos paleoproterozóicos do Grupo 3. Fotos de campo em diferentes regiões do NSer: (A) Pedreira para brita e paralelepípedos no K-Granito Morro do Lopes; (B) Detalhe de estrutura de fluxo em K-granito cinza de Morro do Lopes; (C) Sienito de Serra das Bananas; (D) K-granito vermelho de Pedra Vermelha; (E) Sienito Pintadas; (F) Sienito de Morro do Afonso. Fotos de rochas polidas dos tipos comerciais já explorados no NSer (Fonte: Catálogo de Rochas Ornamentais da ABIROCHAS): (G) Granito Café Royal, Queimadas; (H) Granito Itaera, Santa Luz; (I) Granito Cinza Pratinha, Cansanção.

O conhecimento das propriedades petrográficas e tecnológicas dos corpos graníticos sinalizam, portanto, como uma opção para viabilizar um aumento da produtividade das pedreiras do leste

Bahia, com redução de custos e melhor gerenciamento/aproveitamento dos recursos minerais, minimizando os danos ambientais.

Tabela 1. Inventário das pedreiras em granitos do Núcleo Serrinha, Bahia.

MUNICÍPIO	ROCHA*	COORDENADAS UTM	COR	NOME COMERCIAL	EMPRESA
1 Monte Santo	Granito	445.243995 E 8866.9038337 N	Vermelho	Monte Santo	Mármore da Bahia S/A
2 Monte Santo	Leucogranito	456.186257 E 8874.2903075 N	Multicolorido	Tropical Bahia	Verona Mineração Ltda.
3 Uauá	Quartzo Diorito	448.8548945 E 8894.5512706 N	Movimentado	Maracanã	Mármore da Bahia S/A
4 Cansanção	Granodiorito		Cinza	Cinza Prata	Nord Mineradora Ltda / ICESA
5 Iaçú	Biotita-gnaisse	448.7663077 E 8959.0475869 N	Multicolorido	Multicolor Rosa	Martinez e Espindedo Ltda.
6 Santa Luz	Sienito		Marrom	Itaera	Ewerton Rios de Araújo Ltda
7 Queimadas	Granito	450.8397993 E 8783.983654 N	Marrom	Café Royal	Bege Bahia Ltda.
8 Queimadas	Sienito	450.8397993 E 8783.983654 N	Marrom	Café Royal	Água Marinha Ltda.

FONTE: Catálogo de Rochas Ornamentais, ABIROCHAS & CBPM - Pesquisa Direta – Economista Ana Cristina Magalhães. * O termo "rocha", corresponde ao nome científico com base em parâmetros mineralógicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os granitos do NSer ocorrem desde como pequenos *stocks* a imensos batólitos. Eles formam maciços rochosos que possuem grandes áreas expostas em superfície. Isto ocorre não apenas devido aos fatores climáticos e geomorfológicos da região leste do estado, mas também em resposta às características físico-químicas destas rochas, e resulta em relevos proeminentes no quadro tipicamente arrasado da região. É o mesmo clima semi-árido/desértico que impede o desenvolvimento de solos espessos e/ou vegetação de maior porte, limitando a agricultura e pecuária, que favorece e gera grandes áreas de exposição rochosa, onde os tipos aflorantes encontram-se pouco ou não alterados mesmo superficialmente. Estas são características desejáveis em áreas para exploração de rochas ornamentais, onde a facilidade de extração pode tornar-se um fator limitante na exploração da pedra, sendo extremamente favoráveis à implantação das pedreiras.

Ao todo são mais de sessenta corpos graníticos cartografados (Rios, 2002), os quais apresentam extensa variabilidade litológica, textural e composicional, resultando em belos e diversificados padrões estéticos e cromáticos. Os trabalhos de mapeamento permitiram ainda identificar a ocorrência de pequenas pedreiras, algumas das quais paralisadas e inúmeras áreas favoráveis à implantação de frentes de lavra, além de uma infraestrutura básica (estradas asfaltadas e estrada de ferro cortando diversos afloramentos) favorável ao escoamento de uma possível produção em direção ao centro portuário de Salvador.

Atualmente a Bahia produz e comercializa mais de 65 tipos de granitos (H. Azevedo, Unpub.). Contudo no NSer existem oficialmente catalogadas apenas 5 pedreiras em operação (Tab. 1). Destas três produzem granitos movimentados, uma, granito cinza e outra, granito vermelho. Em fase de abertura encontram-se três jazidas: uma em Santa Luz e outras duas em Queimadas, todas em sienitos.

A possibilidade de identificação e caracterização de sítios de rochas ornamentais no Núcleo Serrinha é extremamente favorável ao desenvolvimento da região. Neste contexto, a situação geológica peculiar do NSer, com seus diversos tipos de granitos, vem sendo avaliada, buscando-se inventariar e caracterizar geológica e tecnologicamente os tipos existentes e suas potencialidades para utilização como rochas ornamentais. Os quatro fatores essenciais quando se deseja avaliar a potencialidade de rochas para uso ornamental - (i) considerações geológicas: petrografia, mineralogia e estruturas adequadas à extração; (ii) relevo, que facilite a extração dos blocos a um custo viável; (iii) respostas satisfatórias aos ensaios tecnológicos; e, claro (iv) uma estética que as faça objeto de cobiça do consumidor - estão sendo avaliados, visando determinar parâmetros previsionais que sejam orientativos para a prospecção e exploração de rochas ornamentais graníticas no Núcleo Serrinha (NSer) e áreas geologicamente similares do Estado da Bahia. A consequência direta do acesso destas informações pelos interessados (pequenos e médios empresários do setor mineral) orientará as futuras prospecções e explorações, e permitirá o uso de tecnologia adequada às características da rocha, e planejamento direcionado à preservação ambiental.

A integração dos estudos existentes com técnicas de geo-processamento, interpretação e

tratamento de imagens, apoiadas pela caracterização geo-tecnológica e estabelecimento de critérios previsionais orientativos para a prospecção e exploração de granitos como rochas ornamentais no Núcleo Serrinha, permitirá a geração de uma base de dados previsionais de alto nível técnico científico, capaz de fornecer informações precisas e confiáveis sobre possíveis jazimentos, propiciando suporte técnico adequado a futuros investidores.

Agradecimentos

Esta é a contribuição 153/2003 do GPA/CPGG/UFBA. A pesquisa vem sendo desenvolvida graças ao apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), através do Programa PRODOC II, com o incentivo da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM). Os autores agradecem à FAPESB as bolsas DCR e ICs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1999. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia. 650p.
- Caranassius, A. & Vidal, F.W.H., 2001. Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. In: R.C. Villas-Bôas & G.A.S.C. de Albuquerque (Eds.) Canteras-Escuelas en Iberoamerica. CNPq-CYTED. Rio de Janeiro. p. 89-98.
- Mascarenhas, J.F., 1979. Evolução geotectônica do Pré-Cambriano do Estado da Bahia. In: H.A.V. INDA (Ed.) Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Textos Básicos. SME/CPM, Salvador, Bahia. 2: 57-165.
- Oliveira, E.P., Souza, Z.S., Correia Gomes, L.C., 1999. U-Pb dating of deformed mafic dike and host gneiss (Uauá Block, NE Sao Francisco Craton, Brazil): Implications for understanding reworking process in Archaean terranes. Proceedings of First International Symposium on Tectonics of the Brazilian Geological Society, Lençóis-BA. Abstract-volume.
- Rios, D.C., 1997. Petrologia do magmatismo potássico-ultrapotássico e lamprofírico de Morro do Afonso, Bahia. Unpub.: Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 237p.
- Rios, D.C., 2002. Granitogênese no Núcleo Serrinha, Bahia, Brasil: Geocronologia e Litogeoquímica. Tese de Doutorado, 239p (Unpub.).
- Silva, M.G., 1991. Evidências de uma tectônica de colisão-subducção no Paleoproterozóico do Estado da Bahia. Simp. de Geol. do NE, Recife-PE, SBG, Anais: 216-219.
- Silveira, J.C. & Neto, B.D., 1996. Cadastro das pedreiras de rochas ornamentais do Estado da Bahia. SGRM/SICM. Bahia. 113p.
- Vargas, T., Motoki, A. & Neves, J.L.P., 2001. Rochas Ornamentais do Brasil, seu modo de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres de construção. Revista de Geociências. 2 (2): 119-132.

VIDEO-SONDA PARA INSPEÇÃO DE ESTUDOS DE PETROGRAFIA E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

Sérgio Campos Pedrosa

Engenheiro Mecânico. CETEMAG – Centro Tecnológico do Mármore e Granito. Rodovia Cachoeiro x Muqui, 120 – Aeroporto – Cachoeiro de Itapemirim – ES. Telefone (28) 3521-3131. E-mail: administração@cetemag.com.br

RESUMO

Endoscópio Industrial (Vídeo Sonda), para inspeção de estudos de petrografia e estruturas geológicas, ideal para aplicação em rochas ornamentais. Os objetivos são a caracterização petrográfica de rocha a partir da determinação de sua paragênese e a identificação de estruturas geológicas, que podem vir a caracterizar defeitos comerciais para o material, através da introdução de uma sonda em perfurações feitas com equipamento tipo martetele, fundo-furo ou similar, com diâmetro superior a trinta (30) milímetros, efetuadas em rochas. Após as perfurações, os furos são umedecidos com objetivo de revelar a paragênese da rocha. Faz-se a introdução da sonda na perfuração capturando-se as imagens, em equipamento de vídeo, monitorando a graduação do cabo da sonda com o tempo de filmagem, de forma a obter-se a profundidade exata da estrutura observada. A captura das imagens é constante no sentido escolhido, oferecendo a possibilidade de giro da sonda em até 360° para gravação de imagem, são projetadas em escala real, possibilitando a perfuração do furo em menor tempo e menor custo.

INTRODUÇÃO

A prospecção em subsuperfície em rochas ornamentais, tem sido desenvolvidas convencionalmente, por métodos diretos e indiretos de observações. No primeiro caso, os custos para realização destes trabalhos, são elevadíssimos, sem contar com a grande dificuldade em operacionalizar equipamentos de sondagens de grande porte, em razão das dificuldades de acesso às rochas. Já no segundo caso, ou seja, a prospecção por método indireto, acaba por não nos revelar elementos de importância da rocha, vinculando tais observações a estudos interpretativos, podendo com isto acarretar em conclusões controversas, sem poder-se definir objetivamente o perfil da mesma.

Pelo método da vídeo-sonda, teremos um tipo de prospecção que poderíamos definir como método semi-direto, onde as informações poderão ser observadas no monitor de um vídeo ou de computador, trazendo-nos a imagem fidedigna, em escala real de 1:1, com a possibilidade de uma visão rotacional de 360°, de todos elementos da rocha, como mineralogia, descontinuidades, estruturas plásticas e rígidas.

Comparativamente aos demais métodos de prospecção, a vídeo-sonda proporciona um custo operacional extremamente baixo, ao alcance de

qualquer empreendedor que deseje desenvolver trabalhos de pesquisa mineral, exploração em maciço rochoso para rochas ornamentais de quaisquer naturezas como granitos, além de mármore, quartzitos, silexitos, pedra-sabão e basaltos entre outras, bem como para outros aplicativos como investigações geotécnicas, estruturas em construções civis, poços abandonados, etc.

OBJETIVOS

Os objetivos são a caracterização macroscópica da petrográfica de rocha a partir da determinação de sua paragênese, suas variações e a identificação e observação de estruturas geológicas, que podem vir a caracterizar defeitos comerciais para o material, através da observação por câmera acoplada em uma sonda a ser introduzida no interior de uma perfuração realizada com equipamento tipo martetele, fundo-furo ou similar, com diâmetro superior a trinta (30) milímetros, efetuada na rocha.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO

O vídeo-sonda além de versátil, é um equipamento portátil, que pode ter sua aplicabilidade para trabalho em qualquer local, independente do relevo, vias de acesso ou outro tipo de restrição, bastando para tal, que exista uma perfuração na rocha com diâmetro superior a 30 milímetros (Foto 1, 2, 3 e 4).



Foto 1 – Vídeo Sonda



Foto 2 – Vídeo Sonda com case aberto



Foto 3 – Detalhe do Obturador da Sonda



Foto 4 – Detalhe do cabo com a numeração de posicionamento

Características:

Peso: 25,0 Kgf

Dimensões: Comprimento – 0,60 m

Largura – 0,40 m

Altura – 0,15 m

Distância focal: Máxima – 0,05 m

Mínima – 0,00 m

Fonte: Corrente contínua 12 volts – Utilizando 4 baterias tipo 941 – 6volts.

CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS PARA PERFILAGEM

Para operacionalização do equipamento, faz-se necessária a existência de uma furação na rocha com diâmetro de no mínimo trinta milímetros, para que o vídeo-sonda possa ser introduzido.

Essa furação deverá encontrar-se limpa, devendo ser disponibilizada também um volume de água suficiente para umidificação das paredes do furo, para melhor filmagem da rocha. Furos muito antigos não são recomendados para este tipo de perfilagem em razão de seu mascaramento e escurecimento de suas superfícies (Foto 5).



Foto 5 – Detalhe da introdução do cabo no furo a ser sondado

Características operacionais para perfilagem do furo:

Condições para operacionalização: Furo pronto, recente ou limpo

Profundidade máxima: 20 m

Diâmetro mínimo do furo: 0,03 m

Velocidade de penetração: 0,3 m/min

Área para operação: 3,0 m²

Mão-de-obra necessária: 2 operadores

OPERACIONALIZAÇÃO DO MÉTODO

O processo se inicializa a partir do cadastramento do local a ser perfilado, com a obtenção das coordenadas geográficas com auxílio de GPS manual, para identificação do local a ser perfilado. Para trabalhos de maior detalhamento, aconselha-se equipamentos de maior precisão para locação.

Uma vez cadastrado o furo e considerando-se que o mesmo encontra-se limpo, sem qualquer obstrução ou resíduos em seu fundo, o equipamento é então aberto, iniciando-se a montagem do mesmo no próprio local onde será perfilado.

Por intermédio de um cabo especial, é realizada a conexão da sonda em um computador portátil ou câmara de vídeo, onde as imagens são gravadas e observadas em tempo real.

Em seguida, introduz-se o cabo da sonda até o final do furo, iniciando-se assim em sentido ascendente, o processo de perfilagem do furo.

A variação de profundidade durante a perfilagem é monitorada por intermédio de um controle temporal por contador digital, registrando-se continuamente o avanço da sonda.

O método pode ser interrompido a qualquer momento, sem prejuízo deste monitoramento. Essas interrupções são utilizadas principalmente para eventuais detalhamentos quando observados nos furos, onde se deseja estudá-lo com maiores rigores no momento da perfilagem.

Durante estas investigações, o equipamento proporciona ângulo de varredura de até 360°, sem perda do controle da relação profundidade/tempo. As informações necessárias são anotadas em caderneta e transcritas posteriormente em boletim próprio.

Ao final da perfilagem, o vídeo é repassado em sua integralidade, para que se possam obter as imagens filmadas e verificar-se sua qualidade e, havendo necessidade, ser repetido o processo.

Uma vez concluído o trabalho, procede-se o recolhimento da sonda ótica, seguindo-se a desconexão da mesma e a desmontagem do equipamento, encerrando-se a perfilagem daquele furo.

A equipe técnica realizará a compilação dos dados em escritório, para a final entregar ao interessado, o material resultante dos trabalhos desenvolvidos, composto por uma fita de vídeo editada ou cópia gravada em CD, juntamente com o respectivo boletim de sondagem com imagens digitais, trazendo todas as informações obtidas durante a perfilagem e interpretadas em escritório, através do vídeo.

Para análise e observação dos resultados, o interessado deverá disponibilizar um vídeo k7 e uma televisão para reprodução das imagens, ou um computador com seguintes requisitos de sistema:

Microsoft Windows XP Profissional / 2000 / 98 / 98SE / Me.
Processador da classe Intel Pentium
128 MB RAM ou mais
Drive de CD ROM e Gravador de CD

Em anexo encontra-se a Planilha de Relatório de Vídeo Sondagem, para controle da operacionalização do furo em estudo.



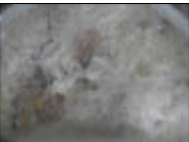

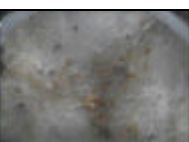
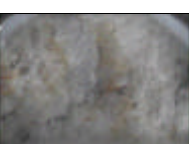
CONCLUSÕES

Os estudos inerentes ao vídeo-sonda, apresentam resultados bastante satisfatórios com relação à perfilagem da rocha a ser estudada, quando não se pode realizar perfurações por sondagens rotativas. Por ser um método de relativa simplicidade, seu procedimento é auto-aplicativo, sem a necessidade de detalhamentos do mesmo, já que se

constitui na utilização integrada de equipamentos disponíveis no mercado.

O processo é considerado como método semi-direto de investigação, pois apesar de não poder trazer para estudo, em superfície, os testemunhos da rocha, trás imagens em escala real da rocha, quando então a mesma poderá ser investigada de forma detalhada.

O custo operacional é baixo quando comparado ao tradicional método de prospecção direta por sondagem rotativa e, havendo a possibilidade de compará-la com testemunhos de sondagem, permite um adensamento dos dados disponíveis sem onerar significativamente os resultados.

RELATÓRIO DE VÍDEO SONDAGEM				
EMPRESA:				DATA: _ / _ / _
MATERIAL :				
LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA:				
Nº FURO:		COORDENADAS:		
DESCRIÇÃO LITOLÓGICA: Apresenta o padrão de homogeneidade de rochas, podendo-se observar nitidamente os cristais de quartzo, plagioclásio, biotita e granada.				
PROFUNDIDADE DE	MARCADOR DIGITAL	Nº IMAGEM	DESCRIÇÃO DA IMAGEM	IMAGENS
6,60			Nº 01 – Imagem de uma descontinuidade observada na rocha, compondo uma estrutura de capeado, com abertura interna de cerca de 0,5 cm.	
6,40				
6,20				
6,00				
5,80				
5,60			Descrição de um cristal de quartzo observando-se o cristal de biotita na parte inferior do primeiro	
5,40				
5,20				
5,00				
4,80				
4,60			Cristais de granada, diferenciando-se por uma coloração avermelhada	
4,40				
4,20	11'20"			
4,00	11-31			
3,80	11-42			
3,60	11-54		Estrutura de oxidação característica em rochas granitóides do norte do estado do ES, proveniente de alteração de minerais sulfetados.	
3,40	12-05			
3,20	12-16			
3,00	12-28			
2,80	12-45			
2,60	13-15		Imagem de uma pequena fratura sub-horizontal	
2,40	13-26			
2,20	13-36			
2,00	13-49			
1,80	13-56			
1,60	14-05		Imagem de clivagem do plagioclásio no lado direito da tela	
1,40	14-14			
1,20	14-23			
1,0	14-34			
0,8	14-40			
0,6	14-48			
0,4	14-56			
0,2	15-04			
0,0	15-17			
OPERADORES:				

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DO GRANITO ORNAMENTAL SERRA DO BARRIGA,
SOBRAL/CE: RESULTADOS PRELIMINARES

Irani Clezar Mattos¹, Antonio Carlos Artur² e José Araújo Nogueira Neto³

¹Geóloga do Programa SENAI de Apoio ao Setor de Rochas Ornamentais - SENAI/CE e Pós-Graduação UNESP. Rua Júlio Pinto, 1873 – Bairro Jacarecanga – 60.035-010 – Fortaleza – CE – E-mail: icmatos@sfiiec.org.br

²Dpto de Petrologia e Metalogenia – DPM/IGCE/UNESP – Av. 24 A, 1515, B. Vista, 13506-900 – Rio claro, SP – E-mail: acatur@rc.unesp.br

³Universidade Federal do Ceará/DEGEO – Bloco 912 – Campus do PICI – Bairro PICI – 60.455-760 – Fortaleza – CE – E-mail:nogueira@ufc.br

RESUMO

São apresentados resultados de análises petrográficas e de caracterização tecnológica preliminares de quatro tipos de granitos ornamentais do *stock* da Serra do Barriga, localizado no município de Sobral, CE. As variedades exploradas correspondem a sienogranitos e monzogranitos, isotrópicos, e englobam termos petrográficos com texturas inequigranulares, de granulação média a grossa a megaporfiríticas, colorações que variam entre rosa e branco, e comercializados sob as denominações de Rosa Iracema, Rosa Olinda, Branco Savana e Branco Cristal Quartzito.

Algumas correlações entre dados petrográficos e valores físico-mecânicos são diretas e evidentes, denotando clara interdependência entre os referidos parâmetros. Assim, os tipos petrográficos representados pelos tipos graníticos rosas apresentaram maior desgaste abrasivo, devido ao menor índice de quartzo. A correlação entre o índice de coloração e massa específica é direta para todas as amostras. Os granitos mais densos, mais resistentes à flexão e menos alterados são os rosas (Rosa Iracema e Rosa Olinda), confirmado pela correlação entre a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, massa específica e a resistência à flexão 3 e 4 pontos. Os resultados obtidos nos ensaios físicos e físico-mecânicos qualificam os granitos ensaiados como detentores de boa qualidade, cujos parâmetros tecnológicos apresentados são, no geral, superiores ou próximos aos valores limítrofes estabelecidos pela ASTM (1992) para utilização como rochas ornamentais e de revestimento em ambientes internos e externos de edificações.

INTRODUÇÃO

O emprego de rochas ornamentais como material de revestimento na construção civil, principalmente de fachadas e pisos, tem apresentado um crescimento significativo nas últimas décadas. Esta expansão, aliada ao considerável aumento na diversidade de materiais pétreos ofertados pelo mercado, tem demandado conhecimentos técnicos sobre o desempenho destes materiais frente às solicitações a que os mesmos estarão submetidos ao longo do tempo.

O conhecimento das propriedades físicas, físico-mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas ornamentais e de revestimento, constitui-se num fator de grande importância na melhor adequação do material ao ambiente de aplicação e, conseqüentemente, na prevenção do aparecimento de patologias associadas à degradação da rocha. Por outro lado, a crescente utilização dos parâmetros petrográficos das rochas nos últimos anos, através dos seus aspectos composicionais, mineralógicos e estruturais, na qualificação das rochas ornamentais tem contribuído significativamente para uma avaliação preliminar mais segura das características físico-mecânicas dos materiais pétreos e suas suscetibilidades em relação aos ambientes cada vez mais agressivos a que são submetidas.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta dados de análises petrográficas e de caracterização tecnológica preliminares de granitos ornamentais do *stock* Serra do Barriga (CE). Os estudos visam, ainda, a correlação entre as principais características mineralógicas, texturais e estruturais das rochas estudadas com os resultados dos seus ensaios físico-mecânicos, objetivando o melhor entendimento da influência dos parâmetros petrográficos no comportamento tecnológico dos materiais pétreos.

O STOCK GRANÍTICO SERRA DO BARRIGA

O *stock* granítico Serra do Barriga está localizado na porção NNW do Estado do Ceará, aproximadamente 3 km à Norte do km 220 da BR 222. A área está enquadrada entre o município de Irauçuba e Forquilha nas localidades da Fazenda Palmeira e Fazenda Maurício, mas pertencente ao município de Sobral.

No contexto geológico regional, o referido granito situa-se na porção noroeste do DCC (Domínio Ceará Central) e está intrudido em duas grandes unidades: o Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiferenciado de alto grau metamórfico (Arthaud *et al.*, 1986) e a Unidade Metassedimentar Cariré-Sobral composta por xistos, quartzitos, calciossilicáticas, paragnáisses e metacalcários dispostas em faixas alongadas. Uma destas faixas é cortada pela intrusão granítica pós-tectônica Serra do Barriga, conforme representado na figura 1.

A intrusão do granito Serra do Barriga deu-se, conforme Tavares Jr. (1992), a 482 ± 8 Ma. De acordo com as últimas datações U/Pb realizadas em cristais de monazitas do granito Rosa Iracema, a idade mínima obtida foi de $522,2 \pm 7,6$ Ma., sugerindo que os granitos da Serra do Barriga pertencem ao mesmo evento magmático de formação dos Granitos Meruoca e Mucambo.

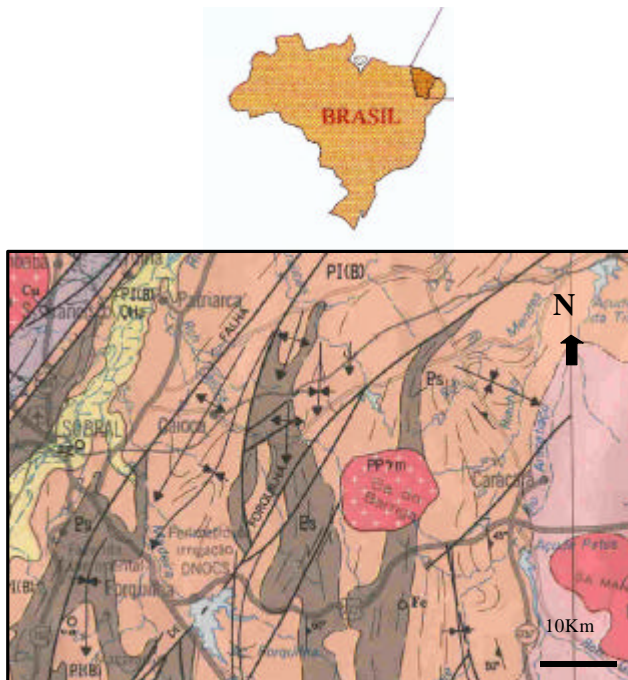
O corpo granítico Serra do Barriga possui extensão de aproximadamente 36 Km^2 , apresenta forma arredondada cujo diâmetro aproximado é de 6 km. É caracterizado como pós-tectônico, de natureza anorogênica, apresentando idade paleozóica. De acordo com sua geoquímica é classificado como peraluminoso tendendo a metaluminoso, peralcalino de alto potássio (Mattos *et al.*, 2003).

O stock granítico que compõe a Serra do Barriga possui caráter polintrusivo. Estas variadas texturas, cores e tonalidades no mesmo corpo granítico são resultantes da incorporação de novos pulsos magmáticos graníticos, bem como pela assimilação de xenólitos da encaixante e também por alterações pós-magmáticas e hidrotermais. Foram descritos vários tipos fiolológicos, porém optou-se detalhar apenas os fácies explorados comercialmente, os quais geram maior interesse e, conseqüentemente, maior aplicabilidade dos resultados da pesquisa para a indústria de rochas ornamentais.

De forma abrangente, o stock Serra do Barriga é formado por granitos megaporfiríticos, apresentando padrões cromáticos bem caracterizados que variam entre tons de rosa e branco, sendo sua utilização como rocha ornamental amplamente reconhecida pela indústria. Este granito é composto por fenocristais de feldspatos alcalinos, quartzo e plagioclásios, em meio a uma matriz quartzo-felspática, com mica branca, clorita e biotita, hipidiomórfica. Subordinadamente, ocorrem termos inequigranulares de granulação média a grossa, hipidiomórficos.

Ocorrem enclaves máficos microgranulares arredondados e diques sin-plutônicos, constituídos por fenocristais de plagioclásio envoltos em uma matriz fina de hornblenda, biotita e quartzo, e xenólitos da encaixantes que ocorrem de modo restrito, sobretudo nas porções NE e NW do corpo granítico.

O corpo granítico apresenta, localmente, oscilações nas concentrações de feldspatos e máficos, modificando além do seu caráter megaporfirítico (presença de fenocristais de K-feldspato) a sua coloração devido à variação nas proporções dos minerais que constituem a matriz quartzo-felspática, de acordo com Sauerbronn (2003).



$03^{\circ} 50' / 40^{\circ} 40'$

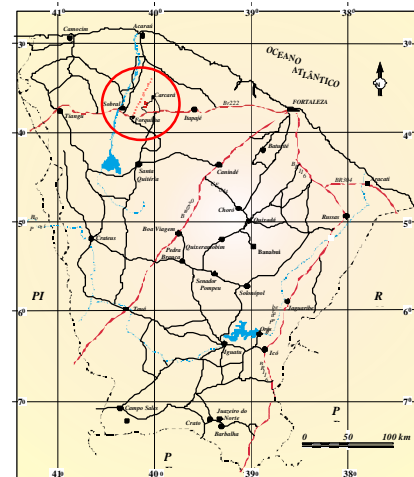


Figura 1 - Localização e Mapa Geológico-Estrutural da área onde está inserido o Granito Serra do Barriga mostrando a estrutura circular do corpo granítico e suas rochas encaixantes. Legenda: PI(B) Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiferenciado; Ps - Unidade Metassedimentar Cariré-Sobral; PPgm-Granitóides tipo Meruoca (Serra do Barriga). (Modific. de Cavalcante, et al. 1983)

PETROGRAFIA DOS TIPOS GRANÍTICOS ESTUDADOS

A variação faciológica encontrada no Granito Serra do Barriga permitiu a individualização de quatro tipos graníticos, comercialmente conhecidos por Rosa Iracema, Rosa Olinda, Branco Savana e Branco Cristal Quartzo. No Quadro 01 estão apresentados de forma resumida os dados para comparação das características petrográficas entre os fácies do Granito Serra do Barriga.

- *Rosa Iracema* – Considerando-se uma faixa da composição modal, pode ser classificado como Sienogranito (granito 3a de Le Maitre, 1989). Apresenta coloração rosa, granulação grossa, é holocristalina e exibe textura inequigranular hipidiomórfica, variando localmente para granular xenomórfica. É composto por microclina, quartzo, plagioclásio, micas e anfibólios. Minerais acessórios são representados por zircão, titanita, allanita, epidoto, apatita, fluorita e opacos, os minerais produtos de alteração são argilo-minerais e carbonatos. Possui uma variação em torno de 10 a 15% nos minerais máficos e de 20 a 30% nos cristais de quartzo. O microfissuramento varia entre médio a baixo, com fraturas intergrãos que se concentram nos limites dos cristais.
- *Rosa Olinda* – Pode ser classificado como Biotita Granito Pórfiro (granito 3b de Le Maitre, 1989). Diferencia-se dos outros fácies, pela textura hiatal, com pórfiros de K-feldspato distribuídos numa matriz quartzo-feldspática com máficos, gerando tons de rosa acinzentado. A mineralogia é muito semelhante ao Rosa Iracema: granulometria grossa com matriz quartzo-feldspática, fenocristais subédricos de microclina, quartzo em grandes cristais individuais, plagioclásio e biotita. O microfissuramento é interminerais entre contatos e clivagens, com intercomunicabilidade, mas a maioria das microfissuras é preenchida. A alteração para

argilominerais é comum, assim como alterações de óxido de ferro, que geram aspecto turvo aos feldspatos. A microclina pertítica é encontrada em megacristais com evidente borda de reação e/ou zoneamento composicional.

- *Branco Savana* - Possui composição que permite classificá-lo como Monzogranito (granito 3b de Le Maitre, 1989). Apresenta cor branco-acinzentada e granulação grossa. A textura é granular hipidiomórfica variando entre média a grossa. A rocha é inequigranular, com porções porfíricas, formada por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita e muscovita secundárias, além de epidoto e minerais acessórios como zircão, clorita, fluorita, argilo-minerais e opacos. Observam-se ainda, microfaturamentos intragranulares, principalmente nos feldspatos e cristais de quartzo em agregados anedrais com baixa intercomunicabilidade. Apresenta grau de alteração variando entre médio a alto, caracterizado pelas alterações sobre plagioclásios e k-feldspatos.
- *Branco Cristal Quartzo* – Este fácies não foi classificado. Apresenta coloração branca acinzentada. Granulação grossa com porções porfíricas e matriz com granulação média. A rocha mostra indícios de alteração hidrotermal (mica branca substituindo biotita e clorita). A mineralogia compreende quartzo, k-feldspato, plagioclásio, sericita, mica branca e biotita e fluorita. São comuns fenocristais de microclínio com inclusões de plagioclásio; albitas com mica branca e argilo minerais, ocorrem biotitas associadas à: alanita, anfibólio, zircão, titanita, rutilo e mica branca. As microfissuras são mais freqüentes no interior nos cristais de quartzo e apresentam baixa intercomunicabilidade. O grau de alteração é elevado e caracteriza-se pelo grande teor de sericita sobre os plagioclásios e k-feldspatos.

Quadro 01: Caracterização Petrográfica dos fácies do Granito Serra do Barriga – mb = mica branca

CARACTERÍSTICAS	ROSA IRACEMA	ROSA OLINDA	BRANCO SAVANA	BRANCO CRISTAL QUARTZO
COLORAÇÃO	Rosa	Rosa acinzentado	Branco-acinzentado, com matriz amarelada	Branco acinzentado
TEXTURA	Inequigranular a megaporfírico	Megaporfírico Serial c/ matriz inequigranular	Inequigranular a megaporfírico	Inequigranular c/ porções megaporfíricas
GRANULAÇÃO	Grossa	Grossa (matriz média)	Média a Grossa	Grossa (matriz média)
QUARTZO	26%,	25%	38%	34%
K-FELDSPATO	38%,	35%	30%	28%
PLAGIOCLÁSIO	26%,	20%,	26%	23%
BIOTITA E MICA BRANCA	7%	10% Biotita	6%	5% mb, 4% Biotita, 6% sericita
MINERAIS ACESSÓRIOS	Anfibólio, zircão, titanita, allanita, epidoto, apatita, fluorita e opacos	Anfibólio, zircão, titanita, apatita, fluorita e opacos	epidoto, zircão, clorita, fluorita, argilo-minerais e opacos	Fluorita, Biotitas assoc.c/ alanita, anfibólio, zircão, titanita, rutilo e mb
ESTADO MICROFISSURAL	Moderado.	Moderado	Moderado	Moderado
ALTERAÇÃO MINERAL	Feldspatos com sinais de argilo-minerais	Baixa. Anfibólios e biotitas inalterados	Moderada. Argilo-minerais sobre plagioclásios e k-feldspatos.	Moderada. Argilo-minerais sobre plagioclásios e k-feldspatos.
CLASSIFICAÇÃO	Granito inequigranular grosso	Biotita sienogranito megaporfírico	Granito Inequigran. médio-grosso	Granito Inequigran. grosso

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Os quatro tipos de granitos ornamentais caracterizados petrograficamente foram submetidos a ensaios de caracterização tecnológica. Os ensaios realizados foram: índices físicos (massa específica seca e saturada aparentes, absorção d' água aparente e porosidade aparente), resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão 3 pontos, resistência à flexão 4 pontos, desgaste abrasivo Amsler, resistência ao impacto de corpo duro e velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. Todos os ensaios foram executados de acordo com normas específicas da ABNT e da ASTM para rochas ornamentais.

Os dados de caracterização tecnológica dos granitos Serra do Barriga foram realizados anteriormente nos laboratórios da Divisão de Tecnologia Mineral (DITEM) do NUTEC, em Fortaleza/CE, entre os anos de 1989 e 2001 a pedido das empresas que comercializam os granitos.

Estes resultados foram compilados do Catálogo de Rochas Ornamentais do Ceará (CD-ROM) e apresentam valores normais de massa específica, porosidade aparente, absorção d'água aparente, impacto de corpo duro e compressão uniaxial simples. Estes valores estão apresentados no quadro 02 e podem ser comparados com os dados obtidos no Laboratório de Ensaios de Rochas Ornamentais do IGCE/UNESP mostrados no quadro 03.

São apresentados também no quadro 02 os valores limites para rochas silicáticas especificados pela Norma ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) para efeito de análise e comparação com os dados obtidos dos laboratórios.

Quadro 02 - Valores médios dos ensaios apresentados pelas empresas e dos ensaios realizados com as rochas amostradas para pesquisa e valores limites especificados pela Norma ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995).

ROCHA /Ensaio	M.E.Se kg/m ³	M.E.Sa. kg/m ³	P.A %	A.A %	D.A mm.	R.I. cm.	F.L. Mpa.	C.U. Mpa.
Rosa Iracema	2.64	2.64	0,34	0,13	0,63	61,3	11,4	110,9
Rosa Olinda	2.65	2.66	0,47	0,18	0,74	61,3	7,1	95,2
Branco Savana	2.62	2.62	0,27	0,10	0,57	65,0	5,7	94,6
Branco Cristal Quartzo	2.60	-	0,36	0,16	0,45	56,3	17,7	157,2
ASTM	≥ 2.56	≥ 2.56	n.e.	≤ 0,4	n.e.	n.e.	≥ 10,34	≥ 131,0
F & F (1995)	≥ 2.55	≥ 2.56	≤ 1,0	≤ 0,4	≤ 1,0	≥ 40,0	≥ 10,0	≥ 100,0

Fonte: American Society for Testing and Materials – ASTM (1992). F&F: Frazão & Farjallat (1995)

Nota: n.e. – Não Especificado • M.E. Se= Massa Específica Aparente Seca; • M.E. Sa= Massa Específica Aparente Saturada; • P.A.= Porosidade Aparente; • A.A.= Absorção d'Água; • R.I. = Resistência ao Impacto; • F.L.= Flexão 3Pontos • D.A.= Desgaste de Amsler para percurso de 1.000 metros; • C.U.= Compressão Uniaxial.

O quadro 03 resume os resultados dos ensaios físicos e físico-mecânicos realizados no Laboratório de Ensaios Tecnológicos do Departamento de Petrologia e Metalogenia do IGCE –

UNESP, com exceção do ensaio de resistência ao impacto de corpo duro, o qual foi executado no DITEM NUTEC – Fortaleza/CE para amostras secas e saturadas.

Quadro 03: Resultados dos ensaios tecnológicos em amostras secas e saturadas do Granito Serra do Barriga: RI - Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS - Branco Savana, BCQ - Branco Cristal Quartzo.

ENSAIOS		RI	RO	BS	BCQ
Índices Físicos	Massa específica aparente seca (kg/m3)	2.62	2.63	2.61	2.62
	Massa específica aparente saturada (kg/m3)	2.63	2.64	2.62	2.62
	Porosidade aparente %	0.87	0.88	0.91	0.80
	Absorção d' água aparente %	0.33	0.33	0.35	0.31
Resistência à Compressão Uniaxial (Mpa)		146.3	145.2	168.6	172.2
Resistência à Compressão Uniaxial (Mpa) SATURADA		126.9	125.1	152.0	175.9
Módulo de Ruptura (método 3 pontos) (MPa)		10.44	11.80	9.60	8.13
Módulo de Ruptura (método 3 pontos) (MPa) SATURADA		11.09	12.09	9.87	9.76
Resistência à Flexão 4 Pontos) (MPa)		7.23	7.58	7.00	7.11
Resistência à Flexão 4 Pontos) (MPa) SATURADA		7.86	6.91	6.08	7.24
Desgaste Abrasivo Amsler (mm)		0.84	0.71	0.62	0.67
Desgaste Abrasivo Amsler (mm) SATURADA		0.61	0.64	0.79	0.63
Resistência ao Impacto de Corpo Duro (cm)		65.0	51.7	55.8	61.7
Resistência ao Impacto de Corpo Duro (cm) SATURADA		55.8	55.8	59.2	64.2
Velocidade de Propagação de Ondas Ultra-sônicas (m/s)		4382	4820	4187	4067
Veloc. Propagação de Ondas Ultra-sônicas (m/s) SATURADA		5487	5544	4995	5005

ÍNDICES FÍSICOS

Na figura 2 estão apresentados os valores médios de massa específica aparente seca e saturada das rochas do Granito Serra do Barriga. Os granitos rosas (Rosa Olinda e Rosa Iracema) apresentam valores maiores de massa específica, enquanto que o granito Branco Savana possui a menor densidade. Isto se deve ao maior teor de minerais máficos encontrados nos granitos rosas, sobretudo no Rosa Olinda, que é o granito mais denso.

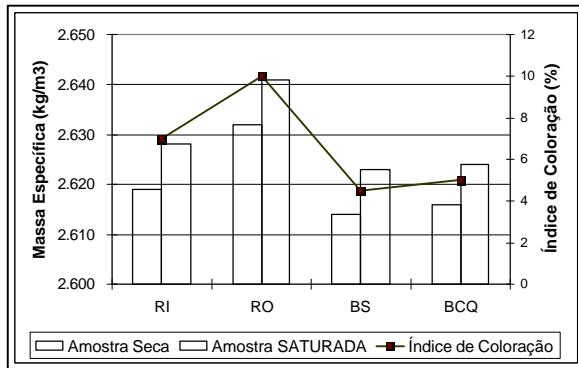


Figura 2. Correlação entre índice de coloração e massa específica aparente seca e saturada dos granitos estudados. RI – Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS – Branco Savana, BCQ – Branco Cristal Quartzto

Conforme observado através da figura 3, os valores de porosidade e absorção d'água são bastante próximas para os quatro tipos de granitoides estudados e os situam, respectivamente, entre 0,8 e 0,9% e 0,31 a 0,35. O Branco Cristal Quartzto corresponde, apesar da pequena diferença, ao material com os menores índices de porosidade e de absorção d'água, o que pode estar relacionado a uma melhor malha intersticial do quartzo gerada pelos efeitos hidrotermais nos estágios submagmáticos, o que estaria concordante com sua maior resistência à compressão uniaxial (Figura 4).

Os valores de porosidade e de absorção d'água acima referidos permitem qualificar os granitos como adequados para o uso como rochas ornamentais, de acordo com os parâmetros definidos pela norma ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão e Farjallat (1995).

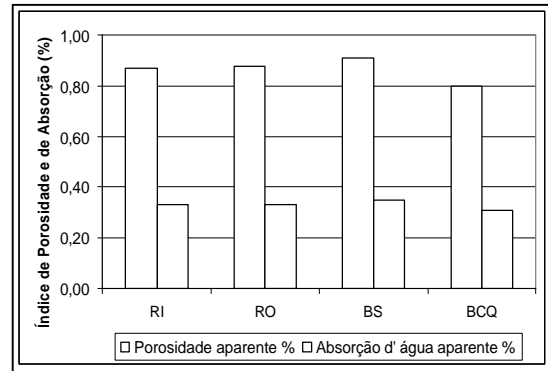


Figura 3 – Valores médios do índice de porosidade aparente e de absorção d'água. RI – Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS – Branco Savana, BCQ – Branco Cristal Quartzto

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL SIMPLES

O gráfico da figura 4 apresenta os valores obtidos para a resistência à compressão uniaxial e mostram que os granitos brancos são mais resistentes em relação aos granitos rosas. A saturação diminui relativamente pouco a resistência das amostras.

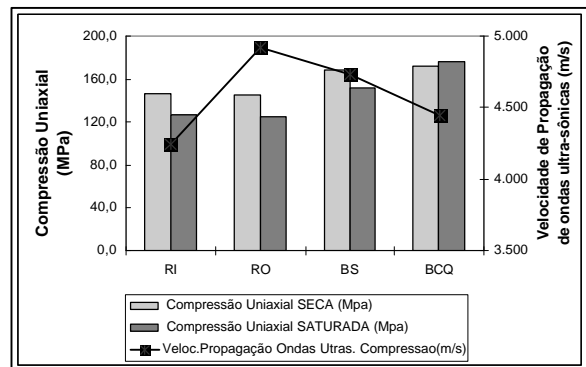


Figura 4 – Valores médios de resistência à compressão uniaxial do granito Serra do Barriga em amostras secas e saturadas correlacionadas com a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. RI – Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS – Branco Savana, BCQ – Branco Cristal Quartzto

RESISTÊNCIA À FLEXÃO

- Método 3 Pontos

O diagrama da figura 5 mostra que a resistência à flexão 3 Pontos é maior nos granitos rosas e indica que a saturação é pouco representativa no comportamento dos materiais ensaiados. O granito Rosa Olinda e o Rosa Iracema apresentam os valores mais altos, provavelmente devido ao seu bom engrenamento mineral entre fenocristais e matriz. A menor resistência registrada nos granitos brancos reflete, provavelmente, os processos de alteração hidrotermal e moderado efeito de argilo-mineralização sobre cristais de feldspatos, detectados nas análises petrográficas.

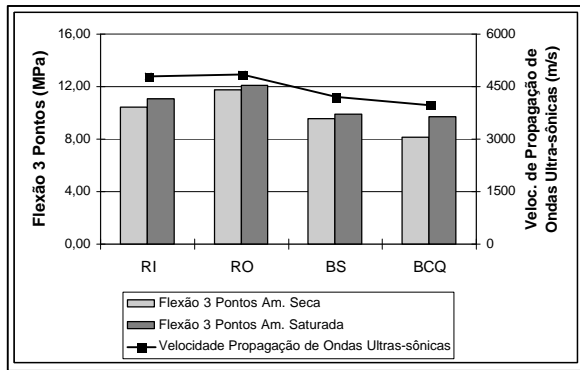


Figura 5 – Valores médios de resistência à flexão do granito Serra do Barriga em amostras secas e saturadas, correlacionados com velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. RI:Rosa Iracema, RO:Rosa Olinda, BS:Branco Savana, BCQ:Branco Cristal Quartzo

- Método 4 Pontos

No gráfico da figura 6 encontram-se representados os valores obtidos nos ensaios de resistência à flexão 4 pontos. Confirmando o que ocorre para o ensaio de resistência a três pontos, os granitos rosas mostram-se mais resistentes, com os granitos brancos exibindo variações menores e valores muito próximos entre si. O valor pouco inferior exibido pelo granito Branco Savana relaciona-se aos efeitos de alterações representados por micas e argilo-minerais.

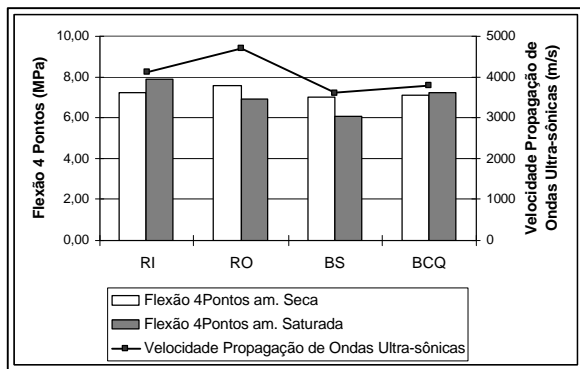


Figura 6 – Valores médios de resistência à flexão quatro pontos do granito Serra do Barriga em amostras secas e saturadas, correlacionadas com a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. RI – Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS – Branco Savana, BCQ – Branco Cristal Quartzo

DESGASTE POR ATRITO OU AMSLER

Os granitos rosas apresentam as menores resistências ao desgaste abrasivo (Figura 7), refletindo seus menores teores de quartzo em relação aos granitóides brancos. O valor do desgaste abrasivo possui uma relação inversamente proporcional ao teor de quartzo, pois este mineral com dureza 7 na escala de Mohs, altamente abrasivo, impõe maior resistência ao desgaste das rochas em relação àquelas mais enriquecidas em feldspatos, de

dureza 6. Esta relação ocorre de modo coerente nos granitos estudados.

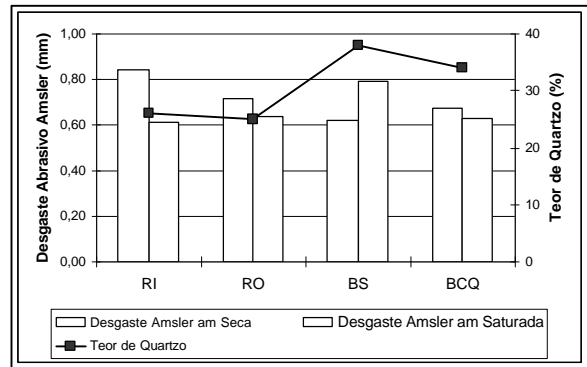


Figura 7 – Valores médios de desgaste em milímetros do granito Serra do Barriga em amostras secas e saturadas, associados ao Teor de quartzo nas amostras. RI:Rosa Iracema, RO:Rosa Olinda, BS: Branco Savana, BCQ:Branco Cristal Quartzo

RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CORPO DURO

O diagrama da figura 8 mostra que o granito Rosa Olinda é o menos resistente, provavelmente por sua estrutura megaporfírica. Os granitos não apresentam grandes variações entre amostras secas e saturadas, com exceção do granito Rosa Iracema (RI), que teve sua resistência ao impacto levemente reduzida, provavelmente por sua maior absorção, como observado nas figuras 3 e 8. Porém a amostra seca do granito Rosa Iracema é a rocha que apresenta maior resistência ao impacto.

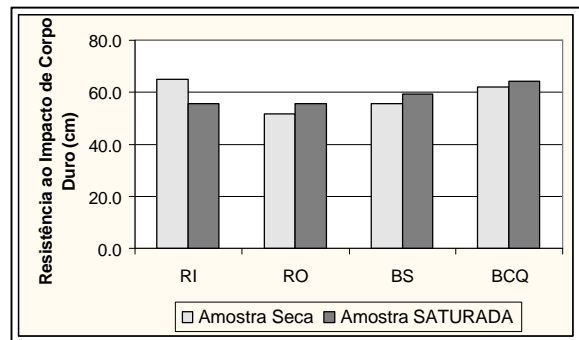


Figura 8 – Valores médios de resistência ao impacto de corpo duro em amostras secas e amostras saturadas. RI – Rosa Iracema, RO - Rosa Olinda, BS – Branco Savana, BCQ – Branco Cristal Quartzo

CORRELAÇÃO ENTRE ASPECTOS PETROGRÁFICOS E DADOS TECNOLÓGICOS

De acordo com Artur *et al.* (2001), algumas correlações entre dados petrográficos e valores físico-mecânicos são diretas e evidentes. Incluem-se nesta categoria o grau de microfissuramento em relação às porcentagens de porosidade e absorção d'água das rochas e a velocidade de propagação de ondas ultra-

sônicas que se propagam mais rapidamente em rochas menos alteradas e com melhor entrelaçamento mineralógico. Outra correlação importante é a resistência ao desgaste abrasivo (ensaio Amsler) com a concentração de quartzo na rocha. Existe também inter-relação do índice de coloração das rochas com a massa específica aparente, pois a densidade da rocha é diretamente proporcional ao índice de minerais máficos.

Os parâmetros petrográficos dos quatro granitos estudados encontram-se reunidos no quadro 01 e permitem estabelecer correlações com os resultados de alguns de seus ensaios físico-mecânicos, tais como: índices de coloração com os valores de massa específica; índices de quartzo com os dados obtidos nos ensaios de desgaste Amsler.

A correlação do índice de coloração com a massa específica (figura 2) mostra-se direta para todos os fácies. Os fácies rosas apresentam menor índice de quartzo, quando comparadas aos brancos, e conseqüentemente maior desgaste abrasivo, como mostra a figura 7. Devido ao maior índice de quartzo, os fácies brancos apresentam menor desgaste.

A velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, apresenta uma correlação mais direta com a resistência à tração 3 pontos e 4 pontos, do que com a resistência à compressão. Esta relação confirma que os fácies rosas (Rosa Iracema e Rosa Olinda), são os materiais mais densos, mais resistentes à flexão e menos alterados (figuras 5 e 6).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os Índices Físicos obtidos nos granitos Serra do Barriga apresentam uma boa coerência. A massa específica é maior nos tipos graníticos rosas com maior teor de minerais máficos. O granito Branco Savana além de ser menos denso, apresenta maior absorção e porosidade e conseqüentemente menor resistência à flexão, mas não à compressão, mostrando que a correlação entre os índices físicos e os índices mecânicos nem sempre é direta e ocorre em função de uma série de parâmetros que devem ser considerados, como a textura (engrenamento mineral) e a estrutura da rocha (heterogeneidade). (figuras 2 a 6).

Neste contexto o granito Banco Savana apresenta menor densidade, maior porosidade e absorção d'água, refletindo o elevado teor de micas brancas em sua mineralogia. Porém possui alta resistência à compressão, devido à elevada dissolução de quartzo que se distribui de forma intersticial, englobando outros minerais, que pode proporcionar uma maior resistência à rocha.

O granito Rosa Olinda apresenta maior resistência à flexão 3 pontos, provavelmente devido à sua textura hiatal, que gera um bom engrenamento entre os fenocristais e sua matriz. Os granitos brancos (Savana e Cristal Quartz) são os de menor resistência, provavelmente pela herança das alterações hidrotermais que modificaram suas estruturas e texturas (figuras 5 e 6).

Não existe uma correlação direta entre os valores de compressão e flexão para as rochas estudadas, como que ocorre em rochas homogêneas, equigranulares, de granulação média a fina. Como mostrado nas figuras 4, 5 e 6, os granitos rosas são mais resistentes à flexão, enquanto que os brancos são mais resistentes à compressão. Esta falta de correlação reflete a heterogeneidade das rochas ensaiadas que são grosseiras e inequigranulares, com porções megaporfíricas, sendo ainda que os granitos de coloração branca estão alterados hidrotermalmente.

Quanto as correlações entre os aspectos petrográficos e os ensaios físico-mecânicos no granito Serra do Barriga, os granitos rosas apresentaram maior desgaste abrasivo, devido ao menor índice de quartzo em relação aos fácies brancos.

A correlação entre o índice de coloração entre a massa específica é direta para todos os granitos. As amostras mais densas, mais resistentes à flexão 3 e 4 pontos e menos alteradas são os tipos rosas (Iracema e Olinda), confirmado pela correlação entre a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas e os ensaios de resistência mecânica.

Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização tecnológica indicam uma boa qualidade física dos granitos estudados, pois todos os tipos graníticos encontram-se dentro dos valores limites especificados pela ASTM e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) (tabela 02). Portanto estas rochas podem ser indicadas tanto para revestimentos internos como revestimentos externos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FUNCAP, pela importante contribuição do Projeto de Auxílio à Pesquisa, que permitiu a obtenção dos dados, o desenvolvimento dos ensaios e a concretização deste trabalho, dando suporte à realização da pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- ARTHAUD, M. H., VASCONCELOS, A. M., NOGUEIRA, J.A., OLIVEIRA, F.V.C., PARENTE, C.V., MONIE, P., LIEGEOIS, J.P., CABY, R. & FETTER, A., 1998. Main Structural Features of Precambrian Domains from Ceará (NE Brazil). 14th International Conference on Basement Tectonics. Ouro Preto, MG- Brasil. 84-85p.
- ASTM – American Society for Testing and Materials. 1992. Standard Especification for Granite Dimension Stone 2p. (standard ASTM C 615).
- ARTUR, A. C., MEYER, A. P. & WERNICK, E. 2001. Características Tecnológicas de Granitos Ornamentais: A influência da mineralogia, textura e estrutura da rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Salvador 13 –19p.

- CAVALCANTE, J.C., FERREIRA, C.A., ARMESTO, R.C.G. E MEDEIROS, M.F., 1983. Mapa Geológico do Estado do Ceará. Esc.-1:500.000. Superintendência do Desenvolvimento do Estado do Ceará – SUDEC
- FRAZÃO, E. B. & FARJALLAT, J. E. S. Características Tecnológicas das Principais Rochas Silicáticas Brasileiras Usadas como Pedras de Revestimento. 1995. Congresso Internacional da Pedra, Lisboa.
- FETTER, A.H., 1999. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State. NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of Gondwana. PhD thesis, Department of Geology, Kansas University, Lawrence.164 p.
- LE MAITRE, R.W., 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. recommendations of the International Union of Geological Sciences subcommission on the systematics of igneous rocks. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 193p.
- MATTOS, I. C. NOGUEIRA NETO, J.A.; ARTUR, A.C; 2003. Caracterização Faciológica do Granito Serra do Barriga -Sobral (Ce): Resultados Preliminares, Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belém/PA.
- NOGUEIRA NETO, J.A., MATTOS, I.C., SAUERBRONN, W.M., FERNANDES, A.H.M., CORDEIRO, E.R., NOGUEIRA, R.E.F.Q., CAJATY, A.A., ARTUR, A.C, SASAKI, J.M., 2002. Petrografia e química mineral de dois tipos faciológicos do Granito Serra da Barriga – Sobral (CE): Resultados Preliminares. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste – Recife.
- SAUERBRONN, W. M. 2003. Mapeamento Geológico da Porção Oriental da Serra do Barriga e Sua Aplicação no Setor de Rochas Ornamentais. Monografia de Graduação. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Ceará. 220p
- TAVARES JR., S. S., 1992. Caracterização litoquímica e geocronologia Rb/Sr das rochas granitoides e ortognaisses da região de Santa Quitéria-Sobral, NW do Ceará. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.143p.

RESULTADO DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DOS GRANULITOS DA REGIÃO DE CHOROZINHO (CE).

Costa¹, A.P.L.; Nogueira Neto², J.A. Cajaty², A.A.; Galembeck³, T.M.B.; Barros⁴, F.M.; Lima⁴, M.N.

¹Mestre pelo Curso de Pós-Graduação em Geologia do Pré-Cambriano DEGEO/UFC.
Av. Mist Hull – Campus do Pici – Bloco 912 – 60.455-760 - Fortaleza – CE
Fone (85) 288-9873, e-mail: annacostac@bol.com.br.

²Depto de Geologia - DEGEO - Universidade Federal do Ceará – UFC.
Av. Mist Hull – Campus do Pici – Bloco 912 – 60.455-760 Fortaleza – CE
Fone (85) 288-9873, e-mail: nogueira@ufc.br.

³Depto de Petrologia e Metalogenia - DPM/IGCE/UNESP.
Av. 24A, 1515, Bela Vista, 13.506-900 – Rio Claro – SP, Fone (19) 3526 2824.

⁴Bolsista de Iniciação Científica - Universidade Federal do Ceará – UFC.
Av. Mist Hull – Campus do Pici – Bloco 912 – 60.455-760 Fortaleza – CE

RESUMO

A região de Chorozinho, situada na porção nordeste do Estado do Ceará, é constituída por uma seqüência de rochas metamórficas de alto grau, com ampla diversidade de rochas granulíticas, as quais demonstram potencial para exploração como rochas ornamentais. Entre os tipos ortoderivados predominam gnaisses enderbíticos, enderbitos e charno-enderbitos, enquanto os paraderivados estão restritos a silimanita – granada gnaisses (khondalitos, kinzigitos). Os enderbitos exibem textura granoblástica inequigranular e registram associação com clinopiroxênio – ortopiroxênio – plagioclásio – hornblenda – biotita - granada – quartzo. A associação mineral metamórfica do cinturão granulítico, nas paraderivadas é formada por plagioclásio – feldspato potássico – quartzo – biotita - granada ± silimanita – ilmenita/rutilo. Dentre os vários litotipos analisados foram selecionadas duas amostras, uma de granada gnaisses e outra de enderbitos, para estudos direcionados ao aproveitamento como rochas ornamentais. Foram identificados dois tipos de alterações no granada-gnaiss, uma resultante de reações metamórficas, e outra pela presença de óxido de ferro como mineral primário. No tocante à caracterização tecnológica, os ensaios apresentaram os seguintes resultados: Índices Físicos (massa específica aparente, 2727 e 2614 Kg/m³; porosidade aparente, 0,14 e 0,62%; absorção de água, 0,05 e 0,24%), Velocidade de Ondas Ultra-sônica, 6348,9 e 4909,7m/s, Desgaste por Atrito, 0,91 e 0,97mm (desgaste Amsler); Resistência à Compressão Uniaxial Simples, 127,3 e 151,8 MPa; Resistência à Flexão, 20,3 e 15,6 MPa e Resistência ao Impacto, 0,57 e 0,69m, respectivamente para enderbitos e granada-gnaisses. Tais parâmetros são compatíveis com os limites aceitáveis em nível internacional por normas diversas. Assim, os litotipos estudados exibem aspectos qualitativos, quantitativos e estéticos favoráveis, com considerável potencial para utilização como rochas ornamentais.

INTRODUÇÃO

Diversas ocorrências de rochas granulíticas da região de Chorozinho, nordeste do Ceará, têm

demonstrado grande potencial exploratório como rochas ornamentais e de revestimento.

Abordamos no texto os resultados obtidos nos ensaios de caracterização tecnológica destas rochas e suas aplicações no setor de rochas ornamentais, nos quais apresentaram aspectos qualitativos e estéticos favoráveis para a utilização como material de revestimento, pisos, tampos e bases, bancadas de mesa, etc.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA

A área alvo da pesquisa esta enquadrada nas folhas Baturité (SB.24-X-A-I) e Beberibe (SB.24-X-A-II), totalizando uma superfície de aproximadamente 58 Km² (fig. 1), sendo delimitada pelos vértices exibidos no quadro 1.

O acesso à área é feito pela BR 116, partindo-se de Fortaleza, passando por Itaitinga, Horizonte e Pacajus até o município de Chorozinho, distando aproximadamente 65 Km.

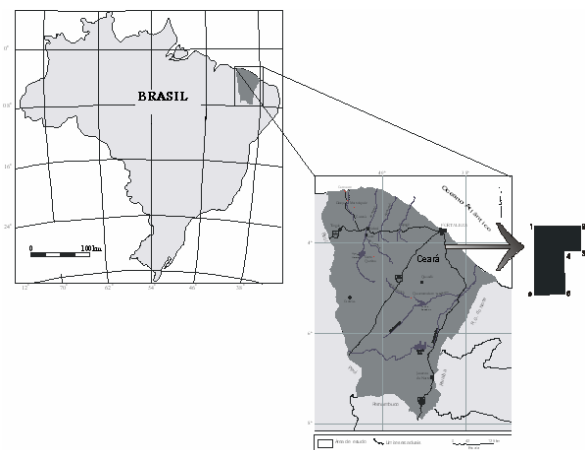


Figura 1 – Mapa de localização e acesso da área de estudos.

Quadro 1 - Coordenadas UTM da área estudada.

Nº Vértice	Coordenadas	
01	9529000	0552000
02	9529000	0560000
03	9522000	0560000
04	9522000	0556000
05	9518000	0556000
06	9518000	0552000

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Para o setor de rochas ornamentais as características estéticas principais para a classificação comercial de uma rocha são a cor e a textura. Quando em uso, essas rochas são submetidas a várias situações tais como: atrito/desgaste, impacto, ação das intempéries, ataque por produtos de limpeza, líquidos agressivos, etc. Assim, por esses motivos, as rochas devem ser submetidas aos processos de caracterização tecnológica, que nada mais é do que o conhecimento das características físico-mecânicas e petrográficas, que fornecem parâmetros indicativos do melhor emprego e aproveitamento ornamental.

Os resultados dos ensaios nos litotipos foram comparados aos parâmetros sugeridos por Frazão & Farjallat, 1995 e as normas americanas ASTM – C 615 (American Society for Testing and Materials), que tem como objetivo melhorar e controlar a qualidade dos materiais utilizados como rochas ornamentais, orientando desta forma tanto quem produz quanto o mercado consumidor.

Foram realizados em amostras de enderbita e silimanita granada-gnaisses os seguintes estudos: Petrografia; Índices Físicos (massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água); Velocidade de Ondas Ultra-sônica; Desgaste por Atrito (desgaste Amsler); Resistência à Compressão Uniaxial Simples; Resistência à Flexão; Resistência ao Impacto e Alterabilidade.

PETROGRAFIA

Granulitos Ortoderivados – Enderbitos

Os enderbitos correspondem a granulitos de composição intermediária comumente guardando relações de intrusões pretéritas com os silimanita granada-gnaisses. Macroscopicamente os enderbitos apresentam estrutura isotrópica à levemente bandada, têm granulação média a grossa, de cor verde escura a caramelo. Ocorrem sob a forma de maciços, com tamanhos que variam de 50 a 100 metros de extensão e alturas entre 5 e 15 metros, em alguns locais ocorrem arrasados, sendo sua forma predominantemente elipsoidal ou em charuto.

Ao microscópio exibem textura granoblástica inequigranular (fig. 2), são encontrados freqüentemente simplectitos de plagioclásio -

piroxênios e coroas de reação em torno de granadas envolvidas por plagioclásios e piroxênios. Apresentam a seguinte associação mineral: plagioclásio (40-50%) – quartzo (10-15%) – biotita (10-15%) – piroxênio (8-15%) – hornblenda (2-4%). Os minerais acessórios presentes são: zircão, titanita, apatita e opacos.

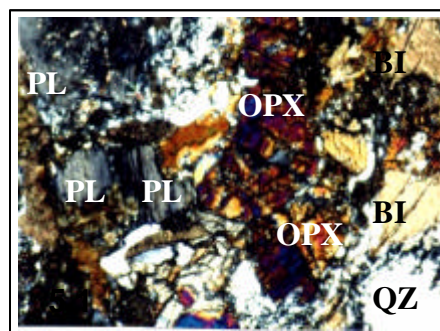


Figura 2: Fotomicrografia do enderbita exibindo textura granoblástica inequigranular. Ao centro ortopiroxênio circundado por plagioclásio e biotita. (NC; A=5X).

O plagioclásio é o mineral mais abundante na rocha, em alguns cristais observam-se inclusões vermiculares de quartzo junto às bordas, em outros grãos o quartzo é encontrado sob a forma de gotas mais ao centro. Os plagioclásios estão dispostos de forma anedral a sub-anedral, exibindo geminação segundo lei Albita-Carlsbad e apresentam-se também em subgrãos.

O quartzo está disperso por toda a seção sob forma intersticial, em discretas bandas, e na forma de mosaicos granoblásticos. São pouco fraturados e registram extinção ondulante marcante.

Os piroxênios, geralmente possuem bordas de alteração, originando anfibólios (hornblendas). Os ortopiroxênios (opx) (hiperstênio) apresentam-se distribuídos em grãos bem desenvolvidos e bastante fraturados, que por vezes parecem derivar de reações a partir de biotitas, dado que essas últimas podem ser visualizadas ao centro dos ortopiroxênios, e em relações de contato nas bordas das biotitas como que desequilibrando as mesmas. O clinopiroxênio (cpx) apresenta cores de interferência e birrefringência algo mais acentuada que os opx e ocorrem como cristais tabulares de diopsídio.

As biotitas são anedrais, de hábito lamelar, com inclusões de apatita e zircão. Em sua maioria mostram cor e pleocroísmo característicos de cristais ricos em titânio (vermelho – marrom) e possuem pouca orientação. Como mencionado anteriormente, a disposição de suas relações de contato com os opx, sugere uma fase de metamorfismo progressivo com surgimento do opx em reações envolvendo biotitas.

Os anfibólios (hornblenda), ocorrem em contato com as biotitas e plagioclásio, apresentando cor variando de verde a amarronzada e pleocroísmo em tons de marrom. Por algumas vezes dispostos entre as fraturas e/ou clivagens dos orto e clinopiroxênios, o que sugere uma geração a partir destes.

Granulitos Paraderivados – Silimanita Granada-Gnaisse

Os silimanita granada gnaisses possuem textura que variam de granoblásticas a granolepidoblásticas, nas quais são desenvolvidas bandas quartzo-feldspáticas envolvendo granadas pré-cinemáticas, as quais também são contornadas pela foliação formada por biotitas (\pm silimanita). As sessões estudadas da porção centro-norte da área (Fazenda Chaves), apresentam foliação pouco marcada, com variações entre bandas de cristalização quartzo-feldspáticas e mosaicos granoblásticos dos mesmos minerais. Apresenta granulação variando de média a grossa, de cor creme a cinza. São reconhecidos quartzo, feldspato, biotita e granada. Em afloramento apresentam-se geralmente com indícios de fusão parcial com formação de mobilizados quartzo-feldspáticos.

Ao microscópio petrográfico, são identificados os seguintes minerais: plagioclásio (20%-25%), K-feldspato (35%-40%), quartzo (15%-20%), biotita (5%-10%) e granada (3-5%) e minerais acessórios como silimanita, zircão, ilmenita, rutilo, e apatita.

Os plagioclásios em geral são anedrais, mostram-se com geminação do tipo albita-periclina, contendo por vezes inclusões aciculares de silimanita. Estão intensamente sericitizados (fig. 3) contem inclusões de biotita e exsolução de feldspato potássico. Ocasionalmente, com os cristais de quartzo, formam mirmequitas e, ainda, predominam em quantidade sobre os feldspatos alcalinos.

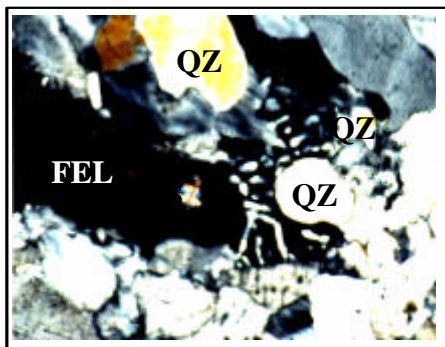


Figura 3: Fotomicrografia do Silimanita Granada gnaisse apresentando bandas quartzo-feldspáticas. Ao centro mirmequítica e alterações por sericitização (S) nos feldspatos (NC; A=5x).

Os feldspatos potássicos estão presentes como grãos anedrais, geralmente fraturados, exibindo indícios de recristalização com recuperação em sub-cristais. Aparecem predominantemente como mesoperfíticos.

O quartzo exibe extinção ondulante, geralmente em associação aos feldspatos, formando bandas de recristalização, nestas últimas apresentam contatos retos entre grãos. Por outro lado, contatos côncavo-convexos também são reconhecidos com frequência nestas bandas, e em mosaicos

granoblásticos com grãos poligonais de pequenas dimensões. Possuem inclusões de apatita e zircão.

As biotitas exibem tamanhos variados, ocorrem como lamelas, e em alguns casos apresentam planos de clivagem preenchidas por opacos. Marcam a foliação da rocha quando presente, ocasionalmente posiciona-se em contato com pequenas fibras de silimanita.

As granadas ocorrem sob a forma de grãos pré-cinemáticos, bastante fraturados e envoltos pela foliação (fig. 4). Estão também presentes como pequenos grãos participando de reações metamórficas, com surgimento de fases minerais às suas expensas. Frequentemente suas fraturas são preenchidas por biotita, quartzo e inclusões de fibrolitas e plagioclásio.

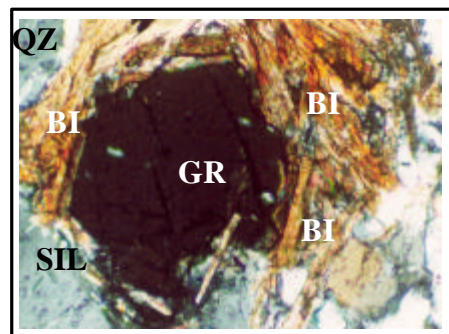


Figura 4: Fotomicrografia de Granada pré-cinemática envolvida por biotitas com quartzo+silimanita (NC; A=10X).

As silimanitas apresentam-se em pequenas agulhas (fibrolitas), ao longo das bandas quartzo-feldspáticas, ou como inclusões nos feldspatos, em algumas granadas e dispostas também na foliação. Algumas lâminas exibem silimanitas em seções basais contidas como inclusões em ilmenitas (fig. 5).

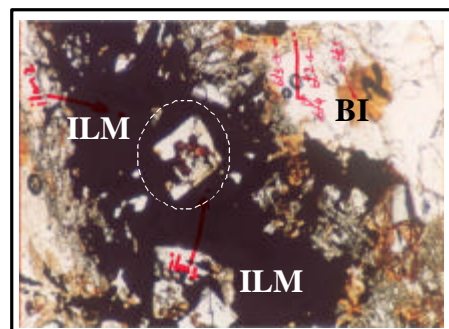


Figura 5: Fotomicrografia com destaque para o rutilo dentro da seção basal da silimanita, na parte externa ilmenita (LN; A=5X).

O par rutilo/ilmenita freqüentemente ocorrem envolvidos por finas faixas de plagioclásio, que por sua vez estão circundadas por grãos de granada.

Na tabela 1 estão representados, de forma resumida, os dados referentes à quantificação petrográfica.

Tabela1: Resultado da análise petrográfica das amostras PA-04 e PA-05 (enderbito e silimanita granada-gnaisse).

PARÂMETROS	AMOSTRA	LITOTIPO Enderbito	LITOTIPO Sil Granada-gnaisse
Cor no estado seco		Grafite	Creme claro
Cor no estado úmido		Verde escuro	Amarelo claro
Estruturas		bandamento pouco marcado	Não apresenta estruturas
Textura		granoblástica inequigranular	granoblástica inequigranular
Natureza da rocha		metamórfica	metamórfica
Classificação da rocha		enderbito	granada-gnaisse
Minerais acessórios		zircão, apatita e opacos	rutilo, ilmenita, zircão e apatita
% Feldspato Potássico (FK)		Ausente	40
Granulação média FK (mm)		-	1,4
Contato côncavo-convexo em FK (%)		-	31,3
Contato serrilhado em FK (%)		-	68,7
Grau de alteração em FK (%)		-	20-50
Numero de microfissuras em FK		-	4
% Plagioclásio (PL)		48	22,4
Granulação média PL (mm)		1,8	1,4
Contato côncavo-convexo em PL (%)		20,8	55,5
Contato serrilhado em PL (%)		79,2	44,5
Grau de alteração em PL (%)		22-50	<20
Numero de microfissuras em PL		6	3
% Quartzo (Qz)		19,4	23,1
Granulação média Qz (mm)		1,1	1,4
Contato côncavo-convexo em Qz (%)		87,5	52,6
Contato serrilhado em Qz (%)		12,5	47,4
Numero de microfissuras em Qz		2	2
% Biotita (Bi)		18	5,9
Granulação média Bi (mm)		1,1	0,6
Contato plano em Bi (%)		82	90
Contato serrilhado em Bi (%)		18	10
Grau de alteração em Bi (%)		20-50	<20
Numero de microfissuras em Bi		3	2
% Granada (Gr)		Ausente	8,6
Granulação média Gr (mm)		-	1
% Piroxênios (Px)		14,6	Ausente
Granulação média Px (mm)		1	-
Contato plano em Px (%)		91,6	-
Contato serrilhado em Px (%)		8,4	-
Grau de alteração em Px (%)		20-50	-
Numero de microfissuras em Px		8	-

ÍNDICES FÍSICOS (NBR 12766/92)

Os índices físicos são ferramentas importantes por proporcionarem uma noção das microdescontinuidades presentes na rocha, os quais podem ser interpretados de acordo com o que segue:

- i. Alta densidade = alta resistência mecânica;
- ii. Alta porosidade = baixa resistência da rocha;
- iii. Alta absorção = baixa durabilidade e redução da resistência mecânica com o tempo;
- iv. Aumento da saturação = menor resistência mecânica.

As amostras apresentaram resultados positivos em todos os parâmetros, indicando que o material apresenta boa resistência mecânica e durabilidade (Quadro 2).

Quadro 2 – Resultados dos ensaios de índices físicos das amostras enderbito e granada-gnaïsse.

Parâmetros	Massa Esp. Aparente Seca (Kg/m ³)	Massa Esp. Aparente Saturada (Kg/m ³)	Porosidade Aparente (%)	Absorção D'água (%)
Amostra				
Enderbito	2,727	2,730	0,14	0,05
Sil Granada-Gnaïsse	2,614	2,622	0,62	0,24

Os valores de massa específica aparente no enderbito superam os valores obtidos para o granada-gnaïsse em 113 Kg/m³, representando o reflexo da mineralogia máfica que o enderbito possui. Ambos superam os valores estabelecidos para esta análise, isso significa que podem ser usados tanto como revestimento externo como materiais estruturais.

Como anteriormente observado na petrografia, os silimanita granada-gnaïsses possuem minerais alterados e microestruturas que facilitam a percolação de líquidos, com isso propiciam um "acréscimo" da porosidade. Os enderbito por sua vez, apresentam minerais com susceptibilidade às alterações, e possuem uma densidade maior, que é resultante do arranjo e composição mineral, assim é possível um valor de porosidade bem menor que a do silimanita granada-gnaïsse. Assim, podem ser usados como bancadas de pias, tampa de mesas, revestimento etc.

Quanto ao índice de absorção d'água, é claramente visível a correlação entre os parâmetros anteriores, densidade e porosidade, em que os índices encontrados para o enderbito são quase três vezes menores que os do silimanita granada-gnaïsse, principalmente no tocante a porosidade. Quanto a sua utilização não há restrições, pois o material apresenta boa durabilidade e resistência mecânica ao longo do tempo.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS ULTRA-SÔNICAS (ASTM D2845/90)

Para a realização deste ensaio foram utilizados 7 (sete) corpos de prova, com dimensões

aproximadamente semelhantes, destes, 3 (três) eram de enderbito e 4 (quatro) de silimanita granada-gnaïsse (Quadro 3).

Quadro 3: Valores obtidos nos dimensionamentos dos corpos de prova e leituras de velocidades de ondas.

Amostras	Corpo de prova	Dimensões de X (cm)	Tempo (µs) na direção X	Dimensões de Y (cm)	Tempo (µs) na direção Y
Enderbito	01	21,03	34,50	21,03	31,80
	02	21,00	33,80	21,03	31,50
	03	21,02	33,90	20,09	31,90
Silimanita Granada-gnaïsse	01	21,00	43,10	21,02	43,00
	02	20,09	40,90	20,08	41,20
	03	20,00	41,40	20,08	41,40
	04	21,01	43,00	22,00	42,60

Baudran (*in*: Aveline *et al.*, 1964) utiliza os valores da velocidade de propagação das ondas ultra-sônicas para avaliar o grau de anisotropia da rocha conforme a fórmula abaixo:

$$IA_{(V_{seca})} = [1 - (V_{seco_{(min)}}/V_{seco_{(max)}})] \times 100$$

IA = índice de anisotropia (%);

V_{seco(min)} = velocidade mínima das ondas segundo uma direção (m/s);

V_{seco(max)} = velocidade máxima das ondas segundo uma direção perpendicular (m/s).

Os valores usados para o cálculo do índice de anisotropia foram: para o enderbito 6.092,75 (valor mínimo na direção X) e 6.613,20 m/s (valor máximo na direção Y) e para o silimanita granada-gnaïsse 4.830,91 m/s (valor mínimo na direção X) e 5.164,32 m/s (valor máximo na direção Y).

Quando um material é isotrópico o valor de anisotropia é zero ou próximo deste. As amostras analisadas apresentaram índices de anisotropia relativamente baixos, já que os litotipos não possuem relativas mudanças em suas características minerais e estruturais.

Quadro 4: Resultados do ensaio de velocidade de ondas ultra-sônicas e índices de anisotropia das amostras (enderbito e silimanita granada-gnaïsse).

Amostras	Valores	V _(seca) (m/s) Direção X	V _(seca) (m/s) Direção Y	V _(Média seca) (m/s) X/Y	IA (%)
Enderbito	mínimo	6.092,75	6.297,80	6.348,92	7,87
	médio	6.168,78	6.529,06		
	máximo	6.213,01	6.613,20		
Silimanita Granada-gnaïsse	mínimo	4.830,91	4.850,24	4.909,75	6,45
	médio	4.875,33	4.944,17		
	máximo	4.911,98	5.164,32		

Os resultados na determinação de velocidade de ondas ultra-sônicas, demonstraram ser compatíveis com a caracterização petrográfica. Assim, o enderbito possui velocidade superior ao silimanita granada-gnaïsse, visto que a determinação de velocidade é influenciada de forma direta pela densidade, estado de alteração, microdescontinuidades, arranjo granulométrico e porosidade do material. Desta forma, ocorre um favorecimento aos enderbitos, embora todos os tipos

rochosos analisados estejam dentro de parâmetros aceitáveis.

DESGASTE AMSLER - DESGASTE POR ABRASÃO (NBR 12042/92)

Os resultados do desgaste por atrito (Quadro 5) permitem comparar os valores de desgaste para diversos materiais, e contribui significativamente para a especificação de materiais que serão utilizados no revestimento de áreas de alto tráfego.

Quadro 5 – Resultados obtidos nos ensaios de Desgaste por atrito após 1000m das amostras enderbito e silimanita granada-gnaisse.

Parâmetros	Desgaste por Atrito após 1000m (mm)
Amostra	
Enderbito	0,91
Sil Granada-Gnaisse	0,97

Pertinente ao resultado de resistência ao desgaste Amsler, os valores são bastante próximos aos limites dos estabelecidos como padrão, o que sugere uma restrição quanto ao uso em pisos em áreas de tráfego intenso.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL SIMPLES (NBR 12767/92)

O resultado do ensaio de compressão uniaxial permite reconhecer uma propriedade da rocha bastante importante para especificação de materiais que desenvolverão função estrutural em uma obra (colunas de sustentação, pedestais de obras, etc).

O quadro 6 traz os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão.

Quadro 6 – Resultados do teste de resistência à compressão uniaxial das amostras enderbito e silimanita granada-gnaisse.

Parâmetros	Resistência a Compressão Uniaxial (Mpa)
Amostra	
Enderbito	127,3
Sil Granada-Gnaisse	151,8

Os valores obtidos favorecem principalmente o silimanita granada-gnaisse que superam os dois parâmetros (ASTM C615 e Frazão & Farjallat, 1995). Já o enderbito só pode ser enquadrado nos valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995). Possivelmente o valor relativamente baixo do enderbito pode ter sido resultante tanto da confecção dos corpos de prova como do seu posicionamento na aplicação da força, visto que os enderbites apresentam uma foliação pouco marcada. Havendo, portanto restrições para os enderbites, quanto a sua utilização como materiais estruturais.

RESISTÊNCIA À FLEXÃO (NBR 12763/92)

Para a amostra de enderbito a resistência à flexão é aproximadamente 23% maior que a da amostra de silimanita granada-gnaisse (Quadro 7).

Quadro 7 – Resultados obtidos nos testes de resistência a Flexão uniaxial das amostras enderbito e silimanita granada-gnaisse.

Parâmetros	Resistência a Flexão (Mpa)
Amostra	
Enderbito	20,3
Sil Granada-Gnaisse	15,6

No ensaio de resistência à flexão provavelmente a foliação pouco marcada dos enderbites favoreceu a um resultado maior em relação ao que foi obtido pelo silimanita granada-gnaisse. Mas ambos possuem características positivas sob o ponto de vista de seu dimensionamento como placas para revestimentos externos.

RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CORPO DURO (NBR 12764/92)

Os resultados (Quadro 8) subsidiam o dimensionamento de placas a serem utilizadas tanto no revestimento de pisos, quanto em paredes baixas de revestimento vertical.

Quadro 8 – Resultados obtidos nos ensaios de determinação da resistência ao impacto de corpo duro das amostras enderbito e silimanita granada-gnaisse.

Parâmetros	Resistência ao Impacto (m)
Amostra	
Enderbito	0,57
Sil Granada-Gnaisse	0,69

Os valores obtidos no ensaio de resistência ao impacto de corpo duro são satisfatórios e indicam que essas rochas possuem boa resistência ao impacto direto e que podem ser dimensionadas nas espessuras normais de uso sem grandes riscos de rompimento.

TESTES DE ALTERABILIDADE - Ataque Químico (NBR 13818/97 (ANEXO H))

Na realização deste ensaio foram usados os seguintes reagentes: cloreto de amônia (100g/l); solução de hipoclorito de sódio (20mg/l); ácidos (ácido clorídrico (3%) e ácido cítrico (100g/l); álcalis (solução de hidróxido de potássio 30g/l)). O tempo que cada substância ficou em contato com a placa varia de acordo com a substância e seu poder de ataque, conforme o quadro 9.

Quadro 9 - Tempo previsto de ataque químico.

Agentes Agressivos	Tempo de Ataque (horas)
Cloreto de Amônia	24
Hipoclorito de Sódio	24
Ácido Cítrico	24
Ácido Clorídrico	96
Hidróxido de Potássio	96

As amostras de enderbito, além de mostrarem perda de brilho, exibiram outras modificações, observáveis tanto a olho nu quando ao microscópio, tais como:

1. Ácido Cítrico: Ocorreram modificações na cor da placa, perda de grãos e lixiviação das biotitas;
2. Ácido Clorídrico: Intensa modificação na coloração, lixiviação, com o carreamento de íons para parte inferior da placa. Apresenta ainda perda da cor escura da placa.

As amostras de silimanita granada-gnaiss demonstraram perda de brilho, e alteração nas cores e textura nas porções atacadas, conforme descrito a seguir:

1. Ácido Clorídrico: Provocou modificações na cor da placa e perda de grãos de feldspatos, sendo que ao microscópio observa-se a quebra e migração de óxidos e lixiviação das biotitas;
2. Hidróxido de Potássio: modificação na coloração, deslocamento de grãos e lixiviação das biotitas.

Para esse ensaio o que realmente pode ser medido é a perda ou não do brilho (PB) após o ataque químico. Observa-se que a maior perda de brilho ocorreu na amostra de enderbito quando atacada pelo ácido clorídrico (42,5%) e a menor perda foi ocasionada pela adição do hipoclorito de sódio (2,6%). Outra observação importante é que o enderbito é bem mais susceptível à perda do brilho que os silimanita granada-gnaisses, que por sua vez obtiveram perda de 21,2% do brilho para ácido clorídrico e 5,1% para hipoclorito de sódio.

Os resultados do ensaio de alterabilidade (Quadro 9) são reflexos do arranjo mineral, textura, grau de alteração, composição e tipo de rocha.

Quadro 9: Resultados do ensaio de alterabilidade para perda de brilho (PB) em relação a placa natural das amostras de enderbito e silimanita granada-gnaiss.

Agentes Agressivos	Amostras Enderbito PB=(%)	Sil Granada-gnaiss PB=(%)
Cloreto de Amônia	21,3	5,3
Hipoclorito de Sódio	2,6	5,1
Ácido Cítrico	10,3	15,0
Ácido Clorídrico	42,5	21,2
Hidróxido de Potássio	20,7	11,0

A importância deste ensaio se deve ao fato de que muitos materiais sofrem alterações após a sua aplicação, principalmente durante a sua manutenção quando são utilizados materiais de limpeza que contêm agentes agressivos aos minerais, como por

exemplo, desinfetantes que contêm ácidos clorídricos em sua composição. Assim, como este último existem muitos outros produtos que podem acelerar o processo de alteração nas rochas.

CONCLUSÕES

Quanto aos ensaios de caracterização tecnológica dos materiais com aplicação no setor de rochas ornamentais são relevantes as seguintes conclusões:

- As amostras estão de acordo com os parâmetros qualitativos determinados pela American Society for Testing and Materials – ASTM (C 615) e os sugeridos por Frazão & Farjallat (1995);
- Os parâmetros tecnológicos das rochas devem ser considerados, não só do ponto de vista estético, mas sob os aspectos de índice de qualidade, de forma a favorecer o controle para quem produz e para o mercado consumidor;
- A caracterização petrográfica é o primeiro dos ensaios a ser realizado, pois auxiliam na determinação dos aspectos físico-químicos dos minerais, podendo inferir o comportamento físico-mecânico dos materiais em outros ensaios;
- A presença de minerais alterados, friáveis ou solúveis pode comprometer muito as propriedades físico-mecânicas das rochas, diminuindo sua durabilidade e brilho, assim como o aumento dos índices de absorção d'água e porosidade, restringindo sua aplicação, o que não aconteceu aos litotipos da área de estudo;
- O uso em excesso de produtos de limpeza à base de ácidos provoca não só a perda do brilho e da cor, como também a alteração mineral pelo aumento no desgaste, na porosidade e no índice de absorção d'água do material.
- Para o ensaio de compressão uniaxial há restrições para amostra de enderbito quanto ao seu uso como material estrutural;
- Quanto ao ensaio de desgaste por atrito (Amsler), os valores estão muito próximos dos limites estabelecidos como padrão, o que restringe o uso dos litotipos em locais de tráfego intenso (shopping, terminal de ônibus, aeroportos, etc.);
- A natureza da amostra de enderbito, ao contrário do que se esperava, apresentou qualificação tecnológica superior à das amostras de silimanita granada-gnaiss, com exceção do ensaio de compressão uniaxial;
- Os litotipos aqui caracterizados apresentam de um modo geral, resultados positivos quanto aos aspectos estéticos e qualitativos que permite indicá-las para aplicação nos diversos ambientes e setores de rochas ornamentais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo subsídio ao projeto “Granulitos de Chorozinho (Nordeste do Ceará): Aprimoramento e Desenvolvimento de Caracterização Tecnológica para Rochas Ornamentais”, Processo Nº 411/02 – Edital 003/02.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

American Society for Testing and Materials-ASTM – 1990: “Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock – D 2845”. Philadelphia, USA.

American Society for Testing and Materials-ASTM (C 615). Standard Specification for Granite Dimension Stone. 1992.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992: (NBR 12768). Rochas para Revestimento – Análise Petrográfica.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992a: (NBR 12766). Rochas para Revestimento – Determinação da Massa Específica Aparente, Porosidade Aparente e Absorção d’água Aparente.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992b: (NBR 12767). Rochas para Revestimento – Determinação da Resistência à Compressão Uniaxial.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992: (NBR 12763). Rochas para Revestimento – Determinação da Resistência à Flexão.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992c: (NBR 12764). Rochas para Revestimento – Determinação da Resistência ao Impacto de Corpo Duro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1992d: (NBR 12042). Materiais Inorgânicos – Determinação do Desgaste por Abrasão.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1997: (NBR 13818 Anexo – H: normativo). Determinação da Resistência ao Ataque Químico.

Aveline, M.; Braudran, A.; Habib, P.; Isnard, P.; Leymarie, P. & Morlier, P. 1964: Résultats expérimentaux sur les relations entre la microfissuration et la vitesse de propagation des ultra-sons dans les granites du Sidobre (Tarn). Sciences de la Terre, Tome IX, nº 4. Nancy, França. p 439-488.

Costa, A.P.L. 2000. Granulitos de Chorozinho (NE do Ceará): Levantamento Geológico e Caracterização Tecnológica como Rochas

Ornamentais. Monografia de Graduação. Curso de Geologia – UFC. 64p.

Costa, A.P.L. 2002. Caracterização Geológica e Tecnológica dos Granulitos da Região de Chorozinho (Nordeste do Ceará). Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Geologia – UFC. 104p.

Frazão, E. B. & Farjallat, J. E. S. 1995: Caracterização das Principais Rochas Silicatadas Brasileiras Usadas como Pedras de Revestimento. I Congresso internacional de Pedra Natural. Lisboa-Portugal. 47-58 p.

CARACTERISTICAS DE ROCHAS CARBONATICAS DO NORDESTE PARA FINS ORNAMENTAIS

Julio César de Souza¹, José Lins Rolim Filho¹ e Belarmino Barbosa Lira¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Engenharia de Minas
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária – CEP 50.670-901 – Recife-PE
Fone: (81) 3271-8245 / 3271-8246 - E-mail: jcsouza@npd.ufpe.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta os resultados finais da caracterização tecnológica de rochas carbonáticas nordestinas para uso com fins ornamentais. São apresentados e comentados os resultados de ensaios de caracterização de três jazidas de material carbonático provenientes de novas ocorrências minerais cujo material apresenta elevada qualidade, comparado aos mais nobres mármore existentes no nordeste brasileiro.

Foram avaliados nos ensaios tecnológicos rochas carbonáticas da região de Zabelê e Monteiro/PB, Currais Novos/RN e calcários da região de Mossoró/RN, indicando-se novos depósitos minerais com uma elevada qualidade tecnológica, os quais, se transformados em minas, gerarão grandes benefícios econômicos nessas regiões.

Foram determinados os seguintes parâmetros: índices físicos, desgaste Amsler, compressão simples, tração por flexão e impacto de corpo duro. Todos os resultados apontam para rochas que atendem integralmente as especificações técnicas para utilização como material ornamental.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda os ensaios de caracterização tecnológica realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco em 3 (três) depósitos de materiais carbonáticos e os resultados obtidos, classificando as rochas como aptas para emprego ornamental.

O material ensaiado é proveniente de jazidas localizadas nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, mais precisamente nas regiões de Zabelê e Monteiro na Paraíba e Currais Novos e Mossoró no Rio Grande do Norte.

A etapa de caracterização tecnológica foi composta da execução de ensaios de determinação dos índices físicos, desgaste por abrasão Amsler e resistência mecânica (compressão simples e tração por flexão). Os resultados obtidos foram então comparados com as especificações técnicas para aplicação como material ornamental, utilizando-se os valores limite especificados pela NORMA ASTM C503-89, apresentados na Tabela 1 ou valores sugeridos pelo grupo de Rochas Ornamentais do DEMINAS/UFPE.

Tabela 1 – Valores limites especificados para mármore

Tipo de rocha	Densidade (kg/m ³) ASTM C97	Absorção (%) ASTM C97	Compressão Uniaxial (MPa) ASTM C170	Tração por flexão (MPa) ASTM C99	Desgaste Amsler (mm/1000 m) *	Impacto corpo duro (cm) *
Mármore						
Travertino	> 2.305	< 0,75	> 52	> 7	< 2,00	> 40
Calcítico	> 2.595					

* Valores sugeridos pelo DEMINAS/UFPE

Após a comparação dos resultados com os valores limite pode-se então inferir a viabilidade técnica de aplicação do material ensaiado como material ornamental, desde que o mesmo atenda as especificações apresentadas na tabela acima.

TEXTURAS DOS MÁRMORES ENSAIADOS

Os mármore da região de Zabelê, amostrados e analisados no Laboratório de Rochas Ornamentais do DEMINAS/UFPE, foram agrupados em 6 grupos principais em termos de textura e padronização estética, de acordo com as características cromáticas e aparência das amostras polidas. (Figura 2).

Grupo 1) Mármore brancos e amarelados: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore mais claros, que não apresentam minerais escuros em sua matriz textural e com coloração relativamente homogênea.

Grupo 2) Mármore brancos com pigmentação escura: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore de matriz clara, que apresentam minerais escuros disseminados na forma de pequenos pontos dentro da matriz textural e com coloração relativamente homogênea.

Grupo 3) Mármore cinza claro à escuro: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore de coloração acinzentada com tonalidades desde cinza claro até cinza escuro, que não apresentam minerais escuros em sua matriz textural e com coloração relativamente homogênea.

Grupo 4) Mármore cinza com pigmentação escura: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore de coloração acinzentada, normalmente de tonalidade mais clara, que apresentam minerais escuros disseminados na forma de pequenos pontos dentro

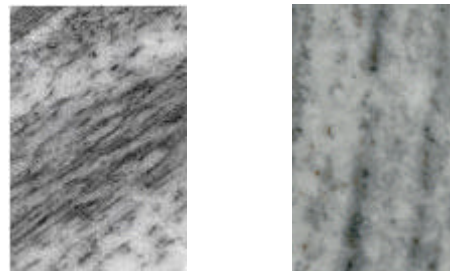
da matriz textural e com coloração relativamente homogênea.

Grupo 5) Mármore branco com listras escuras: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore que apresentaram textura em camadas alternadas de minerais claros e escuros conferindo uma aparência de matriz branca com listras escuras.

Grupo 6) Mármore cinza com listras claras: nesse grupo foram agrupados aqueles mármore que apresentaram textura em camadas alternadas de minerais acinzentados e claros conferindo uma aparência de matriz cinza claro com listras claras.

Os mármore amostrados na região de Currais Novos possuem coloração branca característica e possuem textura uniforme e homogênea, com granulometria uniforme e de tamanho microcristalino (Figura 3). Resumidamente é uma rocha carbonática leucocrática de coloração branca clara, granulometria submilimétrica e textura homogênea (mármore de excelente qualidade estética).

Os calcários da região de Mossoró são semelhantes as rochas tipo travertino possuindo coloração amarela característica, com presença de intrusões de pequenos fósseis, textura uniforme e homogênea, com granulometria uniforme e de tamanho microcristalino (Figura 4). Resumidamente é uma rocha calcária de cor bege, granulometria muito fina, destacando-se pontuações milimétricas de cor vítrea. Não se observam cavidades nas amostras analisadas. Nota-se algumas fraturas preenchidas por carbonato cristalizado.

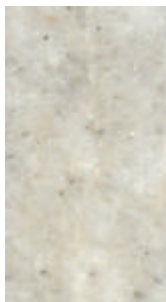


Mármore branco com listras escuras Mármore cinza com listras claras

Figura 2 - Aspecto estético dos mármore de Zabelê – PB



Figura 3 - Aspecto estético do mármore de Currais Novos – RN



Mármore amarelado



Mármore branco com pigmentação escura



Mármore cinza claro à escuro



Mármore cinza com pigmentação escura

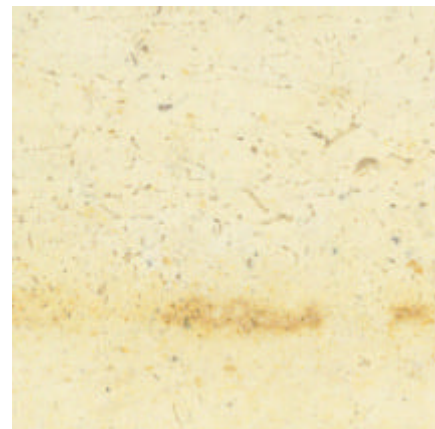


Figura 4 - Aspecto estético do calcário de Mossoró – RN

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Os mármore amostrados foram analisados no Laboratório de Rochas Ornamentais do DEMINAS/UFPE obtendo-se os resultados mostrados nas tabelas a seguir.

Tabela 2 - Densidade (kg/m³)

ROCHA	? Seco
Mármore branco Zabelê	2,721 +- 0,014
Mármore escuro Zabelê	2,811 +- 0,006
Mármore branco Currais Novos	2,837 +- 0,004
Calcário Mossoró	2,524 +- 0,007
Valor limite ASTM C503-89 (mármore calcítico)	> 2,595
Valor limite ASTM C503-89 (travertino)	> 2,305

Pela tabela 2 acima nota-se que todos os materiais satisfazem aos valores limite sugeridos pela norma ASTM C503-89 e portanto podem ser aplicados como material ornamental sem restrições.

Tabela 3 - Absorção (%)

ROCHA	? Seco
Mármore branco Zabelê	0,118 +- 0,024
Mármore escuro Zabelê	0,281 +- 0,038
Mármore branco Currais Novos	0,203 +- 0,059
Calcário Mossoró	5,180 +- 0,232
Valor limite ASTM C503-89	< 0,75

Pela tabela 3 acima nota-se que os mármore satisfazem aos valores limite sugeridos pela norma ASTM C503-89 e portanto podem ser aplicados como material ornamental sem restrições. Entretanto existem restrições sérias com relação a esse parâmetro para o caso do calcário de Mossoró – RN.

Tabela 4 - Desgaste Amsler (mm/1000 m)

ROCHA	? Seco
Mármore branco Zabelê	1,401 +- 0,328
Mármore branco Currais Novos	1,900 +- 0,090
Calcário Mossoró	1,798 +- 0,165
Valor limite (DEMINAS/UFPE)	< 2,000

Os resultados dos ensaios de desgaste Amsler são considerados excelentes para rochas carbonáticas que possuem muito menor resistência mecânica que as rochas silicáticas. Para os mármore em questão o desgaste foi de cerca de 40 a 100% maior do que em rochas silicáticas o que nos leva a conclusão de que o material é apropriado para a utilização em pisos de pequena a média circulação.

Tabela 5 - Compressão uniaxial (MPa)

ROCHA	s _c (MPa)
Mármore branco Zabelê	64,98 +- 18,32
Mármore branco Currais Novos	104,54 +- 15,67
Calcário Mossoró	85,21 +- 10,32
Valor limite ASTM C503-89	> 52

Pela tabela 5 acima nota-se que todos os materiais satisfazem aos valores limite sugeridos pela norma ASTM C503-89 e portanto podem ser aplicados como material ornamental sem restrições.

Tabela 6 - Tração por flexão (MPa)

ROCHA	s _t (MPa)
Mármore branco Zabelê	12,55 +- 0,99
Mármore branco Currais Novos	15,03 +- 0,77
Calcário Mossoró	13,07 +- 1,05
Valor limite ASTM C503-89	> 7

Pela tabela 6 acima nota-se que todos os materiais satisfazem aos valores limite sugeridos pela norma ASTM C503-89 e portanto podem ser aplicados como material ornamental sem restrições.

Os resultados dos ensaios de resistência mecânica são considerados satisfatórios para o tipo de rocha ensaiada (rocha carbonática) e estão acima dos valores limites encontrados na norma ASTM C503-89 que são respectivamente 52 MPa para compressão e 7 MPa para tração por flexão.

Tabela 7 - Impacto de corpo duro (cm)

ROCHA	Altura ruptura (cm)
Mármore branco Zabelê	45
Mármore branco Currais Novos	40
Calcário Mossoró	60
Valor limite (DEMINAS/UFPE)	> 40

Pela tabela 6 acima nota-se que todos os materiais satisfazem aos valores limite sugeridos pelo Grupo de Rochas Ornamentais do DEMINAS/UFPE e portanto podem ser aplicados como material ornamental sem restrições.

Avaliando globalmente os resultados obtidos pode-se concluir que os materiais ensaiados possuem grande potencial de aplicação como rocha ornamental, atendendo integralmente as especificações contidas na norma ASTM C503-89, com exceção do calcário de Mossoró – RN com relação a absorção de água.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados dos ensaios de caracterização tecnológica e nas especificações técnicas utilizadas para avaliação pode-se concluir que os materiais carbonáticos atendem aos limites estipulados e podem ser aplicados sem restrição como material ornamental.

O mármore da região de Zabelê – Monteiro, Paraíba, possui excelente qualidade tecnológica e atende integralmente as especificações técnicas sendo portanto material para uso ornamental.

O mármore da região de Currais Novos, Rio Grande do Norte, também possui excelente qualidade tecnológica e atende integralmente as especificações técnicas sendo portanto material para uso ornamental.

O calcário da região de Mossoró, Rio Grande do Norte, possui boa qualidade tecnológica e atende parcialmente as especificações técnicas, com exceção da absorção de água, tendo assim mesmo grande potencial como material para uso ornamental.

Conclui-se por fim que a região Nordeste do Brasil possui diversas ocorrências de material carbonático de boas qualidades tecnológicas que poderão vir a ser no futuro uma excelente opção para utilização como material ornamental, em substituição as jazidas nacionais de mármore do Espírito Santo e eventualmente, para exportação.

BIBLIOGRAFIA

Souza, J. C., Lira, B. B. e Rolim, J. L. – Avaliação Tecnológica do emprego do mármore de Zabelê-PB como material ornamental. IIIº Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rochas para revestimento – Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. NBR 12766. Rio de Janeiro, 1992.

--- Rochas para revestimento – Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. NBR 12764. Rio de Janeiro, 1992.

--- Rochas para revestimento – Determinação da resistência à flexão. NBR 12763. Rio de Janeiro, 1992.

--- Rochas para revestimento – Determinação da resistência á compressão uniaxial. NBR 12767. Rio de Janeiro, 1992.

--- Materiais inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão. MB 3379. Rio de Janeiro, 1990.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Specification for marble dimension stone (exterior). ASTM C 503. Philadelphia, 1989.

--- Tests methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone. ASTM C 97. Philadelphia, 1990

--- Test method for flexural strength of dimensional stone. ASTM C 880. Philadelphia, 1989

--- Test method for compressive strength of dimension stone. ASTM C 170. Philadelphia, 1990

--- Test method for modules of rupture of dimension stone. ASTM C 99. Philadelphia, 1987

--- Test method for abrasion resistance of stone subject to foot traffic. ASTM C 241. Philadelphia, 1990

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA E FÍSICO-MECÂNICA PRELIMINAR DE GRANITOS E MOVIMENTADOS VERMELHOS DA REGIÃO SUL/SUDOESTE DO ESTADO DO MATO GROSSO, COMO POTENCIAL PARA ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO

Antonio Misson Godoy^{1}, Alvaro Pizzato Quadros², Jayme Alfredo D. Leite³, Larissa Marques Barbosa de Araújo Ruiz⁴, Amarildo Salina Ruiz², Maria Zélia Aguiar de Souza³, João Batista de Matos³ e Júlio César de Pinheiro Arrais⁴*

¹DPM-IGCE/UNESP

²DGG/ICET/UFMT

³DRM/ICET/UFMT

⁴Pós Graduação/IGCE/UNESP

*DPM-IGCE/UNESP – Av.24A , 1515, Bairro Bela Vista, CEP 13.506-900 – Rio Claro – São Paulo
Fone: (19) 526-2824 / Fax: (19) 524-9644 – E-mail: agodoy@rc.unesp.br

RESUMO

O presente estudo da potencialidade das rochas ornamentais e de revestimento do Estado de Mato Grosso constitui uma contribuição ao avanço do conhecimento geológico, de forma a acrescentar ao conhecimento científico elementos práticos e fundamentais que propiciem a transformação econômica imediata deste bem mineral e contribuam para o desenvolvimento sócio-econômico do Estado, a partir da implantação e desenvolvimento desta cadeia produtiva de transformação. As extensas áreas de exposição de rochas cristalinas matogrossenses, constituem um fator promissor à implantação e ao crescimento deste setor da mineração. Foram estudados os granitos e movimentados vermelhos da região sul/sudoeste do Mato Grosso, geologicamente já bem conhecidos o que facilitou a caracterização geológica-estrutural e petrográfica dos litotipos, fator importante na contribuição para os ensaios tecnológicos (físico-mecânicos). Os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos das variedades mostram que os parâmetros analisados situam-se dentro dos limites padrões estabelecidos pelas normas e obedecem satisfatoriamente os valores limites fixados pela norma C615 para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos, quer para externos.

INTRODUÇÃO

O presente estudo da potencialidade das rochas ornamentais e de revestimento do Estado de Mato Grosso constitui uma contribuição ao avanço do conhecimento geológico de forma a acrescentar ao conhecimento científico elementos práticos e fundamentais que propiciem a transformação econômica imediata deste bem mineral e contribua para o desenvolvimento sócio-econômico do Estado, com a implantação e desenvolvimento desta cadeia produtiva de transformação.

A crescente utilização de rochas ornamentais em obras civis tem alertado os usuários para os problemas decorrentes de uma escolha inadequada desses materiais. A melhor medida preventiva para esses problemas é a correta especificação das rochas frente aos usos pretendidos respeitando-se, além do efeito estético desejado, as características tecnológicas dos materiais.

Visando atender estas concepções, inicia-se o desenvolvimento deste projeto com objetivos de ordem estética bastante amplos, quanto à diversidade de litotipos matogrossenses a serem estudados, possibilitando um levantamento das variedades de rochas quanto, composição, cor, textura e estrutura e, conseqüente, diversificação de tipos ornamentais para o mercado consumidor. Esta disponibilidade de litotipos rochosos resulta, conseqüentemente, em uma opção para implantação de um polo extrativo.

A partir da escolha estética, optou-se pela identificação favorável dos tipos litológicos, quanto à logística e exequibilidade de lavra, evoluindo atualmente para os patamares técnicos da caracterização geológica, química e físico-mecânica das rochas, necessárias para um mercado consumidor cada vez mais exigente, que requer e lhe é devido, uma padronização das características tecnológicas das rochas ornamentais das jazidas. Esta caracterização técnica possibilitará o aproveitamento de rochas já aceitas no mercado consumidor, bem como resultará em novas contribuições com solicitações para utilizações, apoiadas em critérios técnicos e viabilidade de soluções arquitetônicas, estéticas e funcionais muito mais confiáveis para a construção civil.

O Estado do Mato Grosso apresenta vastas áreas de exposição de rochas cristalinas, propícias à exploração para fins ornamentais e de revestimento. É, sem dúvida, um local extremamente promissor para a implantação e o crescimento deste produtivo setor mineral, embora ainda muito desconsiderado, o que resultaria em conseqüentes benefícios advindos com o desenvolvimento sócio-econômico do Estado, possibilitando a instalação de novas empresas com o aumento da oferta de empregos diretos nos setores de prospecção, lavra, beneficiamento e comercialização, e indiretos como transporte, maquinário e apoio técnico.

O interesse na exploração de rochas ornamentais no centro-oeste brasileiro é recente, apresentando como único trabalho o Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado de Mato Grosso (DNPM, 1999). Ressalta-se também o trabalho de uma única empresa produtora, a "De Jorge Mineração Ltda.", que nos anos de 1993 a 1995 beneficiou blocos oriundos do Granito São Vicente, o "Vermelho Pantanal", e atualmente, no extremo noroeste de Mato Grosso no município de Rondolândia,

situam-se as duas únicas jazidas de rochas ornamentais em atividade exploradas pela “Gramazon Ltda.” de Rondônia, constituída pelo Granito Marrom, denominado de “Café da Amazônia” e o Granito Cinza Marrom, denominado de “Prata da Amazônia”.

As áreas propostas para o estudo localizam-se na região sul/sudoeste do Mato Grosso, que detêm um dos maiores tratos geológicos relativamente conhecidos, o que facilita a caracterização geológica-estrutural e tecnológica (físico-mecânico) das rochas gnáissicas e graníticas, que demonstrem exequibilidade econômica de lavra. Serão inicialmente estudadas cinco (5) unidades litológicas de coloração dominante vermelha, mas com padrão textural e estrutural distinto e que, dependendo dos resultados das pesquisas técnicas efetuadas, poderão mostrar-se viáveis à exploração por este setor da economia.

Além das investigações técnicas mencionadas pretende-se, a partir da parceria IGCE-UNESP/UFMT, ampliar a capacitação do corpo técnico no estudo de técnicas aplicadas ao setor de rochas ornamentais, desenvolver cooperação técnica e laboratorial entre as Instituições, e possibilitar assim, a criação de um polo tecnológico na UFMT, apto a fornecer as bases técnicas ao empresariado e órgãos governamentais estaduais.

O Estado do Mato Grosso é atualmente um dos menores produtores de rochas ornamentais do país. Entretanto, diante do imenso potencial natural de que dispõe, da sua favorável posição geográfica no ocidente sul-americano e da possibilidade da UFMT estabelecer-se como centro de capacitação tecnológica neste setor seria possível, em médio prazo, e a partir de uma parceria de incentivo deste setor pela atuação política de órgãos institucionais e governamentais obter sua definição também como um polo produtor e exportador para os estados próximos, ou mesmo para os maiores pólos consumidores do sul-sudeste do Brasil. O acesso aos portos exportadores do Oceano Atlântico, via malha ferroviária parcialmente implantada ou hidrovias, associado à possibilidade de saída para o Oceano Pacífico e todo norte do país por via fluvial, tornam o Estado um promissor pólo econômico neste setor extrativista e, como consequência, trará um novo perfil de desenvolvimento ao Estado do Mato Grosso.

Aspectos Geológicos e Petrográficos

Os granitos e movimentados vermelhos da região sul/sudoeste do Estado do Mato Grosso, objetos deste estudo, constituem os granitos São Vicente, Sararé, Rio Branco e os ortognaisses graníticos Fortuna e Indivaí. Os cinco (5) tipos litológicos abordados são relativamente conhecidos do ponto de vista geológico e localizam-se nas imediações dos principais pólos de desenvolvimento do Estado e demonstram clara exequibilidade econômica de lavra.

Com o propósito de avaliar o potencial destas rochas no emprego como rochas ornamentais e de revestimento foram realizados levantamentos geológicos para caracterizar as variações composicionais, texturais e estruturais, avaliação preliminar da viabilidade de implantação da lavra e,

também, a caracterização química e tecnológica a partir da caracterização por meio ensaios físico-mecânicos dessas rochas.

Quanto aos aspectos geológicos regionais, as áreas pesquisadas situam-se no Cráton Amazônico e na entidade geotectônica pré-cambriana denominada de Faixa de Dobramentos Paraguai. Na Figura 1 de (Trompette, 1994), estão indicadas a localização das áreas de exposição das unidades geológicas estudadas: o Granito São Vicente (A), localizado nos domínios internos da Faixa de Dobramentos Paraguai; o Granito Sararé (B), a Suíte Intrusiva Rio Branco (C), os ortognaisses Fortuna (D) e Indivaí (E) e que se encontram expostos no SW do Cráton Amazônico.

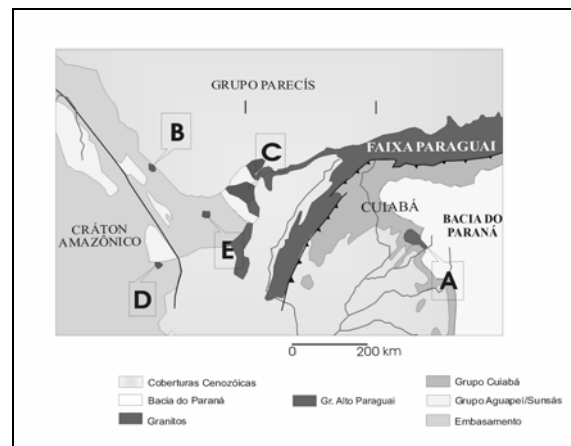


Figura 1. Mapa Geológico esquemático da porção meridional do Cráton Amazônico (mod. Trompette, 1994). Localização dos maciços: A - São Vicente. B - Sararé. C - Rio Branco. D - Fortuna. E - Indivaí.

O **Granito São Vicente** é um corpo batolítico de composição essencialmente granítica, alojado no estágio tardi-cinemático do evento Brasileiro que afetou a Faixa Paraguai. Apresenta-se com uma área aflorante de 437 km² localizada a sudeste de Cuiabá, intrusivo em rochas metassedimentares de baixo grau do Grupo Cuiabá e parcialmente recoberto pelos sedimentos da Bacia do Paraná, na sua porção leste. Observa-se em todo o maciço um grande número de diques e veios aplíticos e/ou pegmatóides das mais variadas espessuras e direções e de composição ácida.

Os litotipos predominantemente são representados por biotita-granitos e muscovita-biotita-granitos, sendo possível a individualização inicial de quatro fácies texturais: a fácies equigranular grossa a porfírica, tendo a sua maior expressão em faixa circunscrita às bordas de contato; a fácies porfírica de matriz média a equigranular média, ocupando a zona central do corpo; a fácies pegmatítica restrita à zona noroeste do maciço e a fácies equigranular fina a porfírica, distribuída na região sudeste do batólito.

São rochas isotrópicas, leucocráticas com coloração predominantemente rósea a vermelha. Localmente são observados aplitos tardios de

pequenas dimensões apresentando variações de cor para o cinza a branco. São constituídas por quartzo, ortoclásio, plagioclásio, biotita e muscovita, apresentando em menor porcentagem zircão, turmalina, apatita, fluorita, sulfetos, molibdenita, óxidos de ferro (hematita) e óxido de manganês e como minerais de alteração epidoto, clorita, calcita, sericita e muscovita.

De longa data a exploração do granito se restringe à atividade artesanal, ou seja: paralelepípedos, folhetas e pedra de mão, porém, recentemente, foi comercializado sob a denominação de “Vermelho Pantanal”.

O **Granito Sararé** situa-se na porção SW do Cráton Amazônico à cerca de 60 km de Pontes e Lacerda-MT. Sua exposição é da ordem de aproximadamente 80 km², apresenta forma alongada segundo a direção NE-SW e seus contatos são de natureza intrusiva em rochas do Complexo Metamórfico Alto Guaporé, do Complexo Vulcano-Sedimentar Pontes e Lacerda e do Maciço Sapé e tectônico com o Maciço Anhangüera, além de estar no contato nordeste recoberto pelos sedimentos siliciclásticos do Grupo Parecis.

É constituído por três fácies: a *Fácies Biotita-Monzogranito* mais antiga, que ocorre na porção sul do maciço, composto por rochas de cor vermelha, leucocrática, isotrópica, inequigranular, granulação fina a média (0,4-3,6 mm) e com a presença de 15% de biotita.

A segunda, denominada *Fácies Muscovita-Monzogranito* predomina na porção centro-norte do corpo e é constituída por rochas de cor rósea, leucocráticas, isotrópicas, inequigranulares de granulação média a grossa a localmente porfiróide (4.0 mm-1.3 cm) apresentando muscovitas e biotita.

A terceira, *Fácies Monzogranito* é formada por intrusões localizadas e de pequeno porte onde a principal ocorrência aflora no extremo norte da área. É constituída por rochas róseas, leucocráticas, isotrópicas, inequigranulares, de granulação fina a média (0.2-5 mm) a localmente porfirítica. As fácies petrográficas são compostas basicamente por diferentes porcentagens de microclínio, quartzo, oligoclásio, biotita, muscovita, apatita, zircão, opacos e por minerais de alteração como muscovita, sericita e clorita (Ruiz *et al.*, 2001 e 2002, 2003). A amostra estudada quanto aos parâmetros físico-mecânicos corresponde a *Fácies Muscovita-Monzogranito*.

A **Suíte Intrusiva Rio Branco** ocorre em uma faixa de direção norte-sul, com aproximadamente 75 km de comprimento e 30 km de largura Barros *et al.* (1982) e Leite *et al.* (1985). Segundo Geraldês (2000) esta suíte é representada por duas associações principais, uma de composição gabrôica (mais subordinada) e outra granítica. A primeira compreende rochas granulares, as vezes subvulcânicas, melanocráticas, isotrópicas, classificadas como gabros a monzogabros equigranulares a microporfiríticos. A segunda associação, mais abundante, é composta por rochas leucocráticas, de composição granítica, cor vermelha intensa, isotrópicas, com textura

subvulcânica.

As rochas da associação granítica apresentam textura porfirítica constituída por fenocristais de feldspato alcalino e plagioclásio, dispostos em uma matriz fina. O feldspato alcalino ocorre como fenocristais subédricos, pertíticos, com inclusões de quartzo e discreta corrosão em suas bordas. Os plagioclásios exibem grãos euédricos a subédricos, freqüentemente com alteração parcial e, por vezes, como coroas nos feldspatos alcalinos. O quartzo constitui cristais anédricos com bordas corroídas e arredondadas. A biotita representa o principal mineral máfico e altera-se para clorita. Os acessórios principais normalmente associados à biotita são apatita, zircão e epidoto.

O **Ortognaisse Fortuna** enquadra-se no conjunto litológico denominado informalmente por Matos & Ruiz (1991) como Embasamento Metamórfico da região do Destacamento Fortuna. Foram descritos dois tipos de rochas gnáissicas, um exibindo estrutura bandada, polideformado, representado por biotita-gnaisses ou hornblenda-biotita-gnaisses; o outro tipo litológico descrito refere-se a gnaisses com estrutura ocelar cujos porfiroclastos de feldspato potássicos são centimétricos, de cor rósea e matriz de granulação grossa e que apresentam feições de recristalização e deformação dúctil-rúptil.

Os gnaisses ocelares são rochas leucocráticas, de granulação muito grossa, inequigranulares, porfiríticos, de coloração rosa esverdeada, anisotrópica (miloníticas a protomiloníticas).

Ao microscópio destacam-se os porfiroclastos de feldspatos alcalinos, subidiomórficos, róseos, com até 5 cm de comprimento. A matriz exibe granulação média a grossa, invariavelmente orientada, constituída por plagioclásio subidiomórficos intensamente saussuritizados, conferindo à matriz da rocha uma incomum coloração verde clara. O quartzo é xenomórfico, intersticial e intensamente recristalizado e deformado. O máfico dominante é a biotita que, na maioria dos casos, mostra-se cloritizada e associada aos agregados microgranulares de minerais acessórios como epidoto, apatita e zircão. Observam-se ainda biotitas secundárias retrometamórficas da transformação de hornblendas e conseqüentemente a geração de epidoto. O microfissuramento é intenso em toda a rocha, todavia são os porfiroclastos de feldspatos alcalinos que se mostram mais fraturados intensificando os processos de alteração.

O **Ortognaisse Indiavaí**, corresponde a um corpo orientado segundo a direção norte-sul, exposto às margens do Rio Jauru, nas imediações da cidade homônima. Trata-se de um conjunto de rochas ortoderivadas, onde são reconhecidas três fácies petrográficas distintas, sendo que a dominante e enfocada neste estudo é composta por biotita hornblenda-gnaisses leucocráticos, de granulação grossa a porfirítica, intensamente foliado, com freqüente desenvolvimento de textura ocelar.

As demais fácies são constituídas por

granitos foliados róseos, mais restritos, mais jovens, granulação fina-média, expostos no contexto ígneo, sob a forma de diques e tipos subvulcânicos, de composição granítica, textura porfírica, com matriz fina e fenocristais zonados de plagioclásio.

O hornblenda-ortognaisse é uma rocha leucocrática, inequigranular, porfírica, de granulação média a grossa, cor rósea a vermelha, com marcada anisotropia planar definida pela estrutura milonítica a protomilonítica. Os feldspatos apresentam-se como porfiroclastos exibindo formas anédricas e subédricas e intensa saussuritização, definindo uma cor verde a rocha. A matriz é constituída por feldspato alcalino, quartzo intersticial, plagioclásio, hornblenda e biotita. Estes minerais máficos, apresentam granulação média ocorrendo isoladamente ou formando agregados irregulares e orientados, como efeito da recristalização. Os minerais acessórios são constituídos principalmente por zircão e apatita, além de epidoto como mineral de transformação de plagioclásios e anfibólios. O microfissuramento é pouco expressivo e, na maioria das vezes, restringe-se ao interior dos grãos dos fenocristais de feldspatos.

Aspectos Geoquímicos

As análises geoquímicas das variedades litológicas estão baseadas no padrão de distribuição dos elementos maiores e foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do DPM/IGCE/UNESP. A caracterização geoquímica apresentou o objetivo de definir o comportamento e a distribuição dos elementos maiores das rochas analisadas, possibilitando assim, a correlação com a variação mineralógica e os parâmetros físico-mecânicos das rochas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores das análises geoquímicas de elementos maiores.

Rochas	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
São Vicente 1	76,52	0,11	12,66	1,03	0,02	0,08	0,56	3,4	5,21	0,02
São Vicente 2	76,72	0,1	12,48	0,95	0,02	0,07	0,64	3,74	4,64	1
São Vicente 3	75,1	0,19	12,79	1,48	0,05	0,24	1	3,26	5	0,05
Sararé	74,84	0,07	14,16	0,83	0,01	0,06	0,63	4,62	4,47	0,02
Rio Branco	71,77	0,42	12,91	3,69	0,07	0,4	0,82	3,56	5,3	0,06
Fortuna	70,64	0,45	14,06	2,72	0,03	0,6	1,64	3,04	5,79	0,17
Indiavaí	72,76	0,32	13,46	2,73	0,03	0,29	1,32	3,41	5,28	0,06

O comportamento dos valores de SiO₂ nos litotipos estudados mostram-se elevados, no intervalo de 70 a 77%. As variedades das rochas do Granito São Vicente apresentam os valores mais elevados, enquanto as rochas ortognáissicas Fortuna os menores valores (Figura 2A). Estes valores refletem na resistência ao desgaste dos tipos estudados

Os teores de Al₂O₃ também apresentam diferenças significativas entre as diversas variedades (Figura 2B), mostrando valores mais elevados para as rochas do Granito Sararé e para os ortognais Fortuna e Indiavaí, razão direta da sua composição mineralógica. O tipo Sararé, mesmo formado por rochas hololeucocráticas, apresenta valores elevados de alumínio em razão da presença de muscovita e relativamente pouca biotita. Os tipos Fortuna e Indiavaí mostram valores igualmente altos, mas caracterizados pela presença de elevadas quantidades de biotita. Estes altos valores de Al₂O₃ se refletem na resistência e alterabilidade dos tipos estudados.

As porcentagens de TiO_2 (Figura 2C) são variáveis, mas apresentam-se elevadas, para os litotipos Rio Branco, Fortuna e Indiavaí, com reflexos mineralógicos através da presença de minerais como titanita e rutilo em maior quantidade, podendo refletir no processo de alterabilidade mais freqüente destes minerais e conseqüente manchamento avermelhado e pontual das placas de revestimento.

Os teores mais elevados de Fe_2O_3 , MgO e CaO (Figuras 2D, 2E, 2G) estão diretamente correlacionados com os valores de Al_2O_3 , nos litotipos Rio Branco, Fortuna e Indiavaí em razão das altas quantidades de biotita e hornblenda.

As quantidades elevadas de Fe_2O_3 (Figura 2D) dos tipos Rio Branco, Fortuna e Indiavaí refletem a maior presença de minerais máficos presentes e conseqüentemente menores valores de resistência ao desgaste, representando fator importante no controle de alterabilidade resultante da maior facilidade de manchamento ao ataque de líquidos agressivos ou mesmo ao ataque intempérico.

Os teores mais elevados de MgO (Figura 2E) dos tipos Rio Branco, Fortuna e Indiavaí refletem a maior presença de minerais máficos presente, e dentre estes o tipo Fortuna é o que apresenta o maior valor.

Os valores mais acentuados de CaO (Figura 2G) nos tipos Fortuna e Indiavaí denotam a presença de anfíbios, biotitas e/ou clorita e epidoto secundário.

Quanto as variações de MnO (Figura 2F) essas rochas apresentam valores baixos, evidenciando valores mais elevados nos litotipos Rio Branco.

Os teores de Na_2O (Figura 2H) e de K_2O (Figura 2I) são altos e típicos de rochas evoluídas, apresentando pequenas diferenças entre os vários litotipos estudados. Este quimismo não representa um forte controle no comportamento físico-mecânico das rochas, a não ser na relação de desgaste abrasivo, o qual teríamos para as rochas com valores mais elevados de Na_2O um desgaste um pouco mais acentuado, em razão da dureza menor dos plagioclásios em relação aos feldspato potássicos, isto, analisando-se a rocha sem considerarmos as quantidades de quartzo, que correspondem ao fator preponderante deste parâmetro

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Para a caracterização tecnológica das rochas foram realizados os principais ensaios para a determinação das propriedades físicas e mecânicas, obedecendo aos procedimentos normativos apresentados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ASTM (American Society for Testing and Materials). As análises foram realizadas no Laboratório de Rochas Ornamentais do Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciência Exatas da UNESP e encontram-se relacionadas na (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados dos ensaios físicos e mecânicos.

Propriedades	Resultados dos ensaios tecnológicos de granitos e movimentados vermelhos Mato-grossense						
	Unidades Estudadas ou Tipo de Rocha						
	São Vicente 1	São Vicente 2	São Vicente 3	Sararé	Rio Branco	Fortuna	Indiavaí
Massa específica seca (Kg/cm^3)	2570	2590	2600	2590	2620	2660	2640
Porosidade aparente (%)	1.84	1.09	0.67	1.25	0.69	0.84	0.68
Absorção d'água (%)	0.72	0.42	0.29	0.48	0.30	0.32	0.26
Velocidade propagação de ondas (m/s)	4312.14	4623.60	5892.06	5020.41	4495.18	4692.50	4232.57
Desgaste Amsler (mm)	0.77	0.78	0.60	0.71	0.68	0.64	0.89
Flexão (módulo de ruptura) (MPa)	14.56	12.18	15.29	12.57	8.07	6.71	9.97
Compressão uniaxial simples (MPa)	173.94	139.03	158.46	154.79	130.57	143.31	142.90

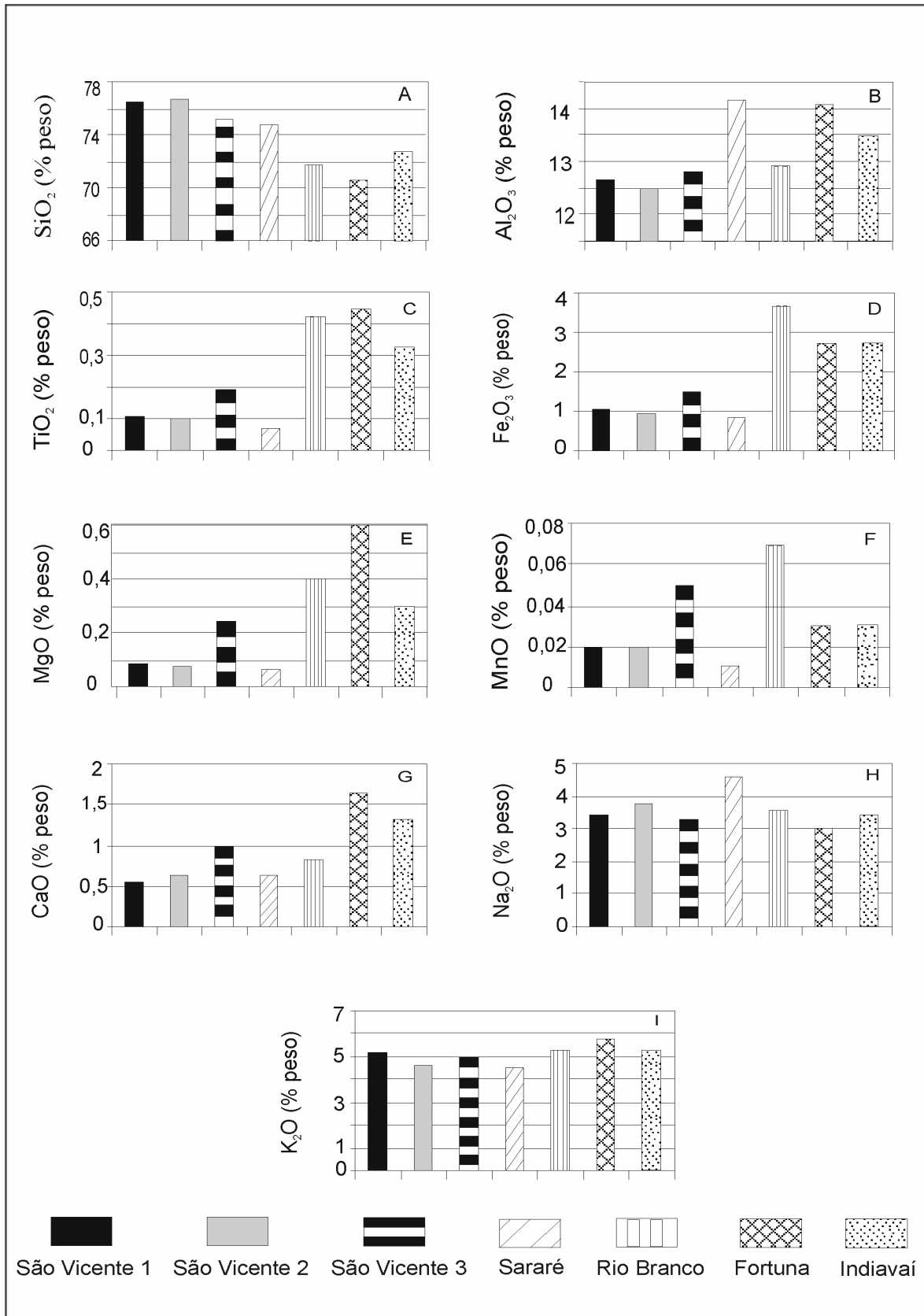


Figura 2. Geoquímica de elementos maiores.

Como referência para comparação dos dados obtidos em laboratório foram utilizados os valores limítrofes para rochas graníticas estabelecidos pela norma C-615 da ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão e Farjallat (1995), além de parâmetros de ensaios tecnológicos de granitos ornamentais vermelhos já consolidados no mercado

brasileiro, como o Vermelho Bragança e o Vermelho Capão Bonito, rochas tradicionais do Estado de São Paulo (IPT, 2000). Estes parâmetros serão utilizados como balizadores em termos comparativos e de avaliação qualitativa dos litotipos ornamentais (Tabela 3).

Tabela 3. Valores especificados pela norma ASTM (1995), por Frazão & Farjallat (1995) e valores dos ensaios do Granito Vermelho Bragança e Capão Bonito.

Propriedades	Valores fixados pela ASTM (1995)	Valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995)	Dados do Catálogo de Rochas Ornamentais (IPT-SP)	
			Tipo de Rocha	
			Vermelho Bragança	Vermelho Capão Bonito
Massa específica seca (Kg/cm ³)	≥2560	≥2550	2631	2638
Porosidade aparente (%)	n.e.	≤1,0	0.75	0.49
Absorção d'água (%)	≤0,4	≤0,4	0.28	0.19
Velocidade propagação de ondas (m/s)	n.e.	≥4000	5080	5590
Dilatação térmica linear (10 ⁻³ /mm °C)	n.e.	≤12,0	6.4	7.3
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	≤1,0	0.51	0.60
Flexão (módulo de ruptura) (MPa)	≥10,34	≥10,0	19.39	12.51
Compressão uniaxial simples (MPa)	≥131	≥100	185.3	149.8

Os resultados dos ensaios tecnológicos nas variedades estudadas situam-se dentro dos limites padrões estabelecidos pelas normas vigentes e obedecem satisfatoriamente os valores limites fixados pela norma C615 para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos, quer para externos. Comparativamente aos padrões de "granitos vermelhos" utilizados para referência neste trabalho, observa-se também que os resultados dos ensaios tecnológicos são bastante próximos e similares.

Os valores obtidos para *massa específica aparente*, *porosidade* e *absorção d'água aparente* foram executados segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992b) e são comentados estão apresentados a seguir. Os valores de *massa específica aparente seca* (Figura 3A) e *saturada* (Figura 3B) são próximos, possibilitando a definição de dois blocos distintos de amostras. As unidades mais silicosas e composicionalmente homogêneas, São Vicente e Sararé, apresentam valores menores do que as amostras das unidades que apresentam minerais mais máficos e densos Rio Branco, Indiauí e Fortuna.

A *absorção d'água* e a *porosidade aparente* dos tipos analisados apresentam valores bastante variáveis, refletindo a forma, contatos dos minerais e a granulação, além da feição estrutural de parte das amostras.

Quanto à absorção de água (Figura 3C) as amostras do São Vicente 1 e 2 e o Sararé, ultrapassam o valor desejado. Estes valores geralmente elevados refletem o fraco entrelaçamento mineral e a granulação grossa, além da presença de argilo-minerais presentes na amostra.

Quanto à porosidade aparente (Figura 3D) os tipos São Vicente 1 e 2 e Sararé são os que apresentaram valores mais elevados, ultrapassando os limites normatizados, refletidos pela granulação mais grossa destes litotipos.

Assim, estes altos índices de porosidade e principalmente de absorção d'água, aliados à composição mineralógica nas rochas São Vicente 1 e 2 e Sararé, importam em cuidados especiais, principalmente quanto ao ataque de líquidos agressivos que devido à alta absorção potencializa processos de alteração e manchamento, com redução estética da placa.

Os valores de resistência à *compressão uniaxial simples* (Figura 3E), obtidos segundo a norma NBR 12767 (ABNT, 1992c), não apresentam valores muitos elevados, mas se encontram dentro dos parâmetros desejados. Esta resposta reflete uma menor coesão exibida pelos minerais nos tipos São Vicente 1 e 2 e Sararé e valores de microfissuramentos mais elevados presentes nos materiais rochosos Rio Branco, Fortuna e Indiavaí .

Os valores de *resistência à flexão 3 pontos* (Figura 3F) foram efetuados segundo a norma NBR 12763 (ABNT, 1992d). Nestes ensaios os resultados não são muitos elevados, mas se encontram acima do valor desejado para as amostras do São Vicente e Sararé, sendo que os valores são levemente menores para as rochas de granulação mais grossa. Para os demais litotipos os valores estão abaixo dos limites estabelecidos, principalmente os tipos Rio Branco devido aos valores de microfissuramento elevados e os tipos Fortuna e Indiavaí, relacionados com a estrutura foliada.

Os valores dos ensaios de *desgaste abrasivo Amsler* (Figura 3G), realizados segundo a norma NBR 12042 (ABNT, 1992e) apresentam bons resultados do ponto de vista tecnológico, com valores de desgastes próximos ao máximo sugerido e apresentando para todas as amostras parâmetros semelhantes, em razão da composição rica em quartzo. A exceção aparece na amostra do tipo Indiavaí que acentua um pouco mais o desgaste em razão da presença de foliação e da presença mais acentuada de máficos como biotita e hornblenda. O tipo São Vicente 3 apresenta os menores valores de desgaste devido à sua granulação mais fina.

Os valores da velocidade de *propagação das ondas ultra-sônicas* (Figura 3H) obtidos com base na norma D2845 (ASTM, 1990) apresentam resultados bem acima do valor limítrofe mínimo normatizado. Os menores valores de propagação estão diretamente relacionados, ou com a granulação da rocha ou com o grau de anisotropia do material rochoso, o que é visto na redução dos valores para o tipo Sararé de granulação mais grossa e pela redução dos valores para os tipos Fortuna e Indiavaí, os mais anisotrópicos.

A Figura 4 refere-se as correlações entre os diversos ensaios tecnológicos, possibilitando interpretações comparativas e identificação de correspondências ou não entre os diversos ensaios. A Figura 4A evidencia a correlação existente entre porosidade aparente *versus* absorção d'água demonstrando a relação direta entre estas propriedades do material rochoso, portanto, quanto mais poroso for o material maior será a sua capacidade de absorção d'água, características que contribuem para os processos de alterabilidade.

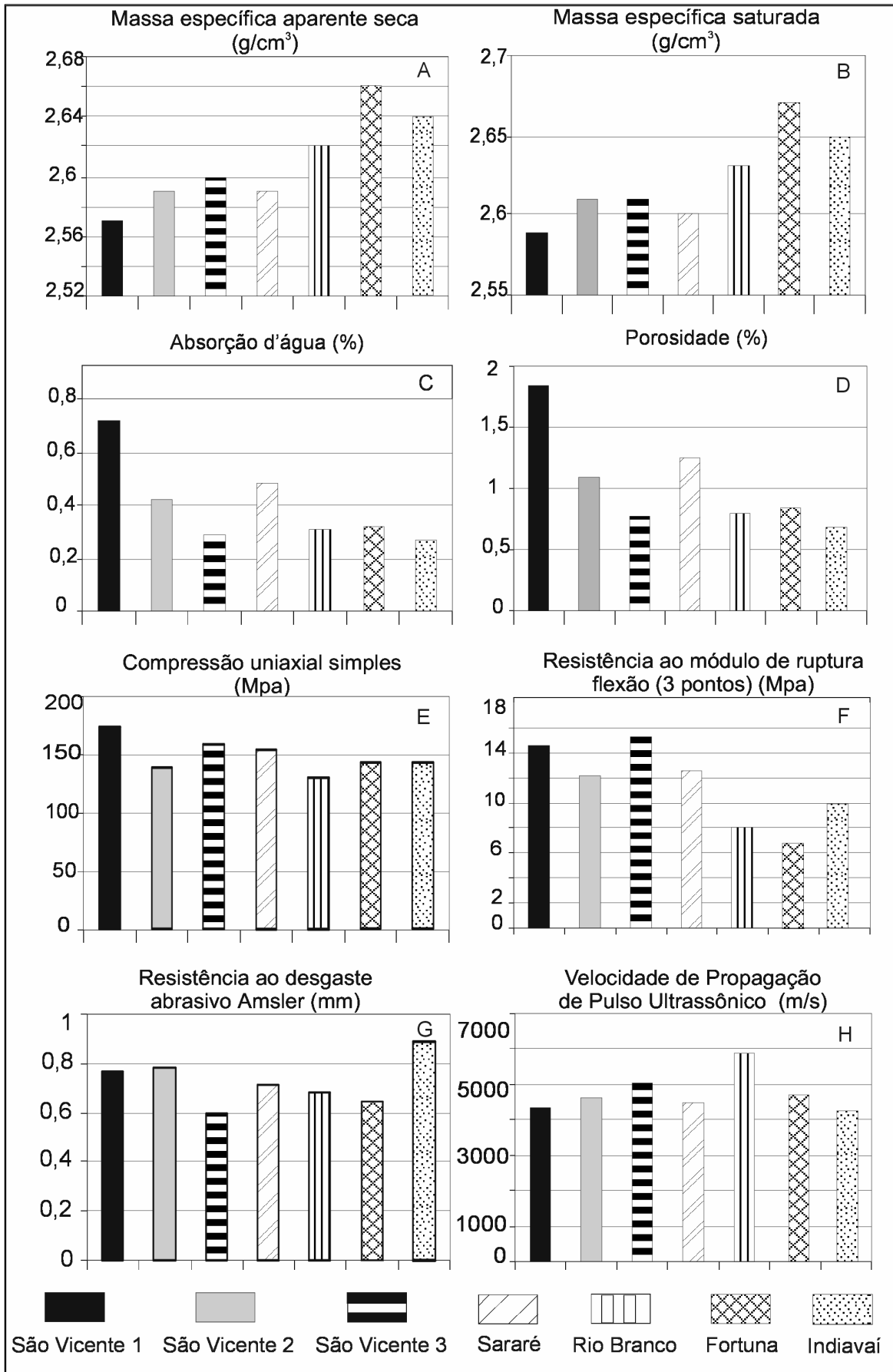


Figura 3. Ensaios físico-mecânicos.

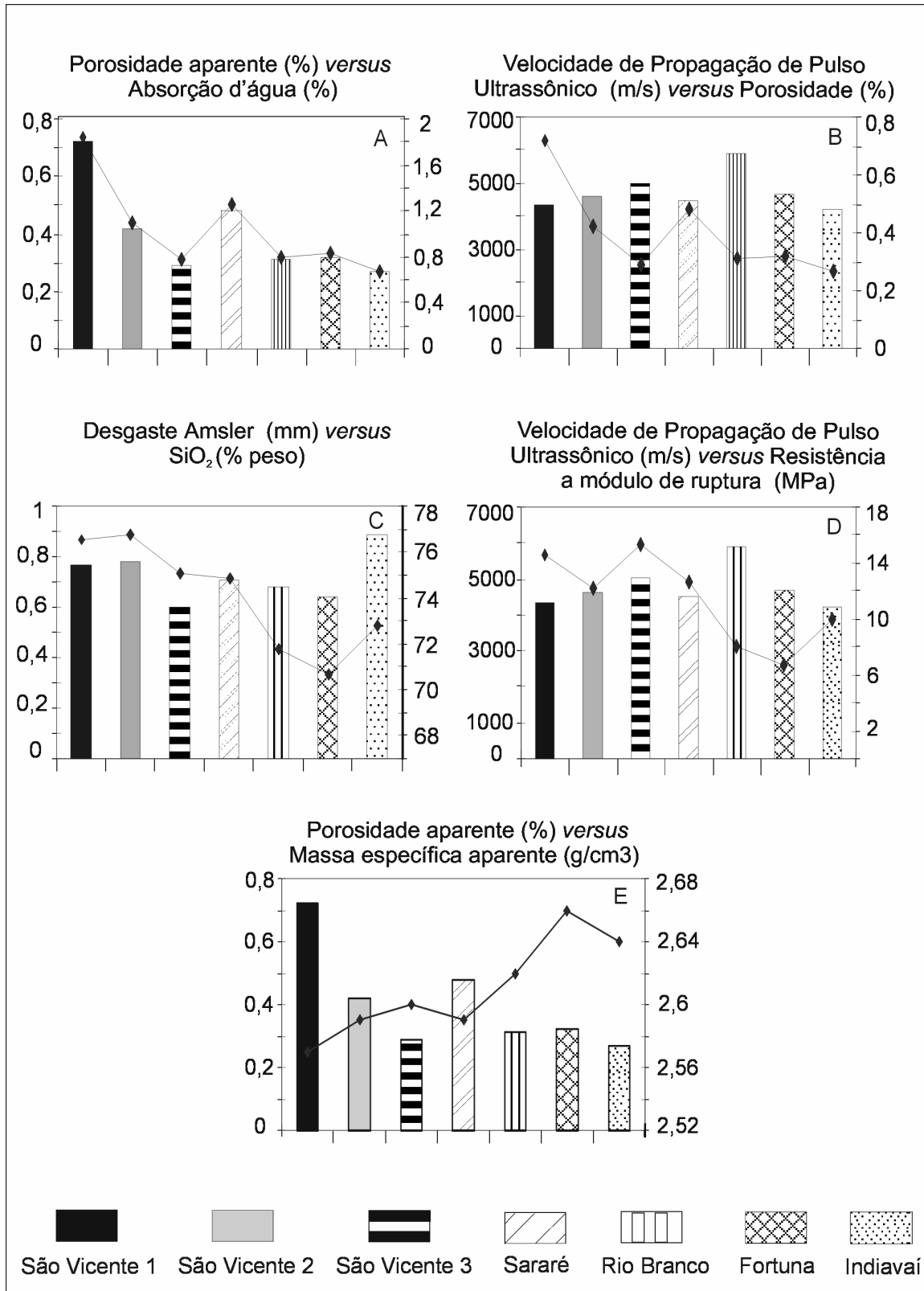


Figura 4. Correlação dos ensaios físico-mecânicos.

A análise da Figura 4B porosidade aparente *versus* pulso ultrassônico evidencia que quanto mais poroso for o material analisado menor será a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas através desse corpo.

Os valores de desgaste abrasivo Amsler *versus* índice de quartzo (Figura 4C) mostram uma correlação direta, com valores maiores de desgaste para as rochas com teores mais baixos de quartzo.

Os valores referentes à resistência à flexão três pontos *versus* velocidade do pulso ultra-sônico decrescem em função da granulometria, da mais fina para a grossa e da anisotropia, das mais anisotrópicas para as menos (Figura 4D). A correlação entre essas duas propriedades determina que quanto mais resistente à flexão tanto maior serão os valores de velocidade de propagação de ondas. Isto é verificado nos tipos São Vicente e Sararé, além dos valores proporcionalmente decrescentes nas rochas mais anisotrópicas Fortuna e Indiavaí. A exceção desta correlação encontra-se realçada no tipo isotrópico Rio Branco, com uma correlação negativa, não em razão do fator somente da granulometria, mas sim, pela relação do maior volume de minerais félicos presentes.

A correlação inversa demonstrada quanto a porosidade aparente *versus* massa específica (Figura 4E) demonstra, que as rochas mais porosas apresentam automaticamente menor massa específica, se não considerarmos as diferenças mineralógicas com densidades distintas.

CONCLUSÕES

As amostras estudadas nesta pesquisa incluem granitos e movimentados (gnaisses) vermelhos oriundos de regiões distintas do sul/sudoeste do Estado do Mato Grosso as quais apresentam aspectos composicionais e texturais favoráveis a sua utilização como rochas ornamentais.

As características químicas dos tipos rochosos estudados estão dentro dos padrões normais atuando no controle das propriedades físico-mecânicas das rochas em razão da mineralogia presente.

Os valores dos parâmetros mineralógicos, petrográficos e físico-mecânicos encontram-se próximos e às vezes superiores aos valores médios dos melhores "Vermelhos Brasileiros" e obedecem satisfatoriamente os padrões limítrofes fixados pela norma C615 (ASTM, 1992) e àqueles sugeridos por Frazão & Farjallat (1995) para granitos utilizados em revestimento, quer para ambientes internos quer para externos.

Agradecimentos

Ao apoio da FAPEMAT (proc. 3.2.15.243/05) e ao CNPq (proc. 550.454/1-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992b. Rochas para Revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 2p. (norma NBR 12766).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992c. Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2p. (norma NBR 12767).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992d. Rochas para Revestimento. Determinação da resistência à flexão. 3p. (norma NBR 12763).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992e. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 3p. (norma NBR 12042).
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1990. D 2845. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock. Philadelphia, USA.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1990. Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock. 361-365p. (standart ASTM D 2845).
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1992. Standard especification for granite dimension stone. 2p. (standart ASTM C 615).
- BARROS, A.M.; SILVA, R.H. da; CARDOSO, O.R.F.A.; FREIRE, F.A.; SOUZA Jr.; J.J. da; RIVETTI, M.; LUZ, D.S. da; PALMEIRA, R.C.; TASSINARI, C.C.G. 1982. Geologia. In: Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil, Folha SD.21. Cuiabá. Rio de Janeiro, 544 p. Levantamentos de Recursos Naturais, 26. p. 25.
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 1998. Catálogo de rochas ornamentais do Estado do Mato Grosso. Coordenado por A. Rajab. Cuiabá: DNPM., 78p. (Publicação DNPM: CDD 553.098 1).
- FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. 1995. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: Atas 1º Congr. Internacional da Pedra Natura. Lisboa, Portugal. p. 47-58.
- GERALDES, M.C. 2000. Geocronologia e geoquímica do plutonismo mesoproterozóico do SW do Estado de Mato Grosso (SW do Cráton Amazônico). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 193 p.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 2000. Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. Coordenado por M.H.B. de O. Frascá. São Paulo: SCTDE. CD-ROOM. (Publicação IPT 2651). Janeiro, v. 5, p. 2193-2204.
- LEITE, J.A.D.; SAES, G.S.; WESKA, R.K. A Suíte Intrusiva Rio Branco e o Grupo Aguapeí na serra de Rio Branco, MT. In: Simpósio de Geologia do Centro Oeste, 2, 1985, Goiânia. *Anais...* Goiânia,

- 1985, p. 247-255.
- MATOS, J.B. & RUIZ, A.S. Contribuição à Geologia da Folha Santa Rita. Mato Grosso. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE, 3, 1991, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá, 1991. p. 122-130.
- RUIZ, A.S.; FERNANDES, C.J.; PINHO, F.E.C. Compartimentação da deformação na Faixa Móvel Aguapeí e as mineralizações auríferas associadas. In: Bettencourt, J.S., Teixeira, W., Pacca, I.I.G., Geraldés, M.C. & Sparrenberger, I. (eds.). Workshop Geology of the SW Amazonian Craton: State-of-the-art. São Paulo. *Extended Abstracts...* v.1, p.120-4, 2001.
- RUIZ, L.B.A.; RUIZ, A.A.; SOUZA, M.Z.A.; GODOY, A.M. Caracterização Petrográfica do Granito Sararé e de seu Embasamento na Porção SW do Cráton Amazônico - MT. In: WORKSHOP - GEOLOGY OF THE SW AMAZONIAN CRÁTON, 2001, São Paulo. *Atas...*Geology of the SW Amazonian Cráton: State of the Art, 2001. v.1, p.159-62.
- RUIZ, L.M.B.A. *Caracterização petrológica, geoquímica e geocronológica (U-Pb e Ar-Ar) do Maciço Sararé- Nova Lacerda-MT*. Exame de Qualificação. IGCE-UNESP, 2002.
- RUIZ, L.M.B.A.; GODOY, A.M.; SOUZA, M.Z.A.; RUIZ, A.S. Pluton Sararé: Uma Análise Preliminar das Fácies Petrográficas-SW do Cráton Amazônico - MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa - PB. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, 2002, v. 1, p.470.
- TROMPETTE, R. Geology of Western Gondwana. A.A. Balkema, 1994, Rotterdam, 340 p.

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS, GEOQUÍMICAS E FÍSICO-MECÂNICAS DAS ROCHAS GRANÍTICAS PORFIRÍTICAS DOS COMPLEXOS SOROCABA E IBIÚNA, SP

Júlio César de Pinheiro Arrais¹, Antonio Misson Godoy¹ e Fabiano Cabañas Navarro¹

¹IGCE/UNESP – Av.24A , 1515, Bairro Bela Vista, CEP 13.506-900 – Rio Claro – São Paulo
Fone: (19) 526-2824 / Fax: (19) 524-9644
E-mail: mgodoy@rc.unesp.br; navarrofc@bol.com.br

RESUMO

O estudo das rochas dos complexos Granitóides Sorocaba e Ibiúna para qualificação como material ornamental e de revestimento, baseia-se na caracterização dos aspectos geológicos-estruturais, mineralógicos, petrográficos, litogeoquímicos e tecnológicos (físico-mecânicos) dos seus principais litotipos, que apresentem exequibilidade de lavra, mas restrito aos tipos litológicos texturais porfiríticos. O crescimento constante desse setor ao longo dos últimos anos tem sido marcado pela competitividade e nível de exigência do mercado consumidor, fatores que requerem a intensificação das pesquisas, possibilitando assim, complementar a oferta das rochas ornamentais com uma ampla gama de variedades estéticas que apresentem padronização das características tecnológicas, visando soluções técnicas e orientações para a sua correta aplicação, além da adequada identificação e tipificação das variedades, possibilitando assim, a prevenção de problemas arquitetônicos. Aliado ao perfil técnico dos litotipos, encontram-se a sua distribuição geológica e geográfica, definindo as maiores ocorrências, com a maior diversidade de sub-tipos de rochas favoráveis à utilização como rochas ornamentais do Estado de São Paulo, e como fator preponderante, a proximidade ao maior pólo consumidor, à cidade de São Paulo e aos portos exportadores. Esta diversidade de fatores, associados às atuações, de caráter técnico das Universidades, dos Institutos de Pesquisa e de uma política de ampliação deste segmento econômico, viabilizariam para o Estado de São Paulo de maior consumidor, transformar-se também em grande produtor e exportador de rochas ornamentais, pois atualmente encontra-se entre os menores produtores nacionais na fase inicial de lavra, através de centros produtores tradicionais e localizados, enquanto na fase final de consumidor ou de produto processado (marmorarias), destaca-se preferencialmente no setor nacional.

INTRODUÇÃO

O segmento de rochas ornamentais é atualmente uma área do setor mineral que apresenta reflexo de um crescimento acelerado, devido principalmente à intensificação da aplicação de materiais pétreos como elemento de revestimento. O crescimento constante desse setor ao longo dos últimos anos tem sido marcado pela competitividade e nível de exigência do mercado consumidor, fatores que requerem a intensificação de pesquisas contemplando a oferta de rochas com variedades estéticas, padronização das características tecnológicas visando soluções técnicas e orientações

para a correta aplicação, possibilitando assim a prevenção de problemas arquitetônicos.

Observa-se que o Estado de São Paulo encontra-se entre os menores produtores nacionais, contribuindo na fase inicial de produção (lavra) com apenas (1%), através de Centros Produtores Tradicionais e localizados, enquanto na fase final de consumidor ou de produto processado (marmorarias), destaca-se preferencialmente (IPT, 2000).

Considerando a expressiva distribuição geológica e geográfica das ocorrências de rochas graníticas com textura porfirítica no Estado de São Paulo, e a aceitação de padrões semelhantes pelo mercado consumidor (ex. o tipo Amêndoa Sorocaba), tem-se que rochas desse tipo apresentam uma boa fronteira de mercado.

Neste sentido, o trabalho aponta ocorrências de rochas com textura porfirítica dos complexos Sorocaba e Ibiúna (Figura 1), que apresentam potencial como material de revestimento, visto o conjunto de características estéticas, petrográficas e tecnológicas que reúnem. Acrescenta-se ainda que as ocorrências, ora descritas, apresentam aspectos geológicos e geomorfológicos favoráveis à extração mineral, tais como morros amplos e delgada cobertura de solo. Outro ponto favorável é a localização privilegiada, próximo a cidades com boa infra-estrutura, como Sorocaba e São Roque, que permitem a instalação de unidades para o desdobramento e processamento dos materiais. Soma-se ainda a proximidade de grandes centros consumidores como Campinas e São Paulo, bem como de portos exportadores.

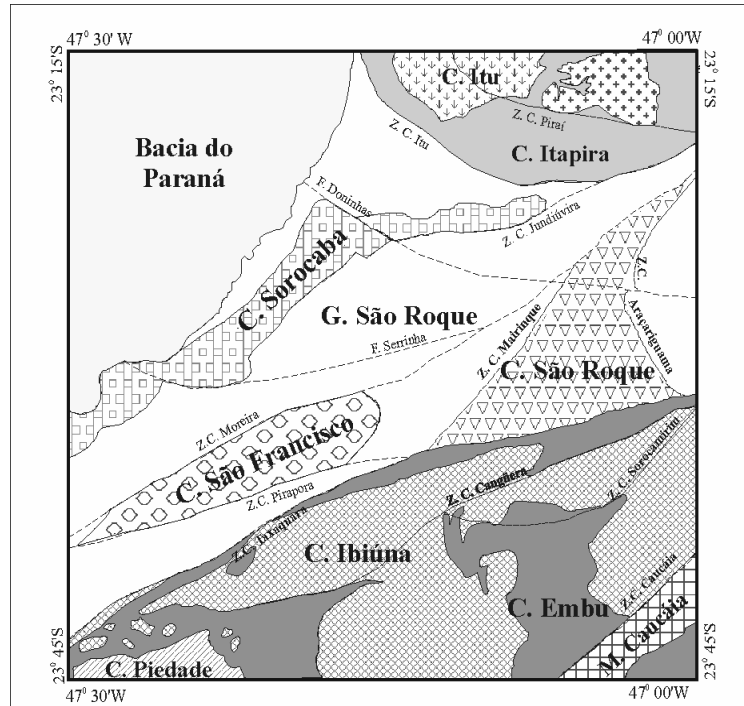


Figura 1 - Mapa de localização dos Complexos Sorocaba e Ibiúna, SP.

Espera-se que os dados preliminares destas ocorrências, ora apresentados e discutidos, contribuam para a motivação da aplicação de rochas com texturas porfíricas como material de revestimento, segundo critérios adequados de nomenclatura comercial e especificação técnica.

Os estudos nestes Complexos, consistem na continuidade das pesquisas já desenvolvidas com as rochas granitoides na região sudeste do Estado de São Paulo, que numa primeira etapa geraram extenso conjunto de dados geológicos, mineralógicos, petrográficos, estruturais e geoquímicos. Portanto nesta nova etapa o objetivo maior é a caracterização dos parâmetros tecnológicos, os quais serão utilizados em conjunto com as demais informações revisadas e interpretadas seguindo um enfoque específico da aplicação dessas rochas como material ornamental e de revestimento.

A característica estética das rochas provenientes desses complexos apresenta boa aceitação por parte do mercado consumidor. Embora exista uma gama variada de padrões estéticos nesses maciços, as quais são governadas por aspectos geológicos (faciológicos), observa-se um volume expressivo e passível de lavra de cada um desses padrões. Tais variações faciológicas encontram-se bem conhecidas por levantamentos geológicos anteriores, cabendo em fases futuras, estudos adequados para cubagem de cada padrão estético identificado.

Para as rochas estudadas observa-se que a variação do padrão estético é um reflexo direto das variações das texturas porfíricas identificadas, fruto

das diferentes combinações de composição e granulção da matriz, e principalmente composição, frequência e tamanho médio dos fenocristais. As diferentes combinações desses fatores acarretam também em respostas diferentes nos ensaios físicos e mecânicos, necessitando dessa forma a realização de estudos adequados de caracterização tecnológica para a correta aplicação desses materiais, evitando assim eventuais problemas tecnológicos que possam ocorrer.

Aspectos Geológicos e Petrográficos

Os estudos do **Complexo Granitóide Sorocaba** resultam anteriormente da integração de trabalhos de mapeamentos geológicos em escala 1:25.000 e 1:50.000 de áreas correspondentes das folhas Sorocaba, Itu, e Cabreúva, região sudeste do Estado de São Paulo, compreendida entre as cidades de Sorocaba e Votorantim. A região é constituída pelas rochas encaixantes da seqüência metavulcano-sedimentar do Grupo São Roque, estando muitas vezes preservada auréola de metamorfismo de contato e no seu contato noroeste encontra-se parcialmente recoberto pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná (Godoy, 1989; Godoy *et al.*, 1992, 1994 e 1996a). A caracterização litogeoquímica do conjunto destas rochas granitoides, bem como dos seus processos geradores, encontram-se descritos principalmente nos trabalhos de Godoy, 1989; Godoy *et al.*, 1999a).

As unidades litoestratigráficas na área englobam as rochas metavulcano-sedimentares pertencentes ao Grupo São Roque, Formação Estrada dos Romeiros, representado predominantemente por metarritmitos grossos e médios a finos, orientados segundo a direção NE-SW,

constituindo o litotipo mais representativo da área, definido por estruturas rítmicas onde se alternam porções arenosas, siltosas e argilosas com diferentes espessuras. Os pacotes onde prevalecem metassedimentos argilosos ou arenosos, foram desmembrados respectivamente em filitos, metassiltitos e metarenitos, além das metabásicas e metacalcário.

O Complexo Granitóide Sorocaba apresenta forma sigmoidal alongada segundo NE-SW, com exposição da ordem de 180 km². Apresenta geometria alongada, podendo ser dividido em três setores: A porção oriental, medindo cerca de 10 x 3 km com direção ENE-WSW em continuidade à orientação da Falha de Jundiuvira, a porção central, medindo cerca de 16 x 4 km com direção NE-SW e a porção ocidental medindo 15 x 4,5 km com direção ENE-WSW. O complexo encontra-se cortado pelas falhas normais com direção NW-SE, Doninha ao norte e Piragibu-Mirim ao sul, estas determinam a sua compartimentação em três segmentos alçados diferencialmente e com características texturais distintas.

O complexo compreende dezenove tipos petrográficos básicos agrupados segundo características geológicas semelhantes em onze fácies e ou associações de fácies (A1-A11), inclui corpos localizados de dioritos e granodioritos, freqüentes sienogranitos, mas as variedades dominantes são de composição monzogranítica. As texturas que ocorrem com maior freqüência são as porfiríticas com presença ou ausência de feições rapakivi, mas termos equi- inequigranulares, aplíticos e pegmatóides também são comuns. O índice de coloração destes litotipos é basicamente leucocrático com variedades desde holo até melagranitóides. A mineralogia básica compreende microclínio perítico, oligoclásio e/ou andesina, quartzo e biotita, ao lado de zircão, apatita, titanita, allanita, turmalina e opacos. Raras muscovita e cordierita ocorrem em fácies com intenso processo de assimilação, comum nas fácies tardias pegmatóides. As hornblendas são comuns mas, os piroxênios são raros nas fácies de composições dioríticas e granodioríticas (Godoy, 1989; Godoy & Figueiredo, 1991 e Godoy *et al.*, 1996a).

As estruturas rúpteis são caracterizadas por zonas miloníticas e sobrepostas a elas, processos cataclásticos, como um processo evolutivo final da deformação, provavelmente em níveis mais rasos, restritas as zonas de cisalhamento no contato sul/sudeste e aos falhamentos internos, sendo que estas compartimentam o Complexo.

A parte oriental corresponderia a um bloco exposto na sua parte mais profunda e é caracterizada por uma maior homogeneidade de fácies, sendo os monzogranitos porfiríticos de coloração cinza dominantes, apresentando corpos locais de composição granodiorítica (Godoy, 1989). A parte central do corpo caracteriza-se por uma área com um maior número de falhamentos e com uma riqueza em número e tipos litológicos de fácies, sendo que a partir do Falhamento das Doninhas, ocorre uma predominância dos granitóides róseos, secundados por porfiróides claros. A parte sul a partir do Falhamento de Piragibú-Mirim apresenta as fácies

monzo-sienogranito porfiríticos rósea como tipo dominante.

A Associação monzo-sienogranito porfirítica rósea analisada neste trabalho e constituída por rochas inequigranulares, porfiríticas, matriz média a grossa, de composição quartzo-feldspática e (8%) biotita em que se destacam, megacristais de feldspato potássico róseo (com ou sem textura rapakivi) e plagioclásios. Nas relações modais, verifica-se que se tratam de rochas basicamente de composição monzograníticas e localmente sienograníticas, com termos diferenciados em função da média dos máficos presentes (biotita) e das relações de tamanho e porcentagem dos megacristais entre (20-5%).

Localizadamente ocorre a variação para a fácies mela sienogranito porfiróide rósea apresenta características mais distintas: a riqueza em megacristais de feldspato potássico que atinge 50% da rocha, com tamanho médio entre (3 a 4cm), exibindo megacristais de até 8cm.

O estudo do **Complexo Granitóide Ibiúna** resultou do mapeamento geológico em escala 1: 50.000 das Folhas Topográficas de São Roque e sul de Sorocaba, caracterizado nos trabalhos de (Hasui, 1973 e Hasui *et al.*, 1978, Janasi *et al.*, 1990, Godoy *et al.*, 1992, 1996b e 1999, Oliveira *et al.*, 1992, Leite, 1997 e Gomes & Godoy, 2002.

A área é composta principalmente por tipos de gnaisses e migmatitos característicos do Complexo Gnáissico Migmatítico Embu de Hasui (1973), situado ao sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara. Tem sua ocorrência na área representada principalmente por rochas metassedimentares migmatizadas, representada por granada-sillimanita gnaisses com estrutura bandada, estromática e *schlieren*, com intercalações de biotita-gnaisses e granada-gnaisses com ou sem sillimanita, biotita-xistos, anfíbolitos, gnaisses graníticos, gnaisses cálcio-silicáticos, mais ou menos migmatizados e quartzitos. A orientação desses gnaisses reflete as atitudes da zona de cisalhamento com a foliação N78/85E (Oliveira *et al.*, 1998).

O Complexo granitóide Ibiúna é constituído em grande parte por rochas granitóides que ocorrem associadas a pacotes de metassedimentos, localmente recobertos por sedimentos recentes, representados por coberturas cenozóicas indiferenciadas e depósitos aluvionares. Godoy *et al.* (1996) e Gomes & Godoy, (2003) identificam nove fácies designadas: 1- monzogranito porfiróide serial a hiatal grosseira, representando a litologia predominante; 2- monzogranito porfiróide grosseiro cinzento, 3- hornblenda monzogranito porfiróide médio, 4- monzogranito equigranular médio, cinza claro a rosado, 5- melagranito equigranular médio, cinza claro a escuro; 6- sieno a monzogranito inequigranular médio, cinza claro a rosado; 7- leuco-sienogranito equigranular fino a médio, róseo, 8- leuco-sienogranito equigranular fino a médio róseo e a 9- monzogranito com muscovita e granada.

A *fácies monzogranito porfiróide serial a hiatal róseo* caracterizada neste trabalho apresenta

maior expressão geográfica nas folhas mapeadas e são agrupadas rochas porfiríticas, cores róseas, composição predominantemente monzogranítica, compreendendo variedades leucocráticas, sendo a granulação da matriz de média a grossa. Destacam-se as variações do tamanho dos fenocristais de feldspato potássico e suas porcentagens, que variam no intervalo de 20 a 40%, atingindo em média 5 cm.

O tamanho dos fenocristais apresenta predominantemente disposição serial, mas com domínio das frações maiores, sendo que a sul da Cidade de Ibiúna, esta textura assume caráter hiatal, com uma fração maior variando entre 5 e 6 cm e uma sempre menor que 2 cm. São constituídas por microclínio (23%), oligoclásio (25%), quartzo (25%), biotita (10%), hornblenda e Fe-hastingsita (5%) e opacos, apatita, rutilo, zircão e titanita, além sericita, epidoto, clorita.

Aspectos Geoquímicos

As análises geoquímicas das variedades litológicas estão baseadas no padrão de distribuição dos elementos maiores e foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do DPM/IGCE/UNESP, com vista à caracterização dos litotipos rochosos e o comportamento dos elementos maiores, possibilitando assim, correlacioná-las à distribuição mineralógica e aos parâmetros físico-mecânicos das rochas.

Foram selecionadas 5 amostras principais da fácies analisada do Complexo Sorocaba e 5 amostras do Complexo Ibiúna, possibilitando a definição do intervalo padrão de variação destas fácies já que estas apresentam uma grande expressão em área nos complexos (Tabela 1).

Tabela 1 - Análises geoquímicas de elementos maiores dos materiais estudados.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total
SO 1	69,90	0,54	14,06	4,36	0,08	0,55	1,71	3,05	5,21	0,18	99,64
SO 2	70,44	0,66	13,06	5,05	0,09	0,79	1,54	2,62	5,39	0,20	99,84
SO 3	70,72	0,56	14,30	3,96	0,08	0,53	1,44	2,74	5,13	0,15	99,61
SO 4	70,73	0,57	15,35	5,41	0,10	0,91	1,69	2,25	2,29	0,06	99,36
SO 5	71,64	0,61	12,94	4,08	0,07	0,66	1,73	2,68	4,92	0,20	99,53
IB 1	71,73	0,32	15,30	2,31	0,04	0,50	1,28	3,53	4,78	0,10	100,65
IB 2	70,69	0,42	14,30	0,98	0,04	0,85	1,87	3,06	5,41	0,08	99,43
IB 3	70,36	0,31	14,39	1,19	0,04	1,36	2,23	3,26	4,80	0,10	99,45
IB 4	70,32	0,35	14,74	0,59	0,05	0,71	1,65	3,06	5,81	0,06	99,18
IB 5	68,33	0,42	15,00	3,01	0,06	0,84	1,79	3,26	5,09	0,14	99,72

Em razão das características ácidas dos litotipos estudados os valores de SiO₂ das fácies analisadas mostram-se no intervalo entre 68 e 72%. As variedades das rochas do Complexo Ibiúna apresentam-se com os valores levemente inferiores (Figura 2A).

Os teores de Al₂O₃ também apresentam diferenças significativas entre as diversas variedades (Figura 2B), mostrando valores mais elevados para as rochas do Maciço Ibiúna, razão direta da sua composição mineralógica mais enriquecida em biotitas e secundariamente por anfibólios. Estes altos valores de alumínio e conseqüentemente a presença de teores mais elevados de biotita se refletem na resistência e alterabilidade dos tipos estudados.

Os valores TiO₂ (Figura 2C) são variáveis, mas apresentam-se mais elevados para o litotipo Sorocaba do que o tipo Ibiúna, devido as quantidade maiores de minerais acessórios, como titanita e rutilo, podendo portanto, refletir no processo de manchamento amarelado pontualmente nas placas.

Quanto ao óxido Fe₂O₃ (Figura 2D) observa-se que o tipo Sorocaba apresenta valores mais elevados e discrepantes que o tipo Ibiúna. Isso se deve à presença dos minerais máficos magnetita e ilmenita presentes no tipo Sorocaba, ao passo que no tipo Ibiúna o Fe está contido apenas nas biotitas e hornblendas. Esta relação de valores mais elevados de minerais de Fe, propicia a geração de hidróxidos de Fe, quando em ambientes úmidos, podendo ocorrer o aparecimento de manchas avermelhadas.

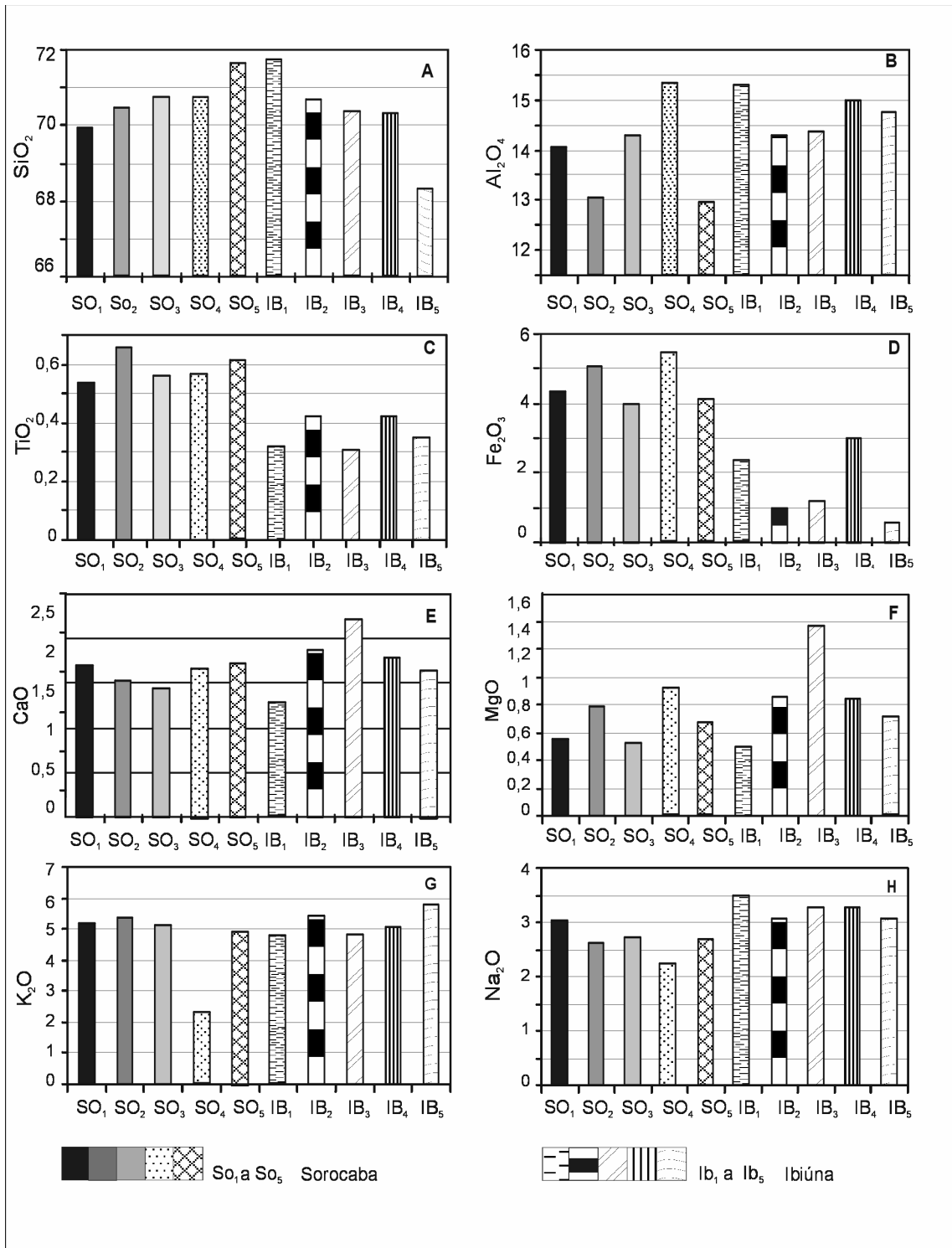


Figura 2. Distribuição dos elementos maiores dos Complexos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB)

Os valores de CaO e MgO (Figuras 2E e 2F) estão diretamente relacionados aos valores mais altos de Al₂O₃ para o tipo Ibiúna, sendo que os valores elevados de CaO são reflexos diretos da mineralogia presente em razão das altas quantidades de biotita e hornblenda.

A relação apresentada dos valores de K₂O (Figura 2G) e de Na₂O (Figura 2H) são fortemente elevadas, características das rochas ácidas, enriquecidas em sílica, mas com pequenas diferenças registradas entre os litotipos de pequenas amplitudes, com exceção da amostra SO₄ que apresenta-se discrepante com valores extremamente baixo de K₂O.

Caracterização Tecnológica

A etapa de caracterização tecnológica dos materiais estudados contemplou a realização dos principais ensaios para a determinação das propriedades físicas e mecânicas, obedecendo aos procedimentos normativos apresentados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ASTM (American Society for Testing and Materials).

Como referência para comparação dos dados obtidos em laboratório foram utilizados os valores limítrofes para rochas graníticas estabelecidos pela norma C-615 da ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão e Farjallat (1995).

As análises foram realizadas no Laboratório de Rochas Ornamentais do DPM/ICGE/UNESP e encontram-se relacionadas na (Tabela 2). Os materiais ora designados como Amêndoa Sorocaba 1, Ibiúna Vermelho e Ibiúna Branco, são os analisados neste artigo. Os valores apresentados para o material designado como Amêndoa Sorocaba 2 foram compilados do catálogo de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Estado de São Paulo (IPT, 2000) e utilizados neste trabalho a título de comparação.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios tecnológicos para as amostras dos Complexos Sorocaba e Ibiúna, e valores limítrofes especificados pela norma ASTM (1992) e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), (*) dados de IPT (2000).

Propriedades	ASTM (1992)	Frazão & Farjallat (1995)	Amêndoa Sorocaba 1	Amêndoa * Sorocaba 2	Ibiúna Vermelho	Ibiúna Branco
massa específica seca (kg/cm ³)	≥2560	≥2550	2659	2661	2670	2690
porosidade aparente (%)	n.e.	≤1,0	0,69	0,76	0,59	0,88
absorção d'água (%)	≤0,4	≤0,4	0,26	0,29	0,22	0,33
desgaste Amsler (mm)	n.e.	≤1,0	0,74	0,79	0,60	0,890
módulo de ruptura (MPa)	≥10,34	≥10,0	10,40	6,41	13,50	8,513
compressão uniaxial simples (MPa)	≥131	≥100	171,38	122,7	149,59	92,11
velocidade propagação de ondas longitudinais (m/s)	n.e.	≥4000	4621,02	5020,0	5118,53	4304,78

Os parâmetros *massa específica aparente*, *porosidade* e *absorção d'água aparentes*, correspondentes aos índices físicos, foram efetuados segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992a). A *porosidade aparente* (Figura 3A) e a *absorção d'água* (Figura 3B) dos tipos analisados apresentam valores variáveis, porém próximos uns dos outros, refletindo a forma, contatos dos minerais e granulação semelhantes das amostras. Valores ligeiramente mais altos desses parâmetros para os tipos Amêndoa Sorocaba podem ocorrer eventualmente, em virtude de pontos dispersos em que a transformação de minerais máficos e mais raramente dos feldspatos está mais desenvolvida chegando a formar cavidades de até 3,0 mm. A variedade Ibiúna Branco apresenta

valores mais altos de absorção d'água em relação ao tipo Ibiúna Vermelho devido ao grau de alteração dos fenocristais, mais intenso no primeiro. Os valores obtidos para esses materiais não restringem a aplicação em ambientes úmidos internos ou externos. Ressalta-se apenas a observação da presença ou não de cavidades provenientes de alteração nos tipos Sorocaba, que embora raras, devem ter sua presença monitorada, e quando constatada, devem ser impermeabilizadas com produtos adequados, disponíveis no mercado, valorizando o material.

Os valores de massa específica aparente seca (Figura 3C) encontram-se acima dos valores normativos, sendo muito próximos e refletindo a similaridade composicional entre as amostras

analisadas. Valores mais elevados, como visto para a amostra do tipo Ibiúna Vermelho e Branco estão diretamente relacionados a presença na matriz de quantidades mais elevadas de hornblendas.

O ensaio para determinação do *desgaste abrasivo Amsler* (Figura 3D), seguiu-se a norma NBR 12042 (ABNT, 1992b), e todos os valores obtidos mostram-se inferiores ao limite máximo proposto por Frazão & Farjallat (1995). Os valores dos tipos Sorocaba são reflexo da matriz com baixa porcentagem de mica, do tamanho dos fenocristais e das microgranulações de quartzo presente, ao passo que nas variedades Ibiúna o desgaste é patrocinado essencialmente pela alta porcentagem de biotita e hornblenda, havendo para o tipo branco a influência do maior grau de alteração dos feldspatos apresentada nesses tipos. Dessa forma os valores de desgaste não são proibitivos para a aplicação dessas rochas como revestimentos de pisos, cabendo entretanto, bastante cuidado para a aplicação em pisos de alto tráfego, especialmente em áreas externas. As variedades de Ibiúna, sob determinadas condições de trânsito, podem apresentar erosão diferencial devido a diferença de dureza média dos minerais da matriz e dos fenocristais.

Os valores de *módulo de ruptura* (Figura 3E) foram obtidos segundo a norma NBR 12763 (ABNT, 1992c). Os resultados obtidos foram inferiores ou muito próximos aos limites propostos, sendo que o tipo Ibiúna Vermelho apresentou o melhor desempenho, devido principalmente à composição micácea da matriz e à frequência de contatos serrilhados dos cristais de quartzo deformados da matriz. Os baixos valores de módulo de ruptura, comuns em rochas porfíricas, são devidos principalmente ao caráter grosseiro e inequigranular dessas rochas, havendo influência significativa do microfissuramento e planos de clivagem dos fenocristais de feldspato, especialmente em materiais com foliação bem desenvolvida. Uma solução tecnológica simples é o aumento da espessura das placas, o que dependendo do tipo de aplicação, garante a resistência mecânica sem exigir grandes alterações de projeto para o suporte da placa, visto a massa específica das rochas analisadas. Em virtude dos baixos valores desse parâmetro recomenda-se a realização de estudos detalhados para a aplicação em fachadas, envolvendo um número significativo de corpos-de-prova, maior que o mínimo de cinco recomendado pela norma da ABNT.

Os valores de resistência à *compressão uniaxial simples* (Figura 3F), obtidos segundo a norma NBR 12767 (ABNT, 1992c), apresentam valores superiores aos limites de referência adotados, com exceção da amostra Ibiúna Branco. Os tipos de contato minerais, predominantemente côncavo-convexos, lobulados e serrilhados, bem como o microfissuramento relativamente baixo, são os responsáveis pelo bom desempenho mecânico desses materiais apesar da textura heterogênea, grosseira e inequigranular que apresentam. A rocha Ibiúna Branco apresenta valores mais baixos em função do grau de alteração mais intenso observado nos fenocristais desse material.

Os valores de *velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais* obtidos (Figura 3G),

apresentam-se acima dos limites sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), e são devidos sobretudo ao microfissuramento relativamente baixo e a granulação heterogênea e grosseira que apresentam. O valor mais baixo obtido, foi no material Ibiúna Branco, e pode ser atribuído ao grau de alteração mais intenso observado nos fenocristais.

A Figura 4 apresenta diversas correlações entre a velocidade de ultra-som e as demais propriedades físicas e mecânicas obtidas mostrando o potencial desse método não destrutivo para uma análise complementar desses dados.

A correlação direta existente entre a propriedade de absorção d'água *versus* porosidade aparente é demonstrada na (Figura 4A) onde demonstra-se que quanto mais poroso for o material maior será a capacidade de absorção d'água dos litotipos.

A correlação da massa específica *versus* desgaste de Amsler (Figura 4B), demonstra a menor resistência das rochas com valores de massa específica maiores em razão da associação de minerais presentes mais máficos e redução de quartzo que é o fator mais relevante no desgaste.

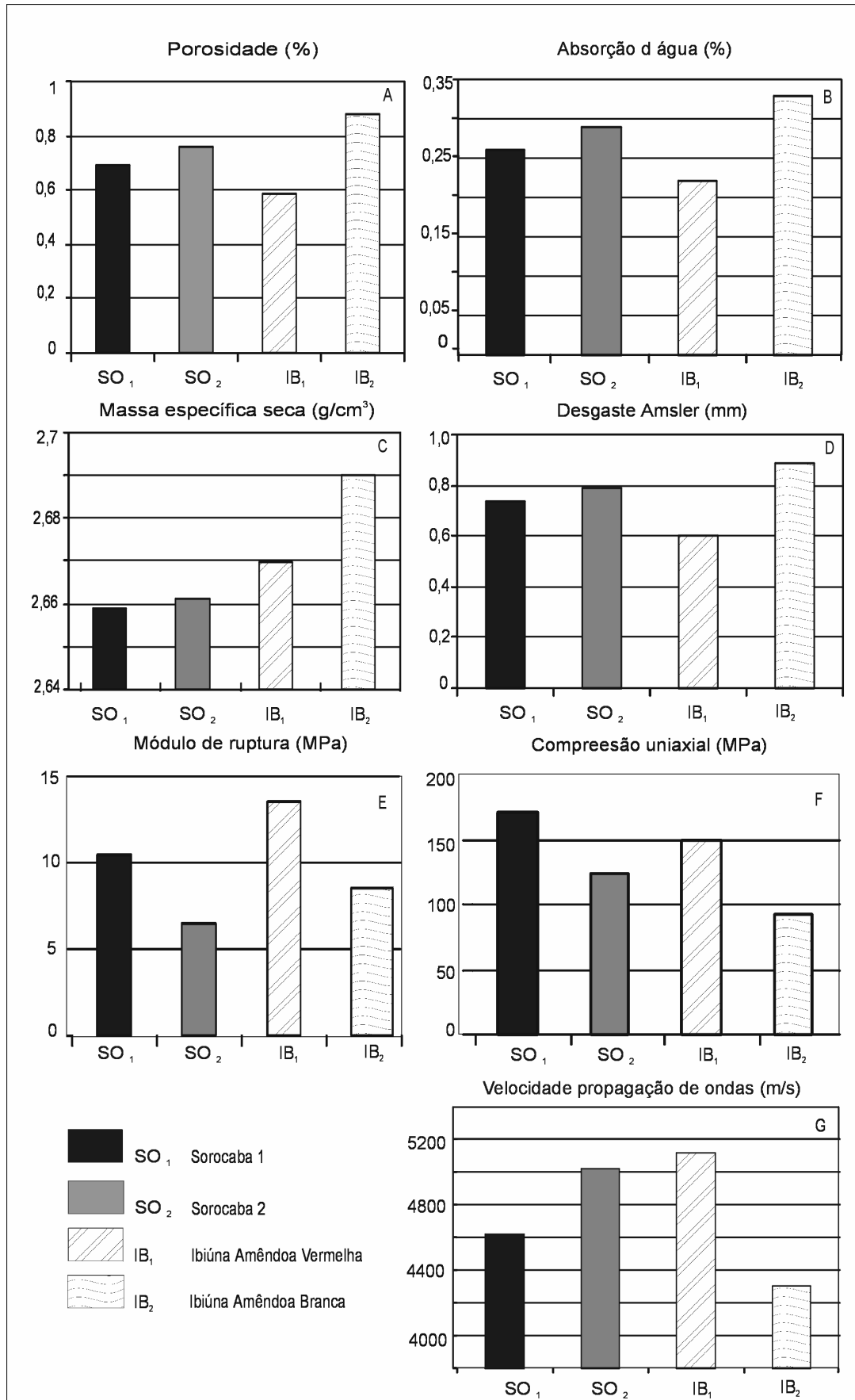


Figura 3 - Ensaios tecnológicos dos Complexos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB).

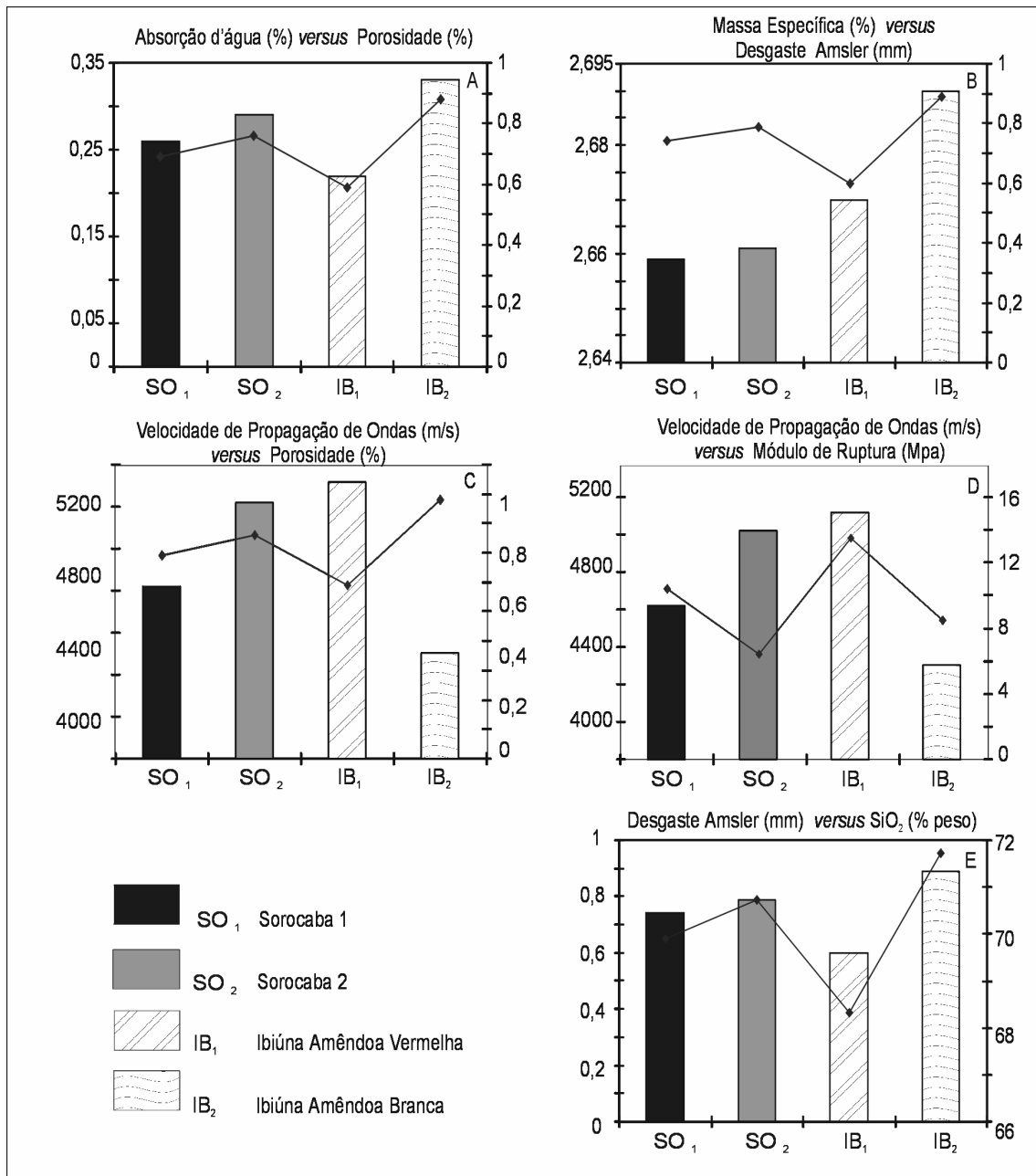


Figura 4 - Correlação dos ensaios físico-mecânicos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB).

A Figura 4C mostra a relação entre a *velocidade de propagação de ondas versus porosidade*, onde demonstra-se que meios com maior presença de microfissuras (mais porosos) apresentam valores mais baixos de propagação de ondas. A correlação obtida permite uma estimativa da porosidade dos tipos analisados através de um método mais expedito, permitindo assim avaliações preliminares dessa propriedade.

Os valores referentes à *velocidade de propagação de ondas versus módulo de ruptura* é caracterizada na Figura 4D, demonstram que meios mais coesos e homogêneos (maior velocidade de ultra-som) apresentam maiores valores de módulo de ruptura.

Os valores de desgaste abrasivo Amsler *versus índice de quartzo* (Figura 4E) mostram uma correlação direta, apresentando valores maiores de desgaste para as rochas com teores mais baixos de quartzo.

Os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos das variedades mostram que os parâmetros analisados situam-se dentro dos limites frequentemente utilizados como referência, apontando para um bom desempenho dessas rochas como materiais de revestimento.

Dessa forma, de posse dos dados aqui apresentados, e considerando o fato de que ainda não se dispõem de informações sobre alterabilidade ou o comportamento sob o ataque de reagentes

químicos para esses materiais, pode se indicar a aplicação dessas rochas em ambientes internos e externos, sob condições de umidade ou não. Como recomendações, destaca-se que em ambientes de alto tráfego ou sujeitos a emissão de poeira, os tipos mais escuros devem ser evitados pela tendência que apresentam em realçar a perda de brilho sob condições de abrasão. Considerando-se fachadas, salienta-se a importância para a realização de estudos adequados visando o dimensionamento das placas pétreas destinadas a essa finalidade, posto que as rochas ora analisadas, em função da textura porfirítica e heterogênea, apresentam baixos valores de módulo de ruptura. Os tipos Amêndoa Sorocaba necessitam de controle do aparecimento de porções onde a alteração mineral é mais intensa, para que medidas mitigadoras, como a impregnação com resinas reduza ou cesse a porosidade desses pontos, fator importante, mas que não chega a desqualificar o uso dessa rocha como material de revestimento.

CONCLUSÕES

Os Complexos Sorocaba e Ibiúna apresentam ampla variação de rochas com textura porfirítica, representando diferentes padrões estéticos, que podem ser agrupados em fácies com volume suficiente para a extração de blocos. Destaca-se ainda outros fatores relevantes como aspectos geomorfológicos que favorecem a exploração, a distribuição geográfica desses tipos e a localização privilegiada em relação aos centros consumidores e cidades com infra-estrutura adequada para a instalação de plantas de beneficiamento.

Do ponto de vista tecnológico os materiais analisados apresentam bons resultados, que sugerem a aplicação desses em ambientes internos ou externos como elemento de revestimento de pisos ou fachadas, desde que observados alguns quesitos importantes como a intensidade do tráfego, quando aplicado em pisos, e a espessura e dimensão das placas, quando aplicado em fachadas.

Como trabalhos futuros recomendam-se estudos de cubagem e viabilidade econômica dos depósitos desses complexos, a caracterização tecnológica com vistas a utilização em fachadas, e a realização de estudos de alterabilidade e resistência ao manchamento para complementação dos dados aqui apresentados.

Agradecimentos: A FAPESP (00/00762-8 e 03/02860-5) e a FUNDUNESP (00679/02)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992a. Rochas para Revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 2p. (norma NBR 12766).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992b. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 3p.

(norma NBR 12042).

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992c. Rochas para Revestimento. Determinação da resistência à flexão. 3p. (norma NBR 12763).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992d. Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2p. (norma NBR 12767).
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1990. D 2845. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock. Philadelphia, USA.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1992. Standard specification for granite dimension stone. 2p. (standart ASTM C 615).
- FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. 1995. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: Atas 1º Congr. Internacional da Pedra Natura. Lisboa, Portugal. p. 47-58.
- GODOY, A.M. *Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP.* São Paulo, 1989. 221p. Tese (Doutoramento em Geociências) – Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F. Geologia da Região de Sorocaba- SP. São Paulo: *Geociências*, UNESP, v.15, n. especial, p.89-110, 1996a.
- GODOY, A.M. , OLIVEIRA, M.A.F. HACKSPACHER, P.C. Geoquímica das Rochas Granitóides da Folha de São Roque- SP. *In: Geociências*, v. 15, nº especial, p. 67-88,1996b.
- GODOY, A.M. & FIGUEIREDO, M.C.H. 1991. Caracterização Faciológico e Petrográfico do Maciço Granitóide Sorocaba (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Atas...*São Paulo, SBG. P.131-138.
- GODOY, A.M. , HACKSPACHER, P.C., OLIVEIRA, M.A.F., GOMES; A.B. Geoquímica dos Maciços Granitóides Ibiuna e Piedade na Folha Sorocaba. In: *Geociências*, v. 18 (1), p. 157-178, 1999.
- GODOY, A.M., WERNICK, E., DIEFENBACH, K. W. 1992. Arquitetura e Ciclos Magmáticos do Complexo Rapakivi Sorocaba, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. *Bol... Res. Expandidos*, SBG. V.1, P 329-330.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F.; CASTRO, J. Geologia das Folhas

- Sorocaba, Brigadeiro Tobias e Sananduva, SP, em 1:25.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camburiú. *Atas...* Balneário de Camburiú: SBG, 1994. v.3. p.97-8.
- GODOY, A.M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A.C.; OLIVEIRA, M.A.F.; MORALES, N.; HACKSPACHER, P.C.; GALEMBECK, T.M.B. Rochas Granitóides da Folha São Roque-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. p. 356-7.
- GOMES A.B. & GODOY A.M. Geoquímica e Terras Raras da Porção Norte do Maciço Granítico Ibiúna, SE do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, 2002, v. 1, p. 112.
- HASUI, Y. *Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul*. São Paulo, 1973. 189p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. Os Granitos e Granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978. p.2579-93.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 2000 Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. Coordenado por M.H.B. de O. Frascá. São Paulo: SCTDE. CD-ROOM. (Publicação IPT 2651). Janeiro, v. 5, p. 2193-2204.
- JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C.; VLACH, S.R.F.; MOTIDAME, M.J. Granitóides da Região entre as cidades de São Paulo e Piedade (SP): Faciologia e Contexto Tectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. *Atas...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 4, p. 1925-1935.
- LEITE, R. J. *Geologia, Petrografia e Geoquímica dos Granitóides da Região de Piedade, SP*. São Paulo, 1997. 138p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, M.A.F.; GODOY, A.M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A.C.; HACKSPACHER, P.C.; MORALES, N. Geologia da Folha São Roque - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. v.1. p.126-7.
- OLIVEIRA, M.A.F. de, GODOY, A.M., HACKSPACHER, P. C., MORALES, N. Geologia da Folha São Roque, SP - 1:50.000. São Paulo. *Geociências*. v.17, n.2, 1998.

O EFEITO DOS CICLOS DE GELO E DEGELO NA RESISTÊNCIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS SILICÁTICAS DE BAIXA POROSIDADE

Emílio Velloso Barroso¹ e Josué Alves Barroso²

¹ Prof. Adjunto/Departamento de Geologia/UFRJ

² Prof. Titular/Laboratório de Engenharia Civil/UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, Cidade Campus dos Goitacazys – Rio de Janeiro – RJ – CEP 20.000-000. Fone: (22) 2726-1517

RESUMO

O Brasil tem um grande potencial para a produção de rochas ornamentais, principalmente granitos e outras rochas silicáticas de origem ígnea e metamórfica. O conhecimento das propriedades tecnológicas dessas rochas é um aspecto necessário para a certificação da qualidade do material. Quando o uso previsto é a aplicação como revestimento externo de construções, há uma concordância que se deve avaliar o efeito da degradação da resistência mecânica devido a ciclos de congelamento e degelo, sobretudo quando o material se destina a países de climas temperados. Sabe-se que essa degradação física deve estar relacionada com o aumento do volume experimentado pela água, eventualmente presente nos poros da rocha, quando da passagem do estado líquido para o estado sólido. Como resultado desse processo, há o surgimento e extensão de micro-fissuras que podem levar à degradação progressiva do material e, como consequência, de sua performance na obra.

No Brasil este efeito pode ser verificado com a execução do ensaio NBR 12769 (ABNT, 1992), preconizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Nessa norma define-se o coeficiente de enfraquecimento (K) pela razão entre as resistências à compressão simples após a rocha ter sido submetida a ciclos de congelamento e degelo e no seu estado natural. Quanto maior a degradação, menor o valor de K.

Nesse artigo investiga-se o efeito deletério de ciclos de congelamento e degelo sobre a resistência à compressão de rochas silicáticas de baixa porosidade. Diversos ensaios foram executados em diferentes tipos litológicos dessa classe de rochas e também fez-se uso de dados disponíveis na literatura brasileira. A análise dos resultados sugere que o coeficiente de enfraquecimento parece não descrever adequadamente o efeito dos ciclos de congelamento e degelo quando comparado com a variabilidade intrínseca da resistência à compressão simples de rochas silicáticas, cujas porosidades são tipicamente inferiores a 1%.

INTRODUÇÃO

Quando as rochas ornamentais são comercializadas para mercado externo, sobretudo se a exportação destina-se aos países de clima temperado, entende-se que a susceptibilidade à alteração por ciclos de congelamento e degelo deva

ser avaliada. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas prescreve os procedimentos experimentais para a verificação dos possíveis efeitos do congelamento e degelo sobre a resistência à compressão uniaxial da rocha, norma técnica NBR 12769 (ABNT, 1992).

A preocupação com este mecanismo específico de alteração física de rochas prende-se ao fato de que a água, fluido que mais comumente ocupa os espaços vazios (poros ou microfissuras) de uma rocha ornamental, sofre um aumento volumétrico de cerca de 9% ao passar do estado líquido para o estado sólido. Este aumento de volume pode induzir o aparecimento de tensões internas na rocha e fazer com que fissuras pré-existent se propaguem. O efeito mecânico deste processo é a redução da resistência da rocha com o tempo, o que pode comprometer sua performance na construção.

O efeito deletério do congelamento da água tem sido observado em afloramentos rochosos em regiões de clima temperado. A abertura de fraturas e a desagregação de maciços rochosos são exemplos freqüentemente relatados na literatura. No entanto, quando se trata da matriz de rochas silicáticas de baixa porosidade e absorção de água (e.g. granitos são), a redução da resistência após ciclos de congelamento e degelo não se confirma de forma inequívoca.

Neste artigo aborda-se o problema descrito sobre as rochas silicáticas, os *granitos* da indústria de rochas ornamentais, termo que inclui grande variedade de tipos petrográficos magmáticos e metamórficos (principalmente gnaisses). O que esta ampla gama de rochas tem em comum é classe de mineral que a forma. Predominam os silicatos, grupo de minerais formados pelo radical aniônico (SiO₄), que se organiza em um arranjo tridimensional tetraédrico e se combina com cátions variados de alumínio, magnésio, ferro, cálcio, sódio e potássio para formar diferentes espécies minerais e, conseqüentemente, tipos litológicos distintos. Outra característica comum são os baixos valores de porosidade e absorção de água quando são.

Apresenta-se uma discussão teórica do efeito da água sobre a resistência de rochas e do papel do seu congelamento no interior de poros e fissuras. Em seguida são apresentados dados experimentais obtidos da literatura publicada no Brasil e de ensaios realizados no Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas do Departamento de Geologia da UFRJ. Os valores médios de resistência no

“estado natural” e após a ciclagem são usados para determinação do coeficiente de enfraquecimento K (ABNT, 1992). Faz-se também uma avaliação da importância de se considerar a variabilidade da resistência para a efetiva avaliação dos efeitos da ciclagem sobre a resistência da rocha.

Aspectos Teóricos

O papel da água na resistência e compressibilidade de meios porosos, como os solos e as rochas, é descrito pelo princípio das tensões efetivas proposto por Terzaghi (1925). Aplicada uma tensão total (σ) sobre um elemento de rocha, cujos vazios estão preenchidos com água, parte da tensão total (σ) age na água e nos sólidos isotropicamente com intensidade u (poropressão) e a diferença (equação 1) representa um excesso que age exclusivamente na fase sólida (grãos minerais). Esta fração S' (tensão efetiva) é que controla o comportamento de compressibilidade e resistência de rochas.

$$S' = S - u \quad (\text{Equação 1})$$

Extensas investigações foram executadas nas décadas de 50 e 60 para se avaliar a aplicabilidade do princípio das tensões efetivas para rochas. Um dos estudos mais rigorosos do ponto de vista físico foi apresentado por Skempton (1960), que obteve expressões gerais aplicadas a problemas de resistência e compressibilidade de rochas. Até então assumia-se que a tensão efetiva era dada pela equação 2:

$$S' = S - (1 - a)u_w \quad (\text{Equação 2})$$

onde a é a razão entre a área de contato entre as partículas por unidade de área que atravessa o material e u_w é a pressão de água nos poros.

No caso de rochas de baixa porosidade o valor de a tende a um e as equações 1 e 2 se igualam. No entanto, Skempton (1960) apresentou evidências experimentais de que a equação 2 não é sempre válida e desenvolveu expressões mais gerais para a tensão efetiva em problemas de resistência ao cisalhamento e de compressibilidade:

Para resistência:

$$S' = S - \left(1 - \frac{a \cdot \text{tg} \psi}{\text{tg} \phi}\right) u_w \quad (\text{Equação 3})$$

Para a compressibilidade:

$$S' = S - \left(1 - \frac{C_s}{C}\right) u_w \quad (\text{Equação 4})$$

onde ψ e C_s são respectivamente o ângulo de atrito intrínseco dos minerais que compõem os grãos da rocha e C_s é a compressibilidade dos grãos. ϕ e C

são o ângulo de atrito e a compressibilidade, respectivamente, do meio poroso.

Deve-se notar que para o caso de solos o valor de a tende a zero e a relação C_s/C também assume um valor muito pequeno, de forma que a equação de Terzaghi é uma boa aproximação para a tensão efetiva. No entanto para rochas saturadas a razão C_s/C pode variar de valores entre 0.1 e 1, a razão $\text{tg} \psi / \text{tg} \phi$ varia tipicamente entre 0.1 e 0.3 e a relação entre áreas a não é desprezível.

Do ponto de vista prático e para o caso de rochas ornamentais silicáticas de baixa porosidade, o termo entre parênteses da equação 3 assume valores em torno de 0,8. Isto significa que a tensão efetiva prevista pela equação de Terzaghi, embora diferente, não introduz grandes erros.

As equações apresentadas acima são válidas para o caso de rochas saturadas. Uma análise da norma de ensaio para determinação da resistência à compressão uniaxial – NBR 12767 (ABNT, 1992) – revela que os procedimentos para saturação de amostras de rocha não são descritos. Este é um aspecto importante uma vez que no caso de rochas não saturadas surgem nas equações 3 e 4 um fator multiplicador de u_w que depende do grau de saturação da rocha, S_c .

Esta pequena discussão teve por objetivo mostrar de que forma diversos parâmetros das rochas contribuem para sua resistência e que podem induzir dispersão dos dados de resistência se procedimentos padrão não forem observados nos ensaios de laboratório para determinação da resistência à compressão uniaxial de rochas.

No caso dos ciclos de congelamento e degelo deve-se observar de que forma as microfissuras pré-existentes podem eventualmente se propagar na matriz da rocha e induzir a redução da resistência da rocha.

A propagação de micro-fissuras por ação do congelamento da água no interior das mesmas ocorre por dilatação ou expansão. Este modo de propagação é chamado de modo I em contraposição aos modos II e III onde as fraturas se propagam por cisalhamento.

O campo de tensões na extremidade de uma fissura controla a sua propagação e é caracterizado pelo fator de intensificação de tensão (K_I), o qual depende da tensão externa aplicada à rocha e da geometria das microfissuras (equação 5).

$$K_I = S_m (\rho l)^{-1/2} \quad (\text{Equação 5})$$

onde σ_m é a tensão que governa o deslocamento das paredes da microfissura e l é seu semi-comprimento. A equação 5 mostra que as tensões crescem nas vizinhanças da extremidade da fissura quanto maior for seu comprimento.

A fissura irá se propagar quando o fator de intensificação de tensão alcançar um valor crítico conhecido como tenacidade, assumida como uma propriedade do material e que expressa a resistência intrínseca para uma fratura se propagar.

Resultados Experimentais

Na seção anterior foi apresentada uma discussão acerca dos fatores intervenientes na resistência e na tenacidade de rochas. Apresentam-se nesta seção dados experimentais para a discussão da efetividade do efeito de ciclos de congelamento e degelo sobre a redução da resistência de rochas silicáticas.

Segundo a norma NBR 12769 (ABNT, 1992), a amostra é submetida a 25 ciclos de congelamento e degelo, sendo a eventual redução de resistência verificada por ensaios de compressão uniaxial no “estado natural” e após a ciclagem. Esta norma define o coeficiente de enfraquecimento (K), calculado pela razão da resistência nos ciclos de congelamento e degelo e a resistência no “estado natural”.

A tabela 1 apresenta dados de rochas ornamentais do Estado da Bahia, publicados pelo IPT (1994).

Tabela 1 – Dados de algumas rochas do Estado da Bahia (IPT, 1994).

Nome Fantasia	Grupo de Rocha	Tipo Litológico	Absorção (%)	Porosidade (%)	K
Amarelo Selvagem	GRANITOS	Granito	0,18	0,46	1,08
Azul Quati		Hn. Granito	0,17	0,46	1,02
Cacatua Bahia		Leucogranito	0,14	0,37	1,01
Cotton Bahia		Granito	0,12	0,31	1,01
Creme Bahia		Granito	0,17	0,46	1,02
Fantasia Paraguaçu		Granada Granito	0,18	0,46	1,08
Gran Colonial		Granito	0,20	0,52	0,94
Morro do Tigre Coralite		Granito	0,17	0,46	1,09
Morro do Tigre Veiado		Granito	0,17	0,46	1,09
Verde Bahia		CHARNOQUITOS	Charnoquito	0,04	0,10
Verde Boa Nova	Charnoquito		0,12	0,31	1,05
Verde Dorato	Charnoquito		0,06	0,17	0,87
Blue Bahia	SIENITOS	Soda. Sienito	0,04	0,10	1,09
Café Bahia		Sienito	0,16	0,44	1,04
Lambada	GRANODIORITOS	Granodiorito	0,13	0,36	0,92
Monte Santo		Granodiorito	0,19	0,50	1,07
Vermelho. Tanquinho		Granodiorito	0,10	0,29	1,01
Maracanã	QUARTZO DIORITO	Quartzo Diorito	0,14	0,38	1,03
Tigrado		Quartzo Diorito	0,16	0,41	1,01

Na tabela 1 são apresentados dados de caracterização (absorção e porosidade), típicos de rochas silicáticas sãs, e do coeficiente de enfraquecimento K dessas rochas. Na Figura 1 pode-se observar que dos 19 tipos litológicos ensaiados pelo IPT, apenas 3 (15,8%) registraram efeitos de degradação da resistência provocada pela ciclagem de congelamento e degelo. Os decréscimos de resistência estão entre 5 e 15 %.

Grande parte das amostras ensaiadas apresentaram valores de K próximos a 1, denotando que 25 ciclos de congelamento e degelo foram insuficientes para produzir danos à estrutura interna destas rochas que pudessem se refletir nas suas resistências. Mais curioso, no entanto, foi observar que algumas amostras (envolvendo quase todos os tipos litológicos) apresentaram valores de K entre 1,05 e 1,19. Este inesperado resultado deve estar associado à própria variabilidade intrínseca das rochas.

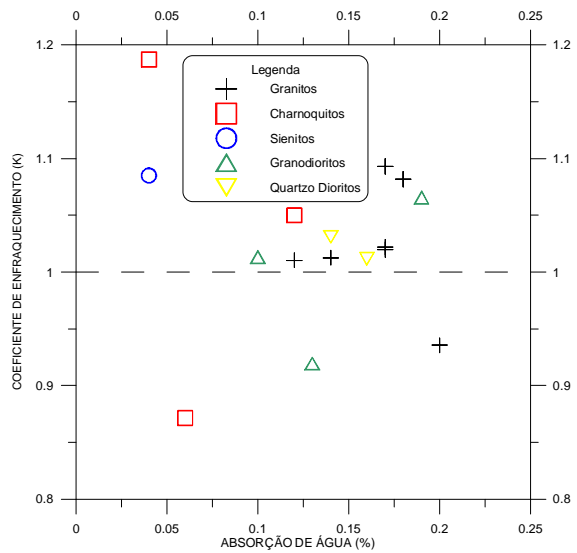


Figura 1 – Relação entre absorção e coeficiente de enfraquecimento para rochas do Estado da Bahia.

No Laboratório de Mecânica e Tecnologia de Rochas do Departamento de Geologia da UFRJ foram ensaiadas várias rochas silicáticas do Estado do Rio de Janeiro, sempre saturadas. Para cada tipo litológico foram executados pelo menos 5 corpos de prova para cada condição, no “estado natural” e após ciclagem. Procurou-se avaliar a dispersão dos dados experimentais calculando-se o coeficiente de variação, definido como a razão percentual entre o desvio padrão e a média para uma dada propriedade tecnológica, e compara-lo com a própria variação do coeficiente de enfraquecimento. A tabela 2 mostra os resultados obtidos.

A procedência das rochas estudadas é o próprio Estado do Rio de Janeiro, sendo que o primeiro leptinito e o meta quartzo diorito são da própria Cidade do Rio de Janeiro, a Pedra Madeira e a Olho de Pombo são procedentes do Município de Santo Antônio de Pádua e as demais são do Município de Campos dos Goytacazes.

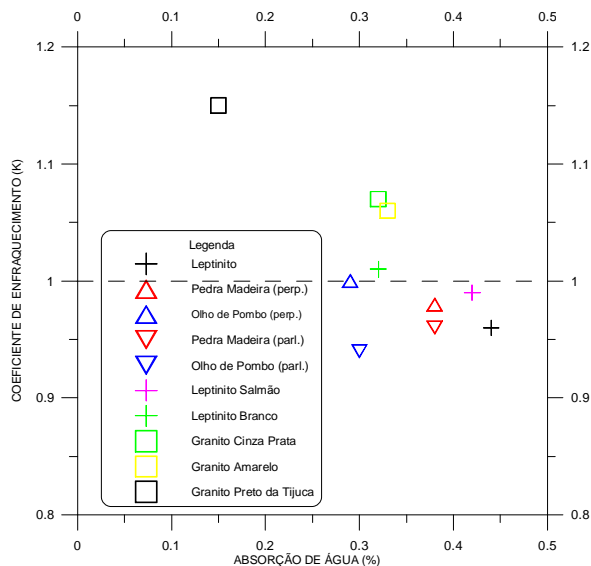
A análise dos dados revela que não houve um efeito notável da ciclagem sobre a resistência à compressão uniaxial das rochas ensaiadas. Chama a atenção o fato de que o valor de K foi inferior à unidade em quase todas as rochas com foliação. Outro aspecto interessante é a comparação da variação relativa da resistência, expressa pelo valor de K, com o coeficiente de variação. O primeiro é sempre da mesma ordem de grandeza ou maior uma ordem de grandeza. A figura 2 ilustra a distribuição dos valores de K em função da absorção de água das rochas que constam da tabela 2.

Deve-se notar que apenas duas rochas têm a média da absorção de água acima do limite superior sugerido por Frazão e Farjallat (1996) que é de 0,4%. Com relação as resistências no estado natural, apresentadas na tabela 2, todas as amostras apresentaram valores médios superiores ao limite inferior de 100 MPa sugerido pelos referidos autores.

Tabela 2 – Resultados de algumas rochas do Estado do Rio de Janeiro.

Nome Fantasia	Tipo Litológico	R.C.S. "Estado Natural" (MPa)	n	Co.V (%)	R.C.S. "Após Ciclagem" (MPa)	n	Co.V (%)	K
	Leptinito	104,0	5	3,6	99,8	6	4,2	0,96
Pedra Madeira	Gnaiss Milonítico (1)	152,3	5	25,0	148,6	5	19,6	0,98
Olho de Pombo	Gnaiss Milonítico (1)	147,6	4	5,2	148,0	5	6,5	1,00
Pedra Madeira	Gnaiss Milonítico (2)	145,4	5	12,1	139,3	5	14,5	0,96
Olho de Pombo	Gnaiss Milonítico (2)	122,7	5	4,0	115,6	5	5,8	0,94
Leptinito Salmão	Leptinito (1)	106,2	5	7,4	104,7	5	8,5	0,99
Leptinito Branco	Leptinito(1)	125,0	5	3,8	125,8	5	4,6	1,01
Granito Amarelo	Granito	110,1	5	2,5	116,8	5	1,8	1,06
Granito Cinza Prata	Granito	122,3	6	4,2	131,2	6	3,1	1,07
Granito Preto da Tijuca	Meta Quartzo Diorito	110,3	8	4,4	127,4	8	4,1	1,15

R.C.S. – Resistência à compressão simples, Co.V. – Coeficiente de variação
(1)Carregamento perpendicular à foliação, (2)Carregamento paralelo à foliação

**Figura 2 – Variação dos valores de K em função da absorção de água para as rochas do Rio de Janeiro.**

CONCLUSÃO

Os dados apresentados neste artigo, referentes a uma grande variedade de rochas silicáticas de dois estados brasileiros e ensaiadas em dois laboratórios distintos, permitem algumas conclusões quanto ao comportamento desta classe de rochas mediante a ciclagem térmica com ciclos de congelamento e degelo.

Estas rochas são pouco ou não afetadas pela ciclagem. Possivelmente o número de ciclos proposto pela NBR 12 767 (ABNT, 1992) é insuficiente para produzir efeitos sensíveis sobre rochas desta natureza.

A variação percentual da resistência à compressão uniaxial, no estado natural e após a ciclagem, é da mesma ordem de grandeza ou menor

que a variabilidade intrínseca associada a esta propriedade tecnológica. Esta constatação torna ainda mais difícil tomar o valor de K para avaliar os possíveis efeitos deletérios deste processo de alterabilidade.

O processo de carregamento externo de uma rocha pode induzir tensões de tração localizadas, como pode acontecer também com fissuras saturadas por fluidos sob pressão. Assim, para se conhecer o efeito do congelamento sobre a propagação de fraturas na rocha é necessário estimar a pressão ocasionada pela expansão volumétrica da água quando esta passa para o estado sólido, bem como a distribuição e geometria destas fissuras e, finalmente, a tenacidade das rochas. A modelagem numérica destes parâmetros pode ajudar a estabelecer o número de ciclos necessários para que haja algum efeito deletério sobre a resistência da rocha.

As rochas carbonáticas (mármore e calcários), embora não tenham sido abordadas diretamente neste trabalho, merecem um comentário. Devido a compressibilidade mais elevada dos minerais que as compõem, a poropressão u_w deve ter valor mais elevado e contribuir significativamente para a magnitude da tensão efetiva (equação 4). Portanto, os procedimentos para a saturação da rocha devem ser estritamente estabelecidos, pois caso contrário as variações nas saturações podem induzir variações de resistência ainda mais elevadas do que aquelas observadas para as rochas silicáticas. Vale ressaltar que os procedimentos de saturação não estão descritos pela norma para determinação da resistência à compressão uniaxial – NBR 12767 (ABNT, 1992).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. 1992. NBR 12767, Rochas para revestimento – determinação da resistência à compressão uniaxial. 2p.
- ABNT. 1992. NBR 12769, Rochas para revestimento – ensaio de congelamento e degelo conjugado à verificação da resistência à compressão. 2p.
- Frazão, E. B. & Farjallat, J. E. S. 1996. Proposta de Especificação para Rochas Silicáticas de Revestimento. Contribuição técnica ao 8º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ. p. 369-80.
- IPT. 1994. Catálogo de rochas ornamentais do Estado da Bahia. Coord. Hélio Carvalho Antunes de Azevedo. Salvador: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico – SEDES. Salvador, BA. 148p.
- Skempton, A. W. Effective stress in soils, concrete and rocks. Conference on pore pressure and suction. London. Pp: 4-16.
- Terzaghi, K. 1925. Erdbaumechanik. Franz Deuticke, Vienna.

BRILHO x INDICES FÍSICOS: CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA ESTÉTICA E DA ALTERABILIDADE

Diego Ricardo Laranjeira¹, Evenildo Bezerra de Melo^{2*}, Felisbela Maria da Costa Oliveira^{2*}, Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros^{2*}

¹Aluno de graduação em Engenharia Civil - UFPE

²Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco - Departamento de Engenharia de Minas – UFPE

*Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária – CEP 50.670-901 – Recife-PE
Fone: (81) 3271-8245 / 3271-8246 E-mail: dilaranjeira@msn.com; tafelis@elogica.com.br

RESUMO

O mercado para produtos da região Nordeste possui extraordinária potencialidade em granitos ornamentais, uma vez que aproximadamente 60% do território são formados por rochas antigas do embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, inserindo granitóides com vocação para aplicabilidade estético-decorativa. A aplicação de rochas ornamentais tem sido incrementada pela sua utilização na construção civil, obras de arte, urnas funerárias e decoração de interiores apreciadas pela qualidade estética e durabilidade dessas rochas. Portanto, é necessário averiguar qual será o melhor desempenho dessas peças, para melhor planejar o uso e manutenção. Faz-se necessária a elaboração de bancos de dados onde se explicita as correlações entre os parâmetros intrínsecos da rocha e suas respostas físico-mecânicas.

O estudo feito procura dar um tratamento estatístico à caracterização do coeficiente de variação das populações de dados obtidos na determinação de índices físicos e índices de brilho, subsidiando a formação de um banco de dados. Dessa forma estende-se essa análise à relação com outras propriedades tais como resistências e alterabilidade.

O teste de aplicabilidade e funcionalidade do índice de brilho e sua comparação com os índices físicos de amostras com aceitação mercadológica é o conteúdo essencial do trabalho, situado dentro do propósito de ampliação do banco de dados.

O uso do equipamento portátil *Glossmeter*, se revelado útil e convincente, traz consigo a força do caráter prático da operação.

O presente trabalho se propôs estudar os índices de brilho e sua comparação com os índices físicos, através de resultados de porosidade e absorção de umidade. A pesquisa foi realizada em 5 (cinco) tipos de granitos de nomes comerciais: San Marco, Abelha Branca, Florence Red, Picuí Tropical e Picuí de Verinha.

INTRODUÇÃO

A exploração de rochas ornamentais é uma atividade promissora e crescente, tanto econômica quanto socialmente. Os granitos e os mármore são materiais de valor mercadológico, cuja prioridade é a aparência estética, dentro da qual o brilho possui inegável importância, tanto pela intensidade quanto pela homogeneidade.

O mercado para produtos da região Nordeste possui extraordinária potencialidade em granitos ornamentais, uma vez que aproximadamente 60% do território são formados por rochas antigas do embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, inserindo granitóides com vocação para aplicabilidade estético-decorativa.

Essa região do Brasil oferece condicionamento favorável à ocorrência de rochas ornamentais, uma vez que os estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, possuem cerca de 70% do seu território constituído por rochas antigas do embasamento cristalino e supracrustais, datadas do proterozóico, terreno que hospeda as principais ocorrências.

As grandes reservas potenciais encontram correspondência no que se refere à produção, pois o Brasil é o terceiro maior produtor de granito do mundo, sendo a China e Índia os maiores. O Brasil é o quarto lugar em exportação e décimo segundo em produtos acabados.

A aplicação de rochas ornamentais tem sido incrementada pela sua utilização na construção civil, obras de arte, urnas funerárias e decoração de interiores apreciadas pela qualidade estética e durabilidade dessas rochas. Portanto, é necessário averiguar qual será o melhor desempenho dessas peças, para melhor planejar o uso e manutenção.

Faz-se necessária a elaboração de bancos de dados onde se explicita as correlações entre os parâmetros intrínsecos da rocha e suas respostas físico-mecânicas. Aspectos primários e secundários da rocha, tais como: dureza, cor, clivagem, composição mineral, textura, microfissuramento e, principalmente, grau de alteração, têm papel fundamental no comportamento físico mecânico das rochas. Diversos autores (Gupta e Rao, 2000; Kahraman, 2002; Tugrul e Zarif, 1999; Navarro, 1998; Navarro *et al.*, 1999, etc) têm estudado amplamente essas correlações. Desses estudos decorre demonstrações de um acentuado grau de correlação entre as diversas variáveis citadas anteriormente e as propriedades tecnológicas das rochas.

Onodera e Asoka Kumara (1980), através de ensaios de compressão uniaxial e flexão, demonstraram que a presença de clivagem e microfissuras reduzem a resistência da rocha.

Tugrul e Zarif (1998) encontraram correlações positivas entre a razão percentual modal quartzo/feldspatos e a massa específica seca e correlação negativas entre a massa específica seca e

a porosidade total (o fato dos grãos anedrais de quartzo preencherem espaços entre os outros grãos minerais seria a razão para essas correlações).

Neste trabalho é buscada uma avaliação estética e uma correlação, mesmo que incipiente com algumas propriedades tecnológicas, a partir da medição de índice de brilho de diversos tipos de rocha com aceitação já comprovada no mercado. Essa avaliação considera ainda o fator tempo e a exposição às condições naturais. Pretende-se que esta monitoração sirva de referência para a etapa subsequente do estudo que simula os intemperizadores.

É mister o conhecimento mais detalhado sobre as propriedades da rocha que se pretende utilizar como ornamentação, buscando sempre a quantificação que possibilita adequar e otimizar o uso do produto, inclusive diminuindo custo de produção e de manutenção.

O estudo dos parâmetros estatísticos das populações de dados obtidos pode enriquecer a confiabilidade no acervo obtido e quiçá interferir em propostas de adequação de normas técnicas, principalmente no que se refere ao número amostral. A propósito, usam-se seis exemplares de cada amostra na determinação dos índices físicos, o que pode ser insuficiente no caso de amostra com textura grossa.

O estudo feito procura dar um tratamento estatístico à caracterização do coeficiente de variação das populações de dados obtidos na determinação de índices físicos e índices de brilho, subsidiando a formação de um banco de dados. Dessa forma estende-se essa análise à relação com outras propriedades tais como resistências e alterabilidade.

Esse estudo está inserido no projeto "Engenharia e Desenvolvimento Regional: Subprojeto C (Rochas Ornamentais) financiado pela FINEP/CNPq e executado pelo Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da UFPE através do Grupo de Rochas Ornamentais do Departamento de Engenharia de Minas dessa mesma Universidade. Esse projeto se desenvolve desde novembro de 1998.

RELATO DO TRABALHO

Sabe-se que é oportuno ter claro que a estética depende de brilho e de manchamento e, portanto, é propósito do estudo interrelacionar os dados quantificadores do brilho com os correspondentes da porosidade e absorção de umidade.

O teste de aplicabilidade e funcionalidade do índice de brilho e sua comparação com os índices físicos de amostras com aceitação mercadológica é o conteúdo essencial do trabalho, situado dentro do propósito de ampliação do banco de dados.

O uso do equipamento portátil *Glossmeter*, se revelado útil e convincente, traz consigo a força do caráter prático da operação.

A utilização de trinta amostras de chapas serradas e polidas nas mesmas condições industriais traz embutida a idéia de se obter, mais a longo prazo, o conhecimento suficiente para sugerir sobre o número amostral ótimo para a realização dos ensaios pertinentes, considerando a possibilidade de enfoque dos materiais segundo as aplicações e, portanto, por classes mineralógico-texturais.

Apenas para exemplificar quanto à necessidade de ser revista a normatização de alguns ensaios, hoje são recomendados seis exemplares de cada material, independentemente do tipo mineralógico-textural. É fácil entender que para os tipos com textura movimentada e granulometria grossa aquela quantidade pode não ser suficientemente representativa.

Outrossim, por ocasião da preparação das peças a serragem transmite uma solicitação de resposta do material pétreo conforme a sua resistência à abrasão e ao impacto, resultando, portanto no estímulo ao microfissuramento nas peças mais quartzosas e à modificação da porosidade e absorção de umidade originais.

O resultado do polimento, bem caracterizado pelo "fechamento" ou homogeneização do brilho, também acaba sendo uma função da composição mineral, pois o fechamento é tanto melhor quanto maior a pobreza em quartzo, mineral cuja resistência à abrasão onera o processo e dificulta o fornecimento do pó que vai fechar os poros e melhorar o aspecto do polimento.

Portanto um propósito é que fiquem explicitadas as expectativas tratadas com a base teórica no parágrafo anterior, na medida em que os dados mensurados aos diversos parâmetros sejam correlacionados.

A variação dos valores medidos periodicamente para o brilho também se propõe como princípio de aferição numérica para a alterabilidade. Entretanto, nesse momento, a periodicidade bimestral da avaliação e o tempo de observação inferior a um ano, ainda não permitirão a observação de sensíveis variações. Deve ser entendido esse enfoque, apenas como uma etapa que deverá ser sucedida pela a utilização de um dispositivo que simule adequadamente as intemperizações.

Espera-se contribuir para a conscientização sobre a matéria-prima disponível, na certeza de que o conhecimento fortalece os propósitos e estimula a busca de uso otimizado.

Adicionalmente o projeto "Engenharia e Desenvolvimento Regional": Subprojeto C (Rochas Ornamentais) financiado pela FINEP/CNPq, executado pelo Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (CTG-UFPE) permitiu que o Grupo de Rochas Ornamentais do Departamento de Engenharia de Minas levasse o conhecimento acumulado para o conteúdo acadêmico das disciplinas dos cursos de engenharia civil, engenharia de minas e geologia, aumentando o interesse dos futuros profissionais pelo conhecimento gradativamente ameadado estimulando o enfoque

multidisciplinar, garantindo a visão multilateral que o tema requer.

Granitos e mármore estão em crescente aceitação no mercado e são as rochas ornamentais mais usuais, cuja utilização pode ser dividida em dois grupos: com benefícios de face (mármore ou granito) e sem benefício de face (sucédâneas como gnaisses, quartzito, ardósia, calcários, etc).

O mármore é formado por metamorfismo de contato ou regional de rochas carbonáticas, calcíticas ou dolomíticas. Comercialmente considera-se mármore qualquer rocha calcária capaz de receber polimento. Já o granito, é classificado como rocha ígnea, intrusiva, cristalina, de textura granular, contendo como materiais essenciais feldspatos e quartzo, afora mica, acessoriamente. O termo granito é usualmente estabelecido como qualquer rocha não calcária capaz de receber beneficiamento e ser utilizada como material de revestimento na construção civil.

A pesquisa concentrou estudo sobre cinco tipos de rochas graníticas de nomes comerciais: Picuí de Verinha, Florence Red, San Marco, Abelha Branca e Picuí Tropical, todos estes tipos bem aceitos no mercado nacional internacional.

A quantidade amostral é determinante para analisar as peças. Dela depende a representatividade dos parâmetros estatísticos referentes a valores encontrados para as propriedades físicas ensaiadas. Na pesquisa foram utilizadas 600 amostras, divididas em grupos de trinta amostras para cada fase de beneficiamento das rochas, atendendo à recomendação do número amostral para tratamento estatístico.

As rochas quando chegam das pedreiras para os teares, no beneficiamento passam por três fases de processo: serrada, levigada e polida. Para tornar mais completo o ciclo de produção, também consideramos a rocha bruta.

Para se adequarem às normas de transportes, as rochas chegam aos teares em blocos, com volumes de aproximadamente 5 m³ a 8 m³. São levadas a grandes máquinas (teares) de serragem de bloco. É nessa fase onde o bloco é transformado em chapas que podem variar de espessura, geralmente 1,5 a 2,0 cm. Após o corte, a chapa serrada já está na forma de comercialização. Entretanto as chapas, passam por uma mesa que possui 24 cabeçotes de polimento. Quando susceptíveis de fissuramento, são submetidas aos cinco primeiros cabeçotes. Levigadas, as placas são retiradas e faz-se um tratamento sobre a sua superfície, com produtos químicos, de forma a diminuir a porosidade. Após a secagem desses produtos as peças voltam a ser polidas por total, estando prontas para comercialização.

Os equipamentos usados durante a pesquisa foram: estufa, balança de alta precisão, bandejas, flanela e *glossmeter* (medidor de brilho).

Os ensaios feitos na pesquisa para determinar os índices físicos, foram baseados na

norma brasileira NBR-12766, para a determinação da massa específica, porosidade e absorção d'água aparentes. Essa norma estabelece o uso de dez corpos de prova para a determinação dos resultados. Entretanto para esta pesquisa foi necessário um número amostral maior. Mediu-se também o índice de brilho das amostras polidas e levigadas. Prepararam-se corpos prismáticos nas dimensões 2,0; 2,0; 1,5 cm.

As peças foram colocadas em bandejas, com espaçamentos regulares entre si de forma a obter a circulação de ar, e levadas à estufa onde permaneceram por 24 h, depois sendo tiradas e pesadas. Logo após foram submersas gradativamente em água da seguinte forma: o nível inicial foi 1/3 da altura das amostras; o nível seguinte, após 4 h, foi 2/3 da altura das amostras; e finalmente, após mais 4 h, foram completamente submersas. Depois de completar 48 h do início da imersão procedeu-se à pesagem da amostra ao ar e na condição submersa.

Para aferir o índice de brilho foi utilizado o Glossmeter IG-330, equipamento composto de um emissor de raio de luz e um sensor para captar o que foi refletido pela superfície, podendo o ângulo de incidência ser de 20° ou 60° a escolha do operador. A medição a 20° é mais acurada para distinção de diferenças entre altos valores de unidades de brilho. Os trinta corpos de prova de cada uma das cinco amostras tiveram seus brilhos medidos cinco vezes para cada ângulo de incidência. Esse procedimento foi repetido três vezes, com intervalo de dois meses.

Após o levantamento dos índices físicos de cada amostra, esses valores foram confrontados com a composição mineralógica modal e com os resultados das medições do brilho.

Foram utilizados seis corpos de prova polidos de cada tipo de rocha para a análise da composição mineralógica modal mesoscópica. As amostras apresentaram basicamente quatro minerais: K-feldspato, apresenta coloração rósea a avermelhada conforme microscópicas inclusões de minerais contendo ferro; plagioclásio, coloração esbranquiçada e/ou verde, conforme inclusões de epidoto; quartzo tem aspecto cinzento e translúcido; e micas que apresentam um folheado brilhante preto ou prateado.

As micas apresentam dureza 4; K-feldspato e plagioclásio, dureza 6; enquanto quartzo, dureza 7. Quanto maior o valor da dureza, maior a resistência à abrasão e conseqüentemente a dificuldade de polimento.

K-feldspato, plagioclásio e mica apresentam clivagem o que indica menor resistência a impactos.

A ordem crescente de alterabilidade é plagioclásio (principalmente se a composição for mais cálcica), K-feldspato e mica, devido à composição química. O quartzo não é alterável, porém pode ser um agente desencadeante de alteração quando microfissura devido ao aumentando da porosidade.

Conhecendo as características de cada mineral podemos associar seu teor nas amostras de acordo com a cor. As amostras apresentaram as seguintes composições (Tabela 1):

Tabela 1 – Composição Mineralógica

Amostra	K-feldspato (%)	Plagioclásio (%)	Quartzo (%)	Mica (%)
Picuí de Verinha	63	15	11	11
Florence Red	64	6	24	6
San Marco	0	70	6	24
Abelha Branca	0	75	20	5
Picuí Tropical	64	7	18	12

Picuí de Verinha possui uma cor predominantemente bege com partes brancas e pontos pretos. Esse aspecto deve-se à grande quantidade de K-feldspato, as partes brancas são devidas ao plagioclásio e os pontos pretos são formados de mica.

Florence Red apresenta uma cor avermelhada devida à grande quantidade de K-feldspato, algumas partes cinzentas por conta do quartzo. E poucos pontos pretos e brancos por ter respectivamente pouca mica e plagioclásio.

San Marco tem coloração escura esverdeada, possui elevada quantidade de plagioclásio e partes pretas a amarronzadas, por causa da mica. Possui pouco quartzo e ausência de K-feldspato.

Abelha Branca é uma rocha de alvura alta devido à grande quantidade de plagioclásio albitico e com pequenas regiões cinzentas formadas por quartzo. Há pouca mica e não apresenta K-feldspato.

Picuí Tropical apresenta uma cor rósea escuro, conseqüência do teor de K-feldspato, com pontos cinzentos de quartzo. Poucos são os pontos brancos e pretos pela falta de plagioclásio e mica.

As amostras de Florence Red, San Marco e Abelha Branca tiveram um aumento da massa específica do estado bruto para o estado polido (Tabela 5).

Picuí Tropical e Picuí de Verinha apresentaram diminuição da massa específica do estado bruto para o estado polido (Tabela 5).

A absorção de umidade no estado bruto foi maior do que no estado polido para todas as amostras, pois a tendência do polimento é o preenchimento dos poros.

San Marco apresentou a maior porosidade. Picuí de Verinha forneceu resultado um pouco menor, porém com valores muito próximos.

Foi verificada uma lógica relação linear crescente entre absorção de umidade e porosidade. Essa relação explica outras correlações que se apresentam entre: massa saturada aparente com absorção de umidade e massa saturada aparente com porosidade.

Brilho é a capacidade de refletir luz. Nas rochas isso depende das propriedades dos minerais, e do polimento dos corpos de prova. Quanto maior a quantidade de minerais de alta dureza, mais difícil e oneroso será seu polimento, conseqüentemente menor será o índice de brilho.

O brilho da rocha é de fundamental importância, do ponto de vista comercial. Porém deve-se destacar que nem sempre a rocha de melhor brilho é a mais adequada para determinados usos. Por exemplo, em ambientes externos, com grande incidência de luz, também se requer que a rocha tenha, além de bom brilho, pouca alterabilidade.

O medidor de brilho (gloss meter) se baseia na maior sensibilidade para as medidas obtidas com 20°, que representa a resposta de uma menor área que a 60°, donde se deduz sua melhor adequação para acompanhamentos de alterabilidade.

O brilho a 20° retrata, também, maior homogeneidade textural-granulométrica e de espécies minerais. Essa homogeneidade traduz um comportamento pontualmente mais importante do que o contexto geral do brilho da peça, donde se conclui que maiores unidades de brilho a 20° apontam para melhor adequação ao uso em móveis estético-decorativos, em que as peças sejam prioritariamente observadas mais amiúde, mais de perto.

As três etapas de medições foram realizadas a cada dois meses para estimar a variação do brilho das amostras sem uso ao longo do tempo. Nesse intervalo de tempo não houve variação de brilho relevante (ver Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2

Evolução do brilho a 60°

Amostra	Nov/02			Jan/03			Mar/03		
	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Picuí de Verinha	74	4,3	0,0572	76	4,3	0,0565	77	3,5	0,0462
Florence Red	79	4,1	0,0512	81	4,8	0,0596	80	4,5	0,0567
San Marco	77	4,1	0,0525	79	3,8	0,0482	78	3,8	0,0491
Abelha Branca	73	2,5	0,0345	75	3,2	0,0425	74	3,4	0,0456
Picuí Tropical	74	5,8	0,0784	75	6,1	0,0819	75	6,0	0,0801

Tabela 3

Evolução do brilho a 20°

Amostra	Jan/03			Mar/03		
	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Picuí de Verinha	58	6,9	0,1181	59	6,7	0,1142
Florence Red	65	8,0	0,1233	65	7,8	0,1197
San Marco	69	7,7	0,1121	68	8,0	0,1187
Abelha Branca	57	5,9	0,1031	57	5,7	0,1003
Picuí Tropical	58	10,3	0,1784	58	11,0	0,1898

Quando a 60°, o melhor índice de brilho foi Florence Red, seguido, em seqüência decrescente, por San Marco, Picuí de Verinha, Picuí Tropical e Abelha Branca. Já quando a 20° observou-se apenas a inversão entre os dois primeiros colocados.

Os resultados das medições de brilho foram as seguintes (ver Tabela 4):

Tabela 4

Varição do Brilho a 20° e a 60°

Amostra	Média 20°	Média 60°	D	D(%)
Picuí de Verinha	58	76	18	23,7
Florence Red	65	80	15	18,8
San Marco	68	78	10	12,8
Abelha Branca	57	74	17	23,0
Picuí Tropical	58	75	17	22,7

O brilho quando medido com ângulo de incidência de 60° é naturalmente maior que a 20°, pois no primeiro o raio de luz é mais tangencial.

Florence Red apresentou o melhor índice de brilho a 60° por ter grande quantidade de K-feldspato e a granulometria de seus minerais ser grossa, apesar de ter grande quantidade de quartzo. Para a mesma situação San Marco teve percentual de brilho

um pouco inferior, sendo também um bom resultado, pois seu polimento foi facilitado por apresentar pouquíssimo quartzo e grande quantidade de mica.

Com ângulo de incidência de 20° San Marco obteve o melhor índice de brilho, logo sucedido por Florence Red. Verifica-se também que San Marco, afora a melhor homogeneidade granulométrico-textural foi a amostra que menos variou seu brilho comparando a incidência de luz segundo 20° e 60°, dado que indica o seu melhor uso estético-decorativo.

Uma análise dos parâmetros estatísticos para a comprovação da representatividade e confiabilidade dos dados obtidos foi procedida e resumida nas tabelas abaixo que contêm as médias e seus respectivos desvios padrão e coeficientes de variação para cada etapa de medição.

Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação a 60° são menores que a 20°. Isso ocorre por que nesse último a luminosidade é menor.

Percebe-se claramente que todos os valores de desvio padrão e coeficiente de variação são baixos. Nas leituras a 60°, o maior coeficiente de variação é de aproximadamente 8%, enquanto nas correspondentes de 20° é de 18%. Estes valores estão muito abaixo do limite estabelecido no tratamento similar de dados de parâmetros ligados com a exploração mineral (vide Maranhão, 1985) com base nos estudos de Kreiter (1968), os quais estabelecem que há regularidade para um coeficiente de variação menor que 40%, comprovando a representatividade e confiabilidade da pesquisa.

Tabela 5

RESUMO DOS ÍNDICES FÍSICOS

		MASSA ESPECIFICA SECA				MASSA ESPECIFICA SATURADA				POROSIDADE				ABSORÇÃO APARENTE DA AGUA			
		Média	Des. Padrão	Variânc.	Coef. Variaç.	Média	Des. Padrão	Variânc.	Coef. Variaç.	Média	Des. Padrão	Variânc.	Coef. Variaç.	Média	Des. Padrão	Variânc.	Coef. Variaç.
PICUÍ TROPICAL	BRUTA	2,7683	0,0454	0,0021	0,0164	2,7821	0,0465	0,0022	0,0167	1,3851	0,3221	0,1037	0,2325	0,4999	0,1141	0,0130	0,2283
	SERRADO	2,6977	0,0085	0,0001	0,0032	2,7147	0,0079	0,0001	0,0029	1,7050	0,1809	0,0327	0,1061	0,6321	0,0681	0,0046	0,1077
	LEVIGADO																
	POLIDO	2,7600	0,2165	0,0469	0,0784	2,8211	0,2812	0,0791	0,0997	1,2627	0,1302	0,0170	0,1031	0,4556	0,0272	0,0007	0,0597
PICUÍ VERINHA	BRUTA	2,7892	0,1538	0,0236	0,0551	2,8051	0,1564	0,0245	0,0558	1,5833	0,3088	0,0954	0,1950	0,5690	0,1140	0,0130	0,2004
	SERRADO	2,7069	0,0123	0,0002	0,0046	2,7227	0,0121	0,0001	0,0045	1,5804	0,1611	0,0260	0,1020	0,5839	0,0603	0,0036	0,1032
	LEVIGADO	2,7883	0,2623	0,0688	0,0941	2,8092	0,2645	0,0700	0,0942	1,8518	0,2442	0,0596	0,1319	0,6637	0,0514	0,0026	0,0775
	POLIDO	2,7386	0,1199	0,0144	0,0438	2,7725	0,1582	0,0250	0,0570	1,5118	0,1974	0,0390	0,1306	0,5525	0,0721	0,0052	0,1304
FLORENÇO RED	BRUTA	2,6975	0,0363	0,0013	0,0135	2,7202	0,0319	0,0010	0,0117	2,2664	1,1457	1,3126	0,5055	0,8434	0,4460	0,1989	0,5289
	SERRADO	2,7118	0,0615	0,0038	0,0227	2,7282	0,0616	0,0038	0,0226	1,6501	0,1901	0,0361	0,1152	0,6089	0,0727	0,0053	0,1194
	LEVIGADO	2,7919	0,1104	0,0122	0,0396	2,8031	0,1160	0,0135	0,0414	2,0339	0,5828	0,3397	0,2866	0,7257	0,1824	0,0333	0,2513
	POLIDO	2,7598	0,0806	0,0065	0,0292	2,7801	0,0914	0,0083	0,0329	1,3511	0,1648	0,0272	0,1220	0,4896	0,0582	0,0034	0,1188
ABELHA BRANCA	BRUTA	2,7203	0,0485	0,0024	0,0178	2,7391	0,0503	0,0025	0,0025	1,8794	0,4703	0,2212	0,2502	0,6901	0,1696	0,0287	0,2457
	SERRADO	2,7302	0,0399	0,0016	0,0146	2,7455	0,0398	0,0016	0,0145	1,5274	0,2315	0,0536	0,1516	0,5597	0,0857	0,0073	0,1532
	LEVIGADO																
	POLIDO	2,7854	0,1206	0,0146	0,0433	2,8046	0,1286	0,0165	0,0458	1,3575	0,2179	0,0475	0,1605	0,4869	0,0668	0,0045	0,1371

CONCLUSÕES

O trabalho se propôs ao estabelecimento de um critério quantitativo para a abordagem do brilho, na expectativa de estendê-lo como critério de avaliação do aspecto estético, oferecendo meios de comparação entre peças similares aos produtos estudados. É bastante relevante, o uso adequado de cada tipo de rocha, preservando o aspecto estético.

O San Marco é um granito de coloração escura, que possui micas ferro-magnesianas, susceptíveis à oxidação.

O seu brilho mais destacado a 20° indica que a reflexão é maior analisada ponto a ponto, traduzindo um comportamento mais homogêneo, dado que, como desdobramento sugere comportamento mais destacado à sombra, e aponta para uma melhor aplicação estético decorativa em ambiente interno.

O Florence Red, cujo brilho não varia consideravelmente entre duas medições sucessivas, é a rocha de provável menor alterabilidade, confirmada pela composição mineral rica em K-feldspato. Seu destacado brilho em 60°, reforça a sugestão de uso externo mais adequado.

Os tipos Picuí Tropical, Abelha Branca e Picuí de Verinha são granitos cujos valores de brilho se revelaram menos destacados. A sua composição quartzosa com granulometria fina, caracteriza maior distribuição de micro-fissuramento e absorção de umidade, tornando-as mais apropriadas ao uso da variação da quantidade de brilho como critério da estimativa de alterabilidade. Entretanto, dentro do intervalo em que as medições foram feitas ainda não se detectou variação relevante.

A continuidade da monitoração permitirá busca mais minuciosa dos dados, de forma a acompanhar melhor o desempenho das amostras em estudo.

Finalmente é oportuno indicar que as amostras estudadas ainda não foram submetidas a qualquer tipo de exposição que associe agente agressivo, seja abrasão por tráfego, agente químicos (produtos de limpeza) ou intemperismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMONA, CRISTIAN M. Ocorrências de Rochas Graníticas com Fins Ornamentais na Província Borborema. Seminário de Qualificação. Recife: 2000.

FLAIN, ELEANA PATTA. Tecnologia de Produção de Revestimento de Fachadas de Edifícios com Placas Pétreas. Dissertação de Mestrado. São Paulo: 1995.

GUPTA, A. S. e SESHAGIRI RAO, K. Weathering effects on the strength and deformational behaviour of crystalline rocks under uniaxial compression state. Engng. Geol. 56, 258 – 274, 2000.

KAHRAMAN, S. The effects of fracture roughness on p-wave velocity. Engng. Geol. 63, 347-350, 2002.

MARANHÃO, Ricardo. Introdução à Pesquisa Mineral. 3. ed. Fortaleza: ETENE/BNB, 1985.

NAVARRO, F. C. Granitos Ornamentais: análise petrográfica na previsão do comportamento físico e mecânico. II Congr. Uruguayo de Geologia. Punta del Leste, Uruguai. P. 103-107, 1998.

NAVARRO, F. C. ; ARTUR, A. C. ; RODRIGUES, E. DE P. Modelos matemáticos na previsão do desgaste abrasivo e da resistência à flexão em “granitos” ornamentais, a partir de parâmetros petrográficos. VI Simpósio de Geologia do Sudeste, São Pedro, SP. P.142, 1999.

ONODERA, T. F. E ASOKA KUMARA, H. M. Relation between texture and mechanical properties of crystalline rocks. Bull. Int. Assoc. Engns. Geol. 22, 173 – 177, 1980.

ROLIM FILHO et al. Engenharia e Desenvolvimento Regional. Relatório Técnico de Andamento do Projeto. Recife: 2001.

TUGRUL, A. E ZARIF, I. H. Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from turkey. Engng. Geol. 51, 303 – 317, 1999.

VELOCIDADE DE ULTRA-SOM COMO CONTROLE DE QUALIDADE DE GRANITOS APLICADOS EM FACHADAS E FUNÇÕES ESTRUTURAIS

Fabiano Cabañas Navarro^{1*}, Antonio Carlos Artur^{2*} e Ana Paula Meyer^{3*}

¹ Geólogo Doutorando do Curso de Pós-Graduação IGCE/UNESP. E-mail:navarrofc@bol.com.br

² Geólogo Prof. Dr. Do Departamento de Petrologia e Metalogenia IGCE/UNESP.

³ Geóloga Mestranda do Curso de Pós-Graduação IGCE/UNESP

*DPM-IGCE/UNESP – Av.24A , 1515, Bairro Bela Vista, CEP 13.506-900 – Rio Claro – São Paulo

Fone: (19) 526-2824 / Fax: (19) 524-9644 - E-mail:navarrofc@bol.com.br ; acartur@rc.unesp.br

RESUMO

A crescente utilização de rochas ornamentais como elemento de revestimento de fachadas, tem exigido a necessidade de métodos para o controle de qualidade das placas, principalmente pelo fator de risco que uma placa inadequada pode representar. Em grandes obras a realização de ensaios tecnológicos para determinação das propriedades físicas e mecânicas das rochas e o cálculo do fator de segurança são bastante difundidos e utilizados, entretanto no momento da instalação a avaliação da placa é realizada apenas com critérios visuais, objetivando a detecção de trincas e seleção do padrão estético. De maneira análoga, ocorre o mesmo para materiais que se destinam às funções estruturais, embora esse tipo de aplicação seja pouco difundido. A proposta deste artigo é mostrar a previsão de propriedades mecânicas em rochas granitoides utilizadas como revestimentos horizontais e verticais e em funções estruturais através do uso da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais, e com base nessas informações, sugerem-se equações para previsão da resistência mecânica de rochas dessa natureza. Nos estudos realizados, foram reconhecidas as relações entre o módulo de ruptura (MR) e a resistência à compressão uniaxial (Unix) com a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (Vp), as quais foram traduzidas nas equações de regressão linear $MR = 0,0083Vp - 25,361$ e $Unix = 0,0552 Vp - 105,43$, cujos coeficientes de correlação são respectivamente 78,5% e 62,0%. Tais equações podem ser utilizadas como método para o controle de qualidade e seleção de materiais destinados a fachadas e funções estruturais. Os métodos propostos utilizam técnicas bastante difundidas que necessitam de equipamentos relativamente caros, entretanto devido à simplicidade e rapidez de aplicação em canteiros de obra e a segurança que o método pode proporcionar na seleção de materiais, tem-se bom custo-benefício.

INTRODUÇÃO

A aplicação expressiva e crescente de rochas como material de revestimento de fachadas é o resultado de novas tendências arquitetônicas e inovações tecnológicas no segmento da construção civil observadas nos últimos anos. Embora exista uma grande demanda de placas pétreas para esse tipo de aplicação alguns problemas patológicos são registrados, tais como eflorescências, trincas e o decaimento de placas. Segundo Flain (1997) esses são os problemas mais freqüentes em fachadas de

edifícios revestidos por placas pétreas, oriundos de uma combinação de fatores tais como: a ausência de projetos específicos, controle falho ou inexistente dos serviços e materiais, técnicas de execução inadequadas e mão-de-obra desqualificada. A junção de fatores dessa natureza podem culminar em grandes desperdícios, depreciação estética do edifício e, transcendendo os aspectos econômicos, pode apresentar riscos de decaimento de placas, exigindo assim a racionalização do processo produtivo para a obtenção de medidas de segurança eficientes.

Dentre as diversas etapas da produção de uma fachada pétreas, as atenções do presente artigo estão voltadas sobretudo ao controle de qualidade da rocha na fase imediatamente anterior à instalação na fachada, envolvendo apenas a placa de rocha, sem enfatizar os aspectos de fixação e instalação das placas. Os dados obtidos permitiram transcender a proposta inicial de controle de qualidade de materiais destinados a fachadas, e considerar também rochas destinadas a funções estruturais, que embora sejam pouco utilizadas para esse fim nos dias de hoje, podem estar presentes em colunas, elementos de arte funerária e suportes ou pedestais de estátuas.

Os métodos propostos baseiam-se sobretudo nas relações entre ondas ultra-sônicas e as propriedades mecânicas módulo de ruptura e resistência à compressão de rochas silicáticas, assunto bastante abordado na literatura (Rzhevsky & Novik, 1971; Lama & Vutukuri, 1978; Tugrul & Zarif, 1999; Artur *et al.*, 2001; Navarro, 2002a; Torquato *et al.*, 2002, entre outros). Destaca-se também a aplicação de ondas ultra-sônicas por diversos autores para a previsão de propriedades físicas e mecânicas de rochas mono e poliminerálicas. Rzhevsky & Novik (1971), apresentaram equações para a previsão da porosidade em dolomitos com base na propagação de ondas. Köhler (1991) propõe equações para a previsão da porosidade em mármore utilizados como estatuária, atribuindo também classes de sanidade do material em função desses resultados.

Recentemente tem sido comum o estudo de anisotropias texturais e estruturais através de métodos de ultra-som. O procedimento permite uma avaliação quantitativa da orientação mineral, dado esse que pode ser correlacionado com parâmetros tecnológicos. A aplicação desse método tem sido direcionada para a definição de bases para a manutenção e correta aplicação de rochas.

Utilizando técnicas de tomografia de ultra-som Ruedrich *et al.* (2001a), investigaram o estado de alteração de colunas de mármore e constataram a

eficiência do método para o detalhamento da estrutura e composição da rocha. , e com isso a monumentos. Ruedrich *et al.* (2001b), correlacionaram propriedades como tensão de ruptura, dilatação térmica e anisotropias da velocidade de propagação de ondas associada ao estudo das texturas e estruturas em mármore, provenientes do Palácio de Potsdam (Alemanha). Como conclusão reconheceram a associação dessas técnicas para a previsão do comportamento tecnológico de rochas, e portanto passível de utilização em projetos de reconstrução e conservação de obras.

Weiss *et al.* (2000) e Weiss *et al.* (2001) demonstraram a utilização da velocidade de ondas ultra-sônicas e dados de porosidade como um binômio adequado para o estudo e detecção dos efeitos e processos de alteração em mármore calcícticos e/ou dolomíticos com variações texturais e estruturais diversas. Posteriormente, Weiss *et al.* (2002) observaram uma grande influência da saturação de água sobre a velocidade de ultra-som, e concluem que esse método deve ser utilizado para avaliação da qualidade do mármore quando em estado fresco ou que apresentem um estágio inicial de alteração.

Essa técnica mostra-se mais promissora em rochas monominerálicas como mármore, visto que constituem meios com menor heterogeneidade que rochas poliminerálicas, como os granitos, sendo ainda muito escassa a presença de artigos abordando esse tema.

obtenção de bases para a conservação de

Nesse sentido o presente trabalho tem como objetivo contribuir com uma metodologia para o controle de qualidade de placas de rochas silicáticas comercialmente denominadas de granitos e utilizadas em fachadas, com base na previsão de parâmetros mecânicos utilizando a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, um método indireto, não destrutivo e de fácil aplicação. Por analogia, o método proposto para fachadas permite também uma proposta muito semelhante para rochas que desempenhem papel estrutural, tema também abordado neste trabalho.

Métodos e Materiais Utilizados

Para a proposição dos métodos de controle de qualidade de rochas utilizadas em fachadas e funções estruturais foram utilizadas 11 rochas silicáticas, das quais 9 são comercializadas no mercado interno e externo, e duas embora não exploradas apresentam potencial como rocha ornamental. Esses materiais foram selecionados por apresentarem diferentes composições minerais, texturas e estruturas (Quadro 1).

Quadro 1: Materiais utilizados para a obtenção das equações de previsão do módulo de ruptura e da resistência à compressão uniaxial. Ensaios mecânicos realizados: (MR) módulo de ruptura e (Unix) resistência à compressão uniaxial.

NOME COMERCIAL	SIGLA	TIPO PETROGRÁFICO	PROCEDÊNCIA	ENSAIO REALIZADO
Marrom Caldas	MC	egerina-augita ortoclásio quartzo sienito	Caldas, MG	MR/Unix
Marrom Café	MCf	egerina-augita ortoclásio sienito	Caldas, MG	Unix
Nazaré Paulista*	NP	granada sienogranito	Nazaré Paulista, SP	MR
Lilas Gerais	LG	gnaisse sienogranítico	Itapecirica, MG	MR/Unix
Vermelho Bragança	VB	monzogranito porfirítico	Bragança Paulista, SP	MR/Unix
Azul Fantástico	AF	biotita monzogranito megaporfirítico	Bragança Paulista, SP	MR
Ibiúna Amêndoa Vermelha*	IBV	biotita hornblenda monzogranito porfirítico com matriz granodiorítica	Ibiúna, SP	MR/Unix
Verde Lavras	VL	gnaisse charnoquítico	Lavras, MG	MR/Unix
Preto Piracaia médio	PPm	monzonito	Bragança Paulista, SP	MR
Preto Piracaia fino	PPf	monzonito	Bragança Paulista, SP	MR
Preto Piracema	PP	gabro com quartzo	Piracema, MG	MR/Unix

Esses materiais foram submetidos à análise petrográfica e aos ensaios tecnológicos para determinação do módulo de ruptura, resistência à compressão uniaxial e da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas.

Para a determinação da resistência à compressão uniaxial, foram utilizados no mínimo cinco corpos-de-prova de forma cúbica com 7,0 cm de aresta, para cada material, os quais foram submetidos a esforços uniaxiais até a ruptura, conforme a metodologia prescrita na norma NBR – 12767 (ABNT, 1992a). Os valores de módulo de ruptura foram obtidos de acordo com a norma NBR 12763 (ABNT, 1992b), a qual preconiza a obtenção de no mínimo cinco corpos-de-prova com dimensões de 5,0 x 10,0 x 20,0 cm, para cada rocha analisada.

Todos os corpos-de-prova utilizados foram secos em estufa a $100 \pm 10^\circ\text{C}$.

A determinação das ondas ultra-sônicas foi realizada de acordo com a norma D2845 ASTM (1990), em todos os corpos-de-prova, anteriormente à execução dos ensaios mecânicos. O aparelho utilizado corresponde a um medidor de pulso ultra-sônico James modelo C-8901 portátil, que possui dois transdutores piezoelétricos, sendo um para transmissão e outro para recepção de ondas sonoras com frequência entre 36 kHz e 500kHz. O valor da velocidade de propagação das ondas elétricas longitudinais é obtido pela relação entre o comprimento do corpo-de-prova e o tempo de propagação da onda medido pelo equipamento.

As rochas anisotrópicas (foliadas) utilizadas foram ensaiadas com a aplicação dos esforços paralelamente ao sentido da foliação para a determinação do módulo de ruptura (Figura 1A), simulando o corte utilizado no mercado. Para os sienitos também foi considerada a posição perpendicular à foliação, visto que o padrão estético assim obtido é freqüentemente encontrado no mercado. Para o ensaio de resistência à compressão uniaxial parte das amostras sofreu esforço de compressão paralelo à direção do plano de foliação e parte perpendicular (Figura 1B).

Para os corpos-de-prova submetidos à compressão, a propagação de ondas foi medida paralelamente ao sentido do esforço compressivo (Figura 2A), e para o ensaio de módulo de ruptura a propagação de ondas foi realizada em sentido paralelo ao comprimento do corpo-de-prova (Figura 2B).

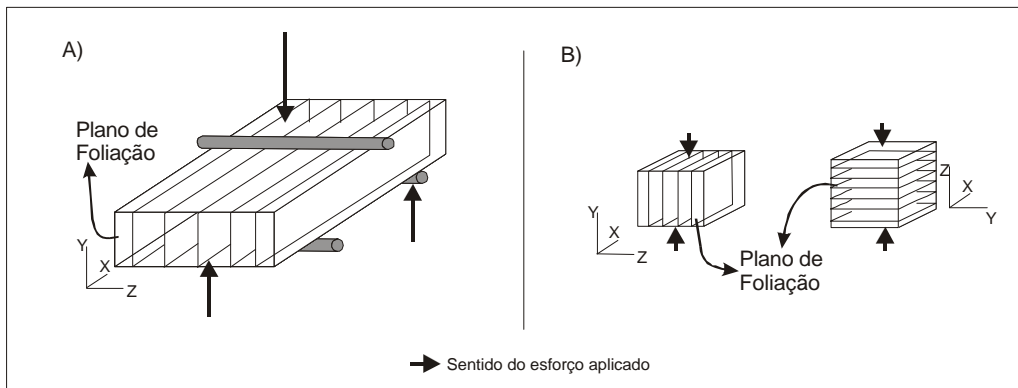


Figura 1: Relação entre a foliação e o eixo de compressão considerado nos ensaios mecânicos de módulo de ruptura (A) e resistência à compressão uniaxial (B).

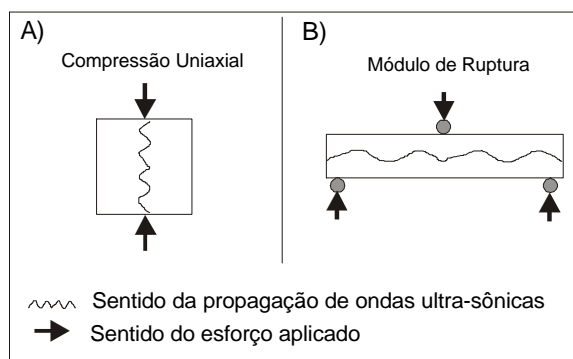


Figura 2: Orientação das direções de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais para os corpos-de-prova utilizados nos ensaios de determinação da resistência à compressão uniaxial (A) e determinação do módulo de ruptura (B).

Os dados mecânicos de resistência à compressão uniaxial e módulo de ruptura com seus respectivos dados de velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas foram submetidos à análise de correlação linear simples segundo os recursos disponíveis no programa Excel 2000. Os dados obtidos correspondem a gráficos de dispersão de pontos com linhas de tendência e equações de primeiro grau ($y = ax + b$), correlacionando as variáveis mecânicas com a velocidade de propagação ondas.

Dados Obtidos

Os dados petrográficos obtidos mostram que o conjunto de materiais selecionado abrange rochas de granulação fina até porfírica, com composição variando entre sienito e norito, predominando rochas graníticas com granulação inequigranular média a porfírica (Quadro 2).

Quadro 2: Principais dados petrográficos das rochas analisadas.

NOME COMERCIAL	CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA	TEXTURA	ESTRUTURA
Marrom Caldas	egerina-augita ortoclásio quartzo sienito	inequigranular média-grossa	foliação de fluxo convoluta
Marrom Café	egerina-augita ortoclásio sienito	equigranular média-fina	fraca foliação de fluxo plástico
Nazaré Paulista	granada sienogranito	inequigranular média-fina a grossa	isótropa a discretamente gnáissica
Lilas Gerais	gnaisse sienogranítico	equigranular média a média-fina, localmente inequigranular	gnáissica (fitada a bandada)
Vermelho Bragança	monzogranito porfírico	porfírica com matriz média-fina	gnáissica
Azul Fantástico	biotita monzogranito megaporfírico	megaporfírico serial, com matriz média	gnáissica
Ibiúna Amêndoa Vermelha	biotita hornblenda monzogranito porfírico com matriz granodiorítica	porfírica com matriz inequigranular fina a média-grossa	foliada
Verde Lavras	gnaisse charnoquítico	textura porfírica com matriz proto a blastomilonítica média a média-grossa	gnáissica
Preto Piracaia médio	monzonito	inequigranular média-fina	moderadamente foliada
Preto Piracaia fino	monzonito	equigranular fina	discretamente foliada
Preto Piracema	gabro com quartzo	equi a inequigranular média-fina	maciça, isótropa

Informações detalhadas sobre as descrições petrográficas das rochas Marrom Caldas, Lilas Gerais, Ibiúna Amêndoa Vermelha, Verde Lavras e Preto Piracema podem ser encontradas em Navarro (2002a; b). As descrições dos materiais Nazaré Paulista, Vermelho Bragança, Azul Fantástico e Preto Piracaia Médio e Fino, podem ser encontradas em Artur *et al.* (2001) e Meyer (2003), e do tipo Marrom Café em Meyer (2003) e Meyer *et al.* (2003).

Dentre os 11 tipos rochosos considerados, foram obtidos 62 valores de módulo de ruptura em 10 rochas (Quadro 3), e 60 valores de resistência à compressão uniaxial para 7 rochas (Quadro 4). A média dos valores obtidos para todos os materiais analisados encontram-se dentro dos limites sugeridos por Frazão e Farjallat (1996), conforme apresentado no Quadro 5.

Tratamento dos Dados e Proposição de Equações

O tratamento dos dados utilizou a análise de regressão simples, de maneira idêntica ao apresentado por Navarro (2002a), porém abrangendo um número maior de amostras tanto para o tratamento dos dados de módulo de ruptura, quanto de compressão uniaxial, garantindo maior representatividade do universo considerado.

Para os dados de módulo de ruptura e velocidade de ultra-som, a análise de regressão apresentou um coeficiente de correlação (R^2) de 0,6165 (78,5%), ligeiramente menor, mas muito próximo do coeficiente de correlação apresentado por Navarro (2002a), que corresponde a 83,2%. O Gráfico 1 representa a relação entre os dados considerados, e a equação que descreve essa função segue abaixo:

$$MR = 0,0083V_p - 25,361 \quad (1)$$

onde: MR = módulo de ruptura (MPa), e
V_p = velocidade de propagação de ondas
ultra-sônicas longitudinais (m/s)

Quadro 3: Dados de Módulo de Ruptura (MR em MPa) e respectivos valores de velocidades de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (Vp em m/s) para as rochas Marrom Caldas, Nazaré Paulista, Lilas Gerais, Vermelho Bragança, Azul Fantástico, Ibiúna Amêndoa Vermelha, Preto Piracema e Preto Piracacia médio e fino.

	amostra	MR (MPa)	Vp (m/s)
Marrom Caldas	MC 1	14,9	4995,7
	MC 2	14,5	4896,0
	MC 3	11,9	4414,0
	MC 4	9,9	4897,7
	MC 5	15,5	5029,0
	MC 6	13,3	4367,3
	MC 7	9,6	4290,1
	MC 8	12,4	4360,7
	MC 9	13,3	4872,7
	média	12,8	4680,4
Nazaré Paulista	NP1	10,7	4883,7
	NP2	11,6	4973,3
	NP3	10,7	4920,3
	NP4	15,2	5257,9
	NP5	15,3	5382,5
	média	12,7	5083,5
Lilas Gerais	LG 1	19,2	5189,1
	LG 2	20,1	5214,5
	LG 3	18,3	5179,1
	LG 4	19,1	5290,8
	LG 5	20,3	5090,9
	LG 6	17,7	5115,8
	LG 7	18,5	5343,9
	LG 8	18,7	5409,9
	média	19,0	5229,2
Vermelho Bragança	VB1	20,0	5075,9
	VB2	17,2	5150,8
	VB3	19,2	5098,2
	VB4	20,1	5101,8
	VB5	16,6	5111,9
	média	18,6	5107,7
Azul Fantástico	AF1	9,0	4373,7
	AF2	12,1	4655,1
	AF3	9,8	4266,3
	AF4	11,3	4598,1
	AF5	9,0	4559,0
	média	10,2	4490,4

Cont. Quadro 3

	amostra	MR (MPa)	Vp (m/s)
Ibiúna Amêndoa Vermelha	IBV 1	14,8	5398,4
	IBV 2	9,2	4942,0
	IBV 3	14,4	4969,5
	IBV 4	13,4	4911,7
	IBV 5	12,6	5130,4
	IBV 6	14,7	5250,3
	IBV 7	15,6	5067,1
	média	12,8	4698,5
Verde Lavras	VL 1	23,3	5532,8
	VL 2	22,5	5477,5
	VL 3	23,0	5416,1
	VL 4	24,9	5458,8
	VL 5	21,4	5538,2
	VL 6	20,7	5475,1
	média	12,4	4931,4
Preto Piracema	PP 1	24,8	6120,8
	PP 2	20,5	6054,9
	PP 3	22,9	6153,8
	PP 4	23,4	6134,4
	PP 5	22,3	6128,4
	PP 6	24,6	6139,8
	PP 7	23,7	6156,8
	média	18,2	5166,2
Preto Piracacia médio	PPm1	17,7	4926,1
	PPm2	19,7	4926,1
	PPm3	15,0	4680,2
	PPm4	18,2	4910,0
	PPm5	11,8	4926,1
	média	18,8	5192,8
Preto Piracacia fino	PPf1	24,3	5395,7
	PPf2	25,0	5395,7
	PPf3	26,5	5724,4
	PPf4	25,7	5217,4
	PPf5	20,8	5164,0
	média	13,2	4702,9

Analogamente foi obtido um coeficiente de correlação entre os dados de resistência à compressão uniaxial e velocidade de ultra-som igual a 62,0% ($R^2 = 0,3847$), representado no Gráfico 2. A equação que descreve essa função é:

$$Unix = 0,0552V_p - 105,43 \quad (2)$$

onde: Unix = resistência à compressão uniaxial simples (MPa), e
V_p = velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (m/s)

Quadro 4: Dados de Resistência à Compressão Uniaxial (Unix) e respectivos valores de velocidades de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (Vp) para as rochas Marrom Caldas, Marrom Café, Lilas Gerais, Vermelho Bragança, Ibiúna Amêndoa Vermelha e Preto Piracema.

	amostra	Unix (MPa)	Vp (m/s)
Marrom Caldas	MC 1	153,5	4382,1
	MC 2	167,4	4465,0
	MC 3	190,7	4516,4
	MC 4	159,5	4510,1
	MC 5	156,3	4478,8
	MC 6	191,4	5130,4
	MC 7	174,2	5173,0
	MC 8	181,1	5205,3
	MC 9	184,1	5231,3
	MC10	164,7	5110,4
	média	172,3	4820,3
Marrom Café	MCf1	141,2	4370,3
	MCf2	81,9	4656,1
	MCf3	138,0	3985,4
	MCf4	93,8	3992,6
	MCf5	131,0	5178,6
	MCf6	152,3	4605,5
	MCf7	143,6	4922,0
	MCf8	116,9	4866,7
	MCf9	154,2	4611,3
	MCf10	81,2	4873,5
	média	123,4	4606,2
Lilas Gerais	LG 1	168,3	5312,8
	LG 2	156,9	5250,4
	LG 3	162,1	5452,3
	LG 4	181,9	5411,5
	LG 5	186,3	5368,2
	LG 6	168,0	5208,5
	LG 7	193,9	5256,7
	LG 8	204,8	5446,8
		média	177,8
Vermelho Bragança	VB1	260,2	5329,8
	VB2	223,9	5209,4
	VB3	268,5	5931,7
	VB4	265,3	5173,2
	VB5	286,0	5943,6
		média	260,8

Cont. Quadro 4

	amostra	Unix (MPa)	Vp (m/s)
Ibiúna Amêndoa Vermelha	IBV 1	124,0	5359,2
	IBV 2	160,0	5227,3
	IBV 3	127,3	4813,6
	IBV 4	175,9	5436,4
	IBV 5	171,1	5283,6
	IBV 6	164,1	5186,4
	IBV 7	155,0	5113,2
	IBV 8	132,5	4611,0
	IBV 9	136,6	4891,0
	IBV10	149,5	5263,6
	média	149,6	5118,5
Verde Lavras	VL 1	217,4	5310,8
	VL 2	267,1	5681,3
	VL 3	207,9	5175,9
	VL 4	123,8	5568,8
	VL 5	275,5	5742,5
	VL 6	252,0	5741,7
	VL 7	269,5	5667,7
	VL 8	231,8	5830,8
	VL 9	217,8	5145,5
	VL 10	263,8	5125,0
	média	232,7	5499,0
Preto Piracema	PP1	186,6	6389,3
	PP2	239,1	6252,2
	PP3	221,8	6367,0
	PP4	293,3	6243,5
	PP5	187,4	6422,7
	PP6	211,6	6283,6
	PP7	226,2	6249,6
		média	223,7

O coeficiente de correlação obtido para o ensaio de compressão uniaxial neste tratamento mostra-se melhor que o apresentado por Navarro (2002a), que corresponde a 54,2%, mostrando o efeito positivo do maior número de amostras utilizadas.

Isto posto, propõe-se o emprego das equações acima para previsão do módulo de ruptura e da resistência à compressão uniaxial, em função da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas. É de extrema importância, realçar que as equações ora propostas e os coeficientes de correlação obtidos se assemelham em muito aos apresentados por Navarro (2002a). Contudo entende-se que as equações ora apresentadas, em virtude do maior número de amostras adotadas, representam melhor as relações entre velocidade de ondas ultra-sônicas e os parâmetros mecânicos considerados, muito embora a equação para o módulo de ruptura deste trabalho apresente um coeficiente de correlação ligeiramente menor.

Quadro 5: Valores médios de resistência à compressão uniaxial e módulo de ruptura para as rochas analisadas e valores limites propostos por Frazão & Farjallat (1996).

	Compressão Uniaxial (MPa)	Módulo de Ruptura (MPa)	Velocidade de ultra-som (m/s)*
Limites propostos por Frazão & Farjallat (1996)	≈100	≈10	≈4000
Marrom Caldas	172,3	12,8	4.753,5
Marrom Café	123,4	----	4.606,2
Nazaré Paulista	----	12,7	5.083,5
Lilas Gerais	177,8	18,9	5.294,3
Vermelho Bragança	260,8	18,6	5.312,6
Azul Fantástico	----	10,2	4.490,4
Ibiúna Amêndoa Vermelha	149,6	13,5	5.107,0
Verde Lavras	232,6	22,6	5.491,0
Preto Piracaia médio	----	18,8	5.192,8
Preto Piracaia fino	----	13,2	4.702,9
Preto Piracema	223,7	23,2	6.221,1

* os valores de velocidade de ultra-som correspondem ao valor médio dos dados das Tabelas 3 e 4

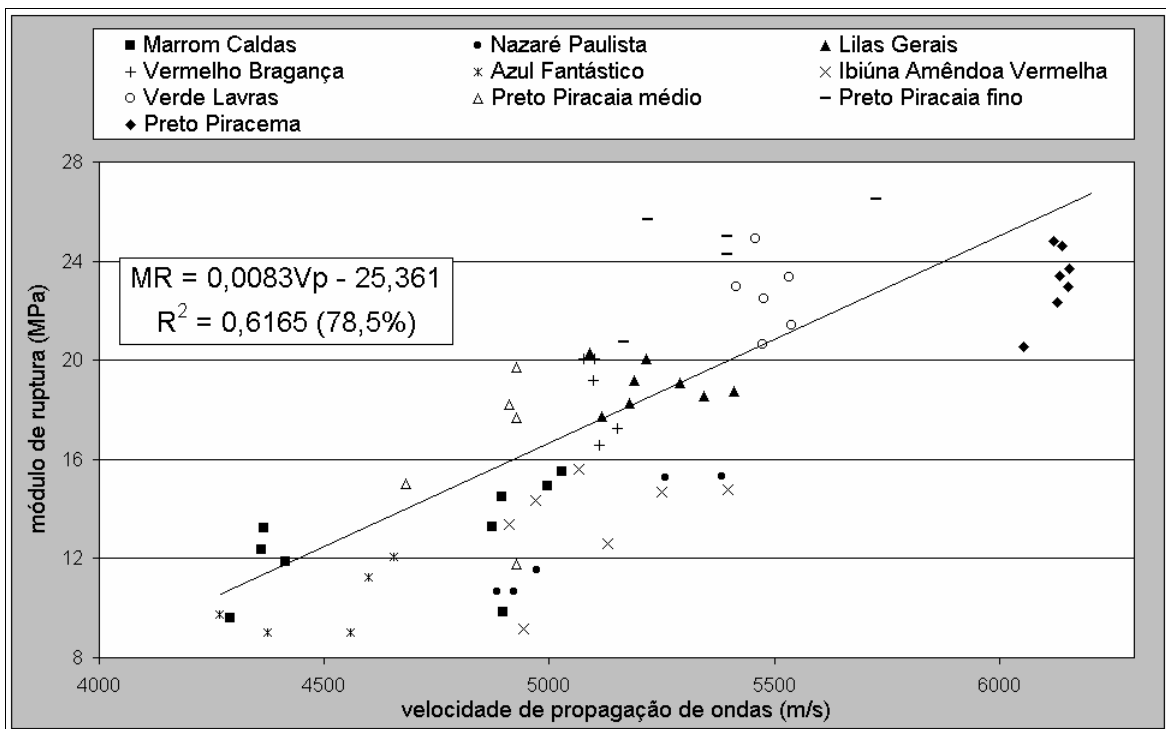


Gráfico 1: Análise de regressão linear entre módulo de ruptura (MPa) e velocidade de propagação de ondas longitudinais (m/s) (62 corpos-de-prova de 10 rochas).

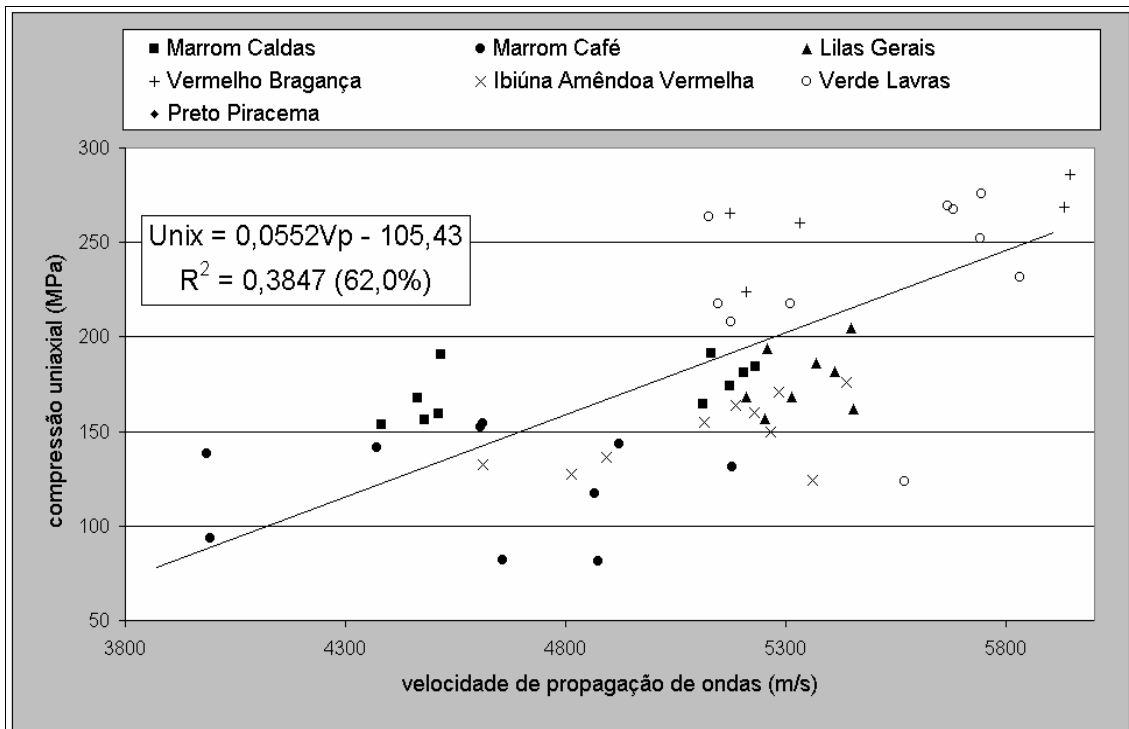


Gráfico 2: Análise de regressão linear entre resistência à compressão uniaxial (MPa) e velocidade de propagação de ondas longitudinais (m/s) (60 corpos-de-prova de 7 rochas diferentes).

A eficácia dos modelos apresentados deve ser adequadamente testada em trabalho futuro de cunho específico, utilizando-se novos materiais para que se avalie a previsão dos parâmetros mecânicos através de comparativos entre os valores calculados com essas equações e valores obtidos em ensaios laboratoriais.

Considerando que este trabalho ainda está em desenvolvimento, optou-se por um comparativo desse tipo com as mesmas amostras utilizadas para a obtenção das equações (Gráficos 3 e 4). Do ponto de vista estatístico esse procedimento não é o mais adequado para avaliação das equações, contudo, em caráter preliminar, serve como um indicativo da validade dos modelos propostos.

Analisando o Gráfico 3 observa-se de imediato uma boa aproximação entre a maioria dos valores de módulo de ruptura calculados e os obtidos em ensaios. Os valores anômalos observados se restringem aos tipos com textura inequigranular porfírica (IBV2 e IBV5) a protomilonítica (VL3 e VL4; AF5), e rochas com maiores teores de minerais máficos (PP2; PPM3; PPf 1 a 5). Tratando-se das rochas com textura porfírica a protomilonítica atribui-se que as ondas de ultra-som sofrem um retardo maior devido a heterogeneidade da granulação, diminuindo assim a velocidade. Não obstante a presença freqüente de contatos lobulados, côncavo-convexos e serrilhados apresentados nessas rochas pode garantir boa resistência mecânica. Quanto às rochas com presença de minerais máficos, Navarro (2002a) mostra que pequenas quantidades desses minerais pode afetar o comportamento das ondas de ultra-som de forma significativa, especialmente porque a biotita é o mineral máfico mais freqüente e um dos minerais com maior anisotropia para a velocidade de ultra-som (Weiss, 1998).

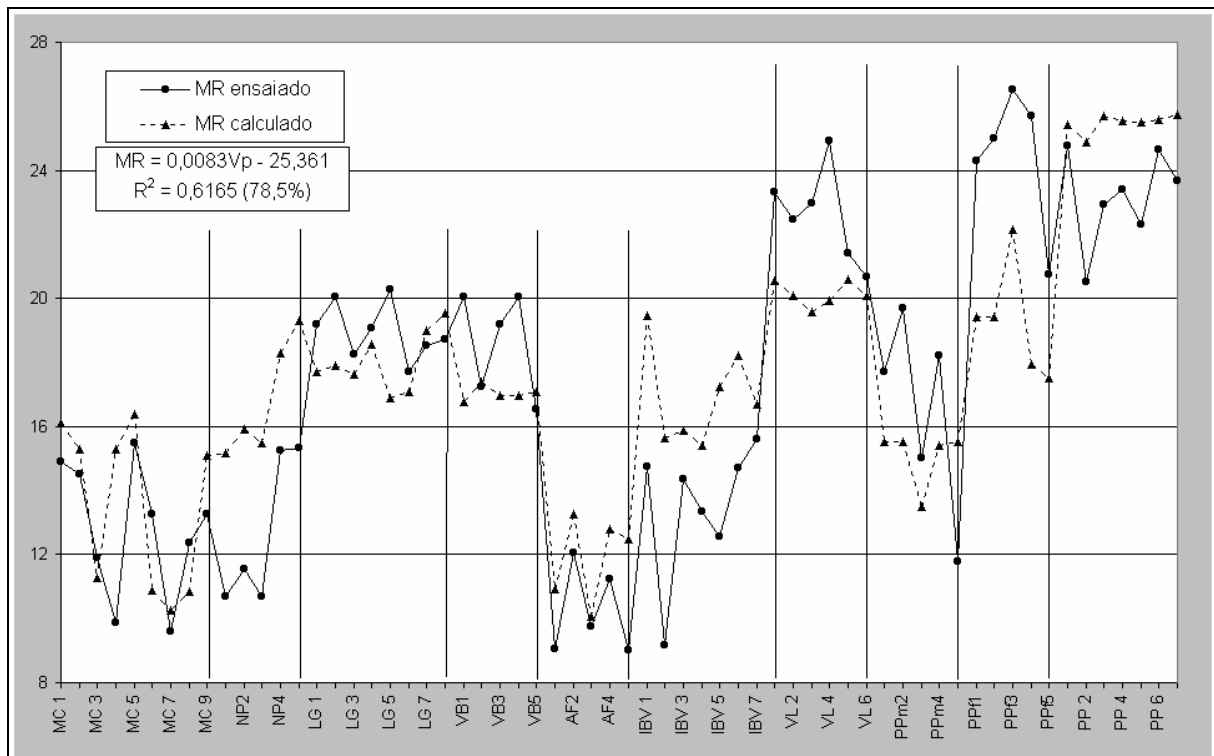


Gráfico 3: Comparativo entre os valores de módulo de ruptura obtidos em laboratório e os valores calculados através da equação proposta. Para siglas, consultar o Quadro 1.

A comparação entre a resistência à compressão uniaxial calculada e obtida em laboratório mostram valores muito próximos (Gráfico 4), havendo alguns valores anômalos para os tipos Marrom Café (MCf2, MCf5, MCf10), Verde Lavras (VL4, VL10), Vermelho Bragança (VB4, VB5) e Preto Piracema (PP1, PP4, PP5). Os fatores que explicariam a discrepância de alguns valores podem ser atribuídos basicamente à textura porfírica na amostra Vermelho Bragança, à textura porfiroblástica para o Verde Lavras, à presença de minerais máficos e metálicos para o tipo Preto Piracema, e à foliação de fluxo convoluta do tipo Marrom Café. Tais características influenciariam de maneira importante a propagação de ondas, contudo sem afetar de forma significativa o comportamento mecânico.

Alguns comentários sobre a relação entre as características petrográficas, velocidade de propagação de ondas e dados mecânicos para os materiais aqui considerados, são encontrados em Navarro (2002a) e Artur *et al.* (2001).

Proposta de Métodos para o Controle de Qualidade de Rochas Silicáticas

As discussões acima mostram, a exemplo de outros trabalhos na literatura, a possibilidade de prever parâmetros mecânicos utilizando-se a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais, com um erro relativamente pequeno. Por esse motivo sugere-se a aplicação das equações propostas acima como instrumento do controle de qualidade de rochas silicáticas utilizadas em fachadas (equação 1) e funções estruturais (equação 2). Recomenda-se que essas equações sejam utilizadas apenas em rochas silicáticas que apresentem características petrográficas (composição, textura e estrutura) semelhantes às rochas utilizadas para a geração dessas equações. Ou seja, deverão apresentar composição quartzo-feldspática, com estrutura maciça e isótropa a gnáissificada, e textura inequigranular fina a média-grossa.

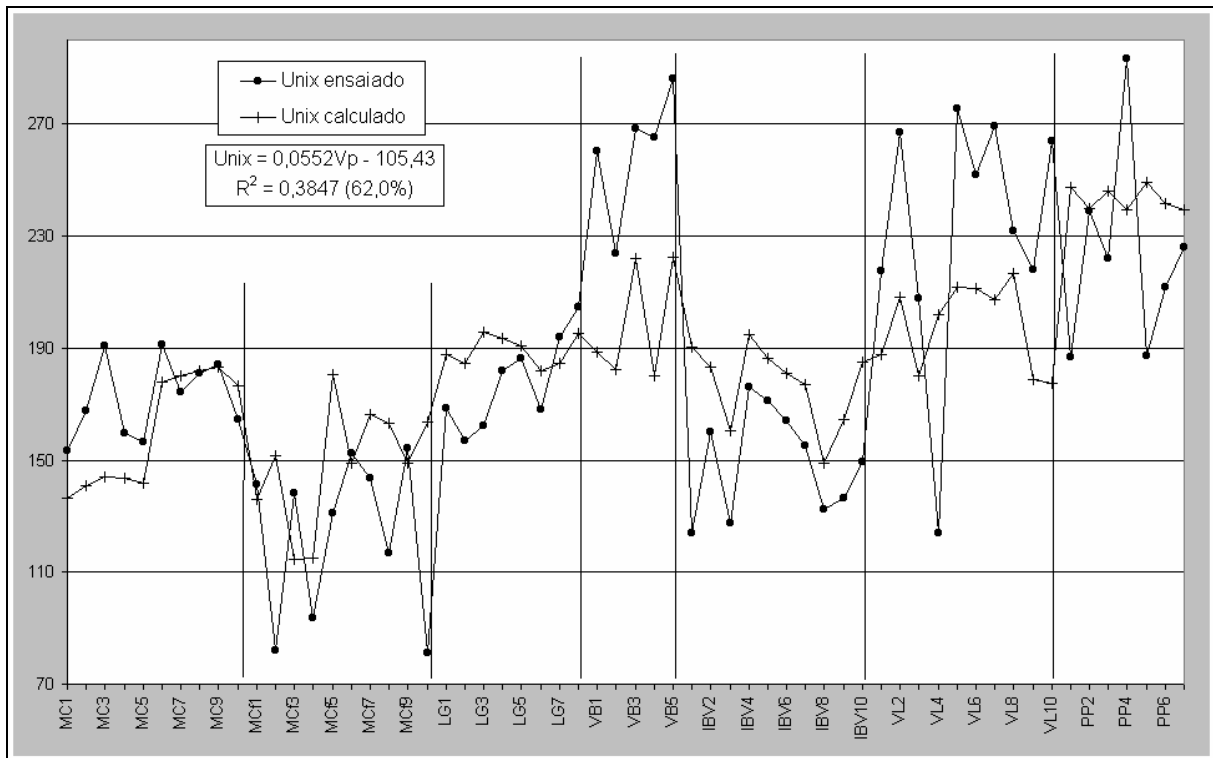


Gráfico 4: Comparativo entre os valores de resistência a compressão uniaxial obtidos em laboratório e os valores calculados através da equação proposta. Para siglas, consultar o Quadro 1.

Rochas com feições petrográficas diferentes dos materiais analisados, deverão seguir outro procedimento para o controle de qualidade com ondas ultra-sônicas, conforme será discutido adiante. Isto se deve ao fato do comportamento mecânico e de propagação de ondas não apresentarem uma relação nítida em rochas que apresentam feições pegmatóides, texturas porfíricas, dobras, foliações intensas, grandes quantidades de minerais máficos e/ou metálicos entre outros aspectos.

Por conseguinte, após a definição da rocha para a obra e da função estrutural que esta desempenhará (fachada ou estrutural), deve-se realizar a caracterização petrográfica da rocha, mesmo em caráter expedito. Essa informação subsidiará a decisão pela aplicação das equações ora sugeridas ou pela geração de equações específicas para a rocha selecionada, acarretando em dois procedimentos distintos, um para rochas semelhantes e outro para rochas diferentes dos materiais utilizados (Figura 3).

Considerando que o material selecionado para uma obra guarde semelhanças composicionais, texturais e estruturais em relação aos materiais utilizados neste trabalho, o passo seguinte é a execução do ensaio mecânico condizente à função que o material desempenhará. Os resultados obtidos serão o valor de referência para o controle de qualidade. Na fase final, no canteiro de obras, utilizando-se um aparelho portátil, realizam-se as medidas de propagação de ondas ultra-sônicas em

diferentes pontos da peça previamente definidos em função de seu formato e tamanho. Sugere-se que as medidas sejam realizadas a cada 20 cm segundo uma linha na seção transversal da peça, conforme esquematizado na Figura 4.

Os valores medidos correspondem ao tempo de propagação da onda e são utilizados para o cálculo da velocidade de propagação. O valor assim obtido deverá ser aplicado nas respectivas equações para o cálculo do módulo de ruptura (equação 1) ou resistência à compressão (equação 2), em função da propriedade mecânica que se deseja prever.

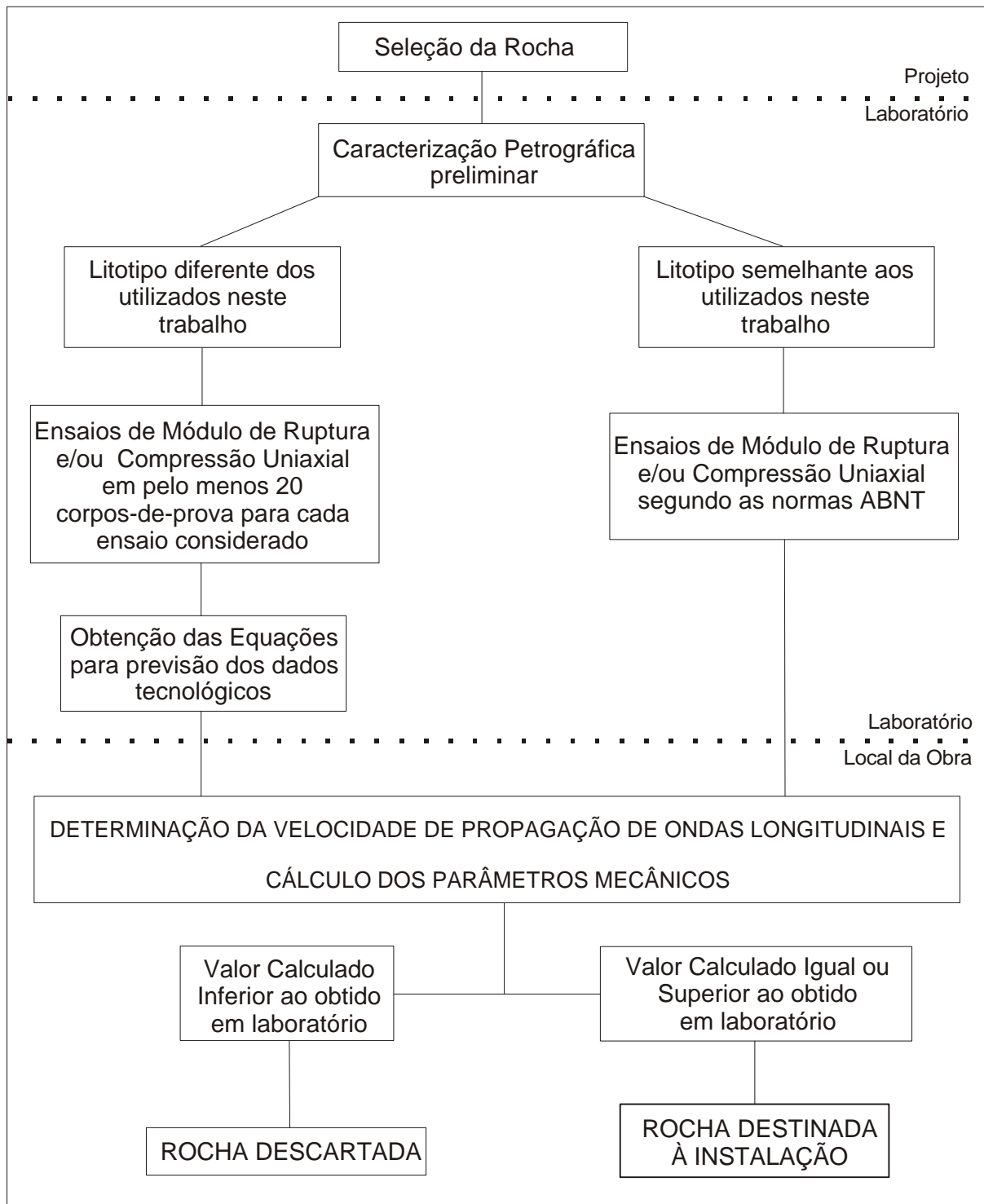


Figura 3: Fluxograma dos procedimentos sugeridos para o controle de qualidade de rochas utilizadas em fachadas e funções estruturais.

Todas as medidas obtidas para uma mesma peça deverão ser consideradas, de maneira que a peça seja aceita quando no mínimo 75% das medidas realizadas indiquem um valor calculado para o parâmetro mecânico igual ou maior ao obtido em condições de ensaio. Da mesma forma a peça deverá

ser rejeitada quando menos de 75% das medidas realizadas indiquem valor superior ao ensaiado.

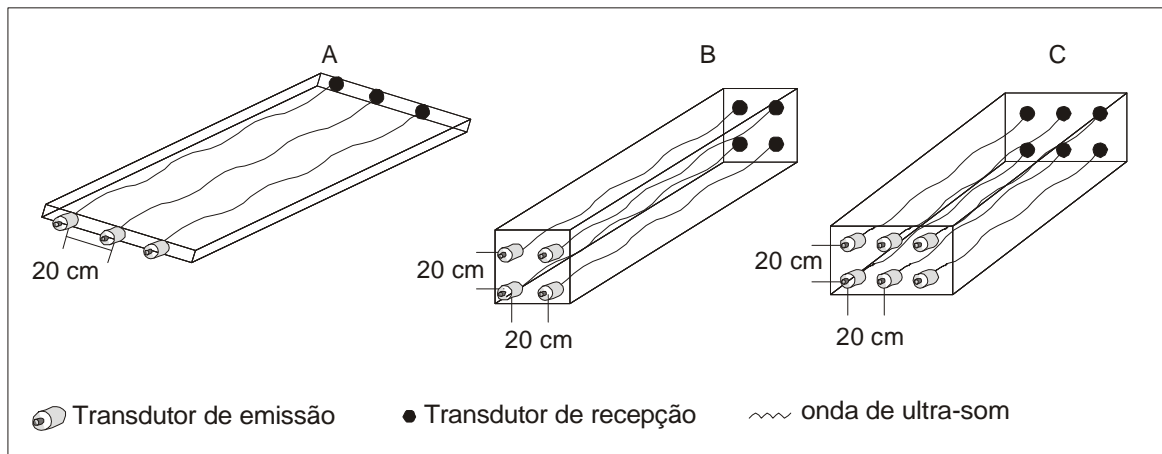


Figura 4: Esquema hipotético para a realização de medidas de ultra-som em peças de rocha em forma de placa (A) e colunas de seção quadrada (B) e retangular (C).

Para as situações em que as características petrográficas do material selecionado para a obra não apresente semelhança com as rochas utilizadas neste trabalho, faz-se necessário maior detalhe na etapa de caracterização laboratorial para que se obtenha um volume suficiente de dados para a geração de equações específicas para o tipo rochoso selecionado. Dessa forma, para que se obtenha dados mecânicos e de ultra-som representativos, recomenda-se a utilização de no mínimo 20 corpos-de-prova, sendo preferencial que se utilize 30, ao invés de um mínimo de 5, como prescrito pelas normas.

Os dados assim coligidos serão submetidos à análise de regressão linear, como aqui apresentados, visando a obtenção da equação que descreve as relações entre a velocidade de ultra-som e o parâmetro mecânico desejado especificamente para essa rocha. Isto feito, procede-se a fase final do controle de qualidade no canteiro de obras como acima descrito.

Salienta-se que um material descartado para a aplicação em fachada ou em funções estruturais, não necessariamente deva ser destinado ao rejeito da obra, uma vez que pode ser direcionado para aplicações alternativas onde as propriedades mecânicas não sejam tão exigidas, evitando o desperdício.

Há de se considerar que os valores utilizados para geração das equações aqui propostas foram obtidos em corpos-de-prova secos em estufa, uma condição que dificilmente se produz nos canteiros de obra ou quando da utilização da rocha. Acrescenta-se que a velocidade de ultra-som em rochas saturadas em água apresenta um pequeno intervalo de variação (Weiss, *et al.*, 2002), dificultando a correlação com os parâmetros mecânicos. Portanto é de grande importância a realização de trabalhos envolvendo parâmetros mecânicos de rochas secas e saturadas em água e propagação de ondas de ultra-som longitudinais. A realização de estudos com ondas transversais, freqüentemente chamadas de S,

podem contribuir para o detalhamento dessas relações.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O volume de dados e as discussões apresentadas, permitem considerar que determinações de velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais em materiais rochosos podem ser utilizadas para a previsão dos parâmetros mecânicos, tais com módulo de ruptura e resistência à compressão uniaxial, através de equações relacionando essas grandezas. Constatou-se também que as equações matemáticas propostas mostram-se relativamente eficientes para a previsão dos ensaios considerados, embora testes específicos com outras rochas sejam recomendados.

Em vista da carência de procedimentos para o controle de qualidade da rocha, sob o ponto de vista mecânico, sugere-se a aplicação dessas equações, posto que baseia-se em uma metodologia rápida e de fácil aplicação.

Como trabalhos futuros sugere-se ainda a realização de estudos com ondas de ultra-som transversais e amostras saturadas em água. Outro aspecto merecedor de detalhamento é a influência de minerais máficos e metálicos na propagação de ondas ultra-sônicas.

Agradecimentos

Os autores registram agradecimentos ao técnico Adilson José Rossini pelo apoio na realização dos ensaios e à FAPESP (processos nº 00/00762-8 e 01/02681-8).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992a. Rochas para Revestimento -

- Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2 p. (norma ABNT-NBR 12767).
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas 1992b. Rochas para Revestimento - Determinação da resistência à flexão. 3 p. (norma ABNT-NBR 12763).
- Artur, A.C.; Meyer, A.P.; Wernick, E. 2001. Características tecnológicas de granitos ornamentais: a influência da mineralogia, textura e estrutura da rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. 2001, Salvador, Bahia. p:13-19.
- ASTM - American Society for Testing and Materials 1990. Standard Test Method for Laboratory: Determination of Pulse Ultrasonic Elastic Constants of Rocks. 5p. (standard D-2845).
- ASTM - American Society for Testing and Materials. 1992. Standard especificação for granite dimension stone. 2p. (standart ASTM C 615). Philadelphia, USA.
- Flain, E.P. 1997. Recomendações para revestimento de fachadas de rochas ornamentais. Rochas de Qualidade. EMC-Editores Associados Ltda., 1997. nº132. p: 76-92.
- Frazão, E.B. & Farjallat, J.E.S. 1996. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8. 1996. ABGE. V1. p: 369-380.
- Köhler, W. 1991. Untersuchen zu Verwitterungsvorgänge an Carrara-Marmor in Potsdam-Sanssouci. Berichte zu Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland, Steinschäden-Steinkonservierung, 2: 50-53; Hannover.
- Lama, R.D. & Vutukuri, V.S. 1978. Handbook on mechanical properties of rocks - Testing Techniques and Results. Clausthal, Germany. Vol 2. 481p.
- Meyer, A.P. 2003. A influência da petrografia no comportamento tecnológico de rochas ornamentais do Complexo Socorro (SP) e Maciço Pedra Branca (MG). Dissertação de Mestrado apresentada junto ao IGCE/UNESP (aguardando defesa).
- Meyer, A.P.; Artur, A.C.; Navarro, F.C. 2003. Principais fatores petrográficos condicionantes da resistência ao ataque químico em rochas de revestimento. IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Neste volume.
- Navarro, F.C. 2002a. Velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas como ferramenta para a previsão de parâmetros mecânicos em granitos ornamentais. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, PE. p:10-19.
- Navarro, F.C. 2002b. Caracterização Petrográfica como técnica para a previsão do comportamento físico e mecânico de "granitos" ornamentais. Dissertação de Mestrado IGCE/UNESP, Rio Claro, SP. 88p.
- Ruedrich, J.; Siegesmund, S.; & Richter, D. 2001a. Marble columns and their state of weathering: structural evidence and ultrasonic tomography. Z. dt. Geol. Ges. 152 (2-4) p: 665-680; Stuttgart.
- Ruedrich, J.; Weiss, T. & Siegesmund, S. 2001b. Deterioration characteristics of marbles from the Marmopalais Potsdam (Germany): a compilation. Z. dt. Geol. Ges. 152 (2-4) p: 637-663; Stuttgart.
- Rzhevsky, V. e Novik, G. 1971. The Physics of Rocks. Moscow, MIR Publishers, 320p.
- Tugrul A. and Zarif, I.H. 1999. Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. Engineering Geology 51:303-307.
- Torquato, J.R.; Bessa, M. de F.; Fernandes, H.M. 2002. Uso do Pundit na determinação de anomalias ultra-sônicas em blocos rochosos. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, PE. p: 20-23.
- Weiss, T. 1998. Gefügeanisotropie und ihre Auswirkung auf das seismische Erscheinungsbild: Fallbeispiele aus der Lithosphäre Süddeutschlands. Geotektonische Forschungen, 91. Stuttgart. 156p.
- Weiss, T.; Siegesmund, S.; Rasolofosaon, P.N.J. 2000. The relationship between deterioration, fabric, velocity and porosity constraint. 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Venice, 2000. p:215-223.
- Weiss, T.; Rasolofosaon, P.N.J. & Siegesmund, S. 2001 Thermal microcracking in Carrara marble. Z. dt. Geol. Ges. 152 (2-4) p: 621-636; Stuttgart.
- Weiss, T.; Rasolofosaon, P.N.J. & Siegesmund, S. 2002. Ultrasonic wave velocities as a diagnostic tool for the quality assessment of marble. In: Siegesmund, S.; Vollbrecht, A. & Weiss, T. 2002. Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies. Geological Society, London, Special Publication, 205, 141-156.

PRINCIPAIS FATORES PETROGRÁFICOS CONDICIONANTES DA RESISTÊNCIA AO ATAQUE QUÍMICO EM ROCHAS DE REVESTIMENTO

Ana Paula Meyer^{1*}, Antonio Carlos Artur^{2*} e Fabiano Cabañas Navarro^{3*}

¹ Geóloga Mestranda do Curso de Pós-Graduação IGCE/UNESP

² Geólogo Prof. Dr. do Departamento de Petrologia e Metalogenia IGCE/UNESP

³ Geólogo Doutorando do Curso de Pós-Graduação IGCE/UNESP

*IGCE/UNESP – Av. 24 A, 1515, Bela Vista, CEP 13506-900 – Rio Claro – SP

Fone: (19)526-2824 / Fax: (19) 524-9644 –

E-mail: anapmeyer@yahoo.com.br; acartur@rc.unesp.br; navarrofc@bol.com.br

RESUMO

As rochas ornamentais e de revestimento estão sujeitas, nas suas mais variadas formas de utilizações em obras civis, a diversas solicitações de natureza física, mecânica, biológica e química. Dentre elas destaca-se a ação de compostos químicos atuantes em revestimentos externos, sujeitos a ação dos agentes atmosféricos e da poluição ambiental, e em ambientes internos mais agressivos, como em pisos e pias em banheiros e cozinhas, os quais estão em contato freqüente com água, exigem limpeza constante, além da ação dos diferentes produtos manipulados inerentes a cada um dos referidos ambientes. A ação desses compostos poderá traduzir-se em alterações das características físico-químicas das rochas, resultando em modificações minerais irreversíveis que afetam drasticamente a estética das rochas.

No presente trabalho foram testados dez tipos de rochas silicáticas produzidas nos estados de São Paulo e Minas Gerais, compreendendo granitos, monzonitos e sienitos, os quais foram submetidos, segundo as diretrizes estabelecidas pela norma de resistência ao ataque químico em placas cerâmicas esmaltadas (NBR 13818-Anexo H, 1997), ao ataque químico das substâncias químicas: cloreto de amônia, hipoclorito de sódio, ácido cítrico, hidróxido de potássio e ácido clorídrico.

Os resultados demonstraram que os granitos resistem melhor ao ataque dos agentes agressivos, apresentando classe de resistência baixa apenas em relação ao ácido clorídrico. Atribui-se a alta resistência desses materiais aos seus elevados teores de quartzo e feldspato potássico e a baixa porcentagem de biotita.

Os sienitos resistiram bem ao ataque do cloreto de amônia e hipoclorito de sódio, apresentando resistência baixa em relação ao ácido cítrico e clorídrico com evidentes perdas de brilho e intensa descoloração dos minerais máficos, sobretudo da egerina-augita, além da dissolução completa da apatita desenvolvendo cavidades milimétricas nas superfícies polidas.

Os monzonitos, apesar do bom entrelaçamento mineral e baixo microfissuramento, apresentaram razoável perda de brilho mesmo sob ataque do cloreto de amônia e hipoclorito de sódio, com intensa corrosão pelo ataque dos ácidos e alterações de cor com hidróxido de potássio. A baixa resistência dessas rochas é reflexo dos elevados teores de minerais máficos, ausência de quartzo e

maiores quantidades de plagioclásio em detrimento ao feldspato potássico.

INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais constituem materiais naturais próprios e de beleza única. Assim, cada material apresenta um aspecto estético distinto, reflexo das características petrográficas, tais como textura (tamanho dos grãos minerais), estrutura (disposição dos minerais) e composição mineralógica que indica a coloração da rocha.

Através do conhecimento das características petrográficas pode-se entender a origem e evolução das rochas (Rodrigues et al. 1996) e também é possível prever o comportamento físico-mecânico e químico quando empregadas em obras de engenharia (Navarro e Artur 2002), pois as características petrográficas determinam o comportamento tecnológico das rochas (Aires Barros 1991; Navarro, 2002). Por serem materiais naturais, é de extrema importância o estudo das feições petrográficas das rochas ornamentais, cujo desempenho tecnológico, diferentemente dos revestimentos cerâmicos, não pode ser controlado durante o processo, fazendo com que o produto final tenha características pré-determinadas.

Os materiais rochosos possuem comportamento tecnológico determinado por características intrínsecas e específicas a cada tipo rochoso, cabendo ao homem entender essas características com o objetivo de aproveitar da melhor forma possível um bem não renovável, direcionando o uso da rocha não apenas em função da estética, mas também em função de suas características petrográficas e, portanto tecnológicas (funcionais), a fim de evitar desconfortos, desperdícios, buscando sempre a melhor relação custo benefício.

A utilização dos materiais rochosos para fins ornamentais e de revestimento sem critérios definidos poderá acarretar defeitos dos mais diversos tipos, como a perda de brilho, manchamentos, desintegração de minerais, alterações de cor, diminuição da resistência mecânica, entre outros fatores.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta os resultados do comportamento de dez diferentes tipos de rochas ornamentais polidas, representadas por rochas de composições graníticas, monzoníticas e sieníticas, perante aos efeitos de ataques de substâncias químicas agressivas

diversas. Os resultados obtidos são discutidos em função das características petrográficas (aspectos composicionais, estruturais e texturais) das rochas estudadas, visando o entendimento do comportamento destes materiais frente às solicitações impostas pelos usos em ambientes quimicamente agressivos.

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dez diferentes tipos de rochas ornamentais polidas e tradicionalmente empregadas como materiais de revestimento, sendo três granitos, três monzonitos e quatro sienitos. Os granitos referem-se às variedades comerciais Vermelho Bragança, Azul Fantástico e Rosa Salmão e os monzonitos aos tipos Preto Piracaia e Preto Bragança, todos oriundos do Complexo Granitóide Socorro e explorados nas regiões de Bragança Paulista e Piracaia, no estado de São Paulo. Os sienitos provêm do Complexo Alcalino Pedra Branca, região de Caldas, no sul de Minas Gerais, e correspondem ao tipo Marrom Caldas e a três variedades de Marrom Café.

Após a caracterização petrográfica as rochas foram submetidas aos testes de alterabilidade segundo as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 13818 - anexo H (ABNT, 1997), utilizada para testes em placas cerâmicas esmaltadas. Para a realização dos ensaios foram aplicadas nas superfícies polidas das rochas substâncias químicas em determinadas concentrações que simulam em velocidade acelerada os efeitos de alguns agentes agressivos utilizados no cotidiano, tais como produtos de limpeza, alimentos, sucos e temperos, conforme sumarizado no Quadro 1.

Por se tratar de materiais naturais, as rochas ornamentais e de revestimento quando expostas a tais situações agressivas, respondem diferentemente dos materiais cerâmicos. Neste sentido, o procedimento adotado no presente trabalho para a avaliação da resistência ao ataque químico oferecido pelas rochas ornamentais sofreu algumas modificações em relação ao método tradicional aplicado para materiais cerâmicos. As modificações

se referem basicamente a avaliação das alterações ocorridas pelos efeitos dos agentes químicos na superfície da rocha. Assim, foram utilizados cinco corpos-de-prova (placas polidas) quadrados com 7cm de lado para cada tipo de rocha, correspondendo à área de ataque a aproximadamente 2/3 da área total da placa.

O ensaio se inicia com a medida do lustro de cada uma das placas em pelo menos três pontos da área a ser atacada. Em seguida as placas são submetidas aos agentes agressivos, cujas concentrações e tempos de exposição encontram-se listados no Quadro 1.

Quadro 1: Reagentes utilizados no ensaio de alterabilidade.

Reagentes	Concentração	Tempo de contato	Substâncias que podem conter os reagentes testados
Cloreto de Amônia (NH ₄ Cl)	100g/l	24h	Detergentes e sabões
Hipoclorito de Sódio (NaClO)	20mg/l	24h	Produtos de tratamento de água de piscina, água sanitária e produtos antimofa
Ácido Cítrico (C ₆ H ₈ O ₇)	100g/l	24h	Sucos de frutas, vinagre e refrigerantes
Ácido Clorídrico (HCl)	3%v/v	96h	Ácido muriático
Hidróxido de Potássio (KOH)	100g/L	96h	Sabão mole

Decorrido o período de exposição necessário a cada reagente, a rocha é lavada somente com água corrente, secada naturalmente e logo depois submetida à avaliação visual sob luz branca e nova medida do lustro (três medidas por placa na região atacada). Baseado nesses dados classifica-se a resistência química da rocha segundo os critérios apresentados na Figura 1, definidos pelos autores especificamente para este trabalho com base nas feições observadas nas diferentes rochas testadas.

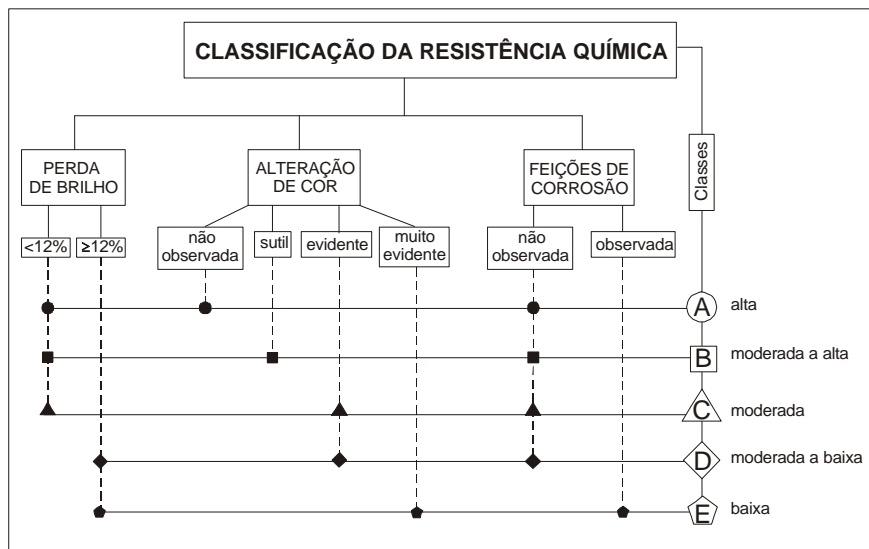


Figura 1: Critérios utilizados para a classificação da resistência ao ataque químico dos materiais estudados.

Todos os procedimentos descritos acima foram realizados nas instalações do Laboratório de Rochas Ornamentais do DPM/IGCE/UNESP.

Caracterização Petrográfica dos Materiais Estudados

Os dez tipos de rochas ornamentais acima referidos, e agrupados segundo os conjuntos dos granitos, dos monzonitos e dos sienitos, foram caracterizados sob os aspectos mineralógicos, texturais e estruturais. Os Quadros 2 e 3 oferecem uma síntese das principais feições petrográficas das rochas estudadas.

Conjuntos dos Granitos

Azul Fantástico

Corresponde a um biotita monzogranito megaporfírico serial gnaissificado, de coloração rósea azulada, com matriz inequigranular média a grossa. Os minerais constituintes são: quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, titanita, apatita, epidoto e opacos (Quadro 2).

A textura megaporfírica é devida a presença de megacristais de microclínio de cor rósea, os quais constituem cerca de 20% do volume da rocha. Os megacristais apresentam formas retangulares a ovaladas, irregulares e mesmo laminados, com tamanhos variando de 0,5 x 2,0 cm até 2,0 x 6,0 cm, imersos em uma matriz com dimensões oscilando entre 2 e 8 mm. Sua estrutura grosseiramente gnáissica resulta de protomilonitização mais ou menos intensa, caracterizada por irregular estiramento e achatamento dos grãos de quartzo e feldspatos, associados à moderada isorientação dos megacristais de microclínio e de lamelas de biotita.

O tipo de contato predominante entre os grãos minerais é o côncavo-convexo, representando em média 60% dos contatos presentes na rocha, ocorrendo também o tipo plano (~13%), restritos às porções de concentração de lamelas de biotita, e o serrilhado (~26%) presente nos agregados de quartzo.

O microfissuramento é baixo a moderado, com 0,12 a 0,056 microfissuras/mm², ocorrendo tanto sob a forma intergranular (~67%) quanto intragrãos (~33%), preenchidas por sericita, epidoto e carbonatos, raramente intercomunicadas.

Vermelho Bragança

Monzogranito de textura porfírica com matriz média a fina e estrutura isotrópica, pouco deformado, de coloração vermelha. Os componentes minerais são: quartzo, plagioclásio, microclínio e os acessórios biotita, opacos, titanita e apatita (Quadro 2).

Os megacristais estão representados por microclínio e por quartzo, sendo que os primeiros perfazem cerca de 10% do volume da rocha e os segundos ao redor de 3%. Os megacristais de microclínio apresentam coloração vermelha ou rósea e apresentam formas retangulares, quadradas ou

irregulares com dimensões entre 1 e 2 cm e mais raramente pouco superiores a 3 cm. Os megacristais de quartzo apresentam dimensões menores, do tipo serial, que atingem na média 0,5 a 1,0 cm. Suas formas variam de ovaladas a irregulares, normalmente de cor escura a fumê raramente transparente. Microscopicamente exibem bordas intensamente microgranuladas, parcial ou totalmente recristalizadas, que envolvem o núcleo melhor preservado.

Ao microscópio a transformação mineral é considerada como incipiente, porém com ressalvas para os cristais de plagioclásio que se mostram moderadamente saussuritizados. Também cabe destaque para uma profusa disseminação de argilo-minerais coloridos por óxidos e hidróxidos de ferro, que leva a uma pigmentação dos cristais de feldspatos, tanto nos seus interiores quanto se infiltrando ao longo das microfissuras dos demais minerais.

O contato entre os grãos minerais é predominantemente côncavo-convexo, representando 45% dos contatos presentes na rocha, e serrilhado (cerca de 40%), sendo estes últimos praticamente restritos às porções enriquecidas em quartzo. Em menor escala aparece também os tipos planos, limitados aos contatos entre os cristais maiores de microclínio e plagioclásio ou nas bordas microgranuladas dos megacristais de quartzo.

O microfissuramento é moderado, entre 0,15 a 0,19 microfissuras/mm², identificado principalmente nos cristais de microclínio e plagioclásio. Caracterizam-se por fraturas não preenchidas e razoavelmente bem desenvolvidas, na maior parte intragranulares (79 %).

Rosa Salmão

Biotita monzogranito megaporfírico com matriz de granulação média a grossa, grosseiramente gnaissificado, de coloração rósea amarronzada. A foliação gnáissica é definida pelo estiramento e achatamento dos minerais da matriz e realçada pelos megacristais de feldspato que assumem formas ovaladas a ligeiramente sigmoidais e predominantemente isorientados. Os megacristais estão representados pelo microclínio, com dimensões variando de 0,5 x 1,5 cm a 1,5 x 4,0cm, com predominância entre 0,7 x 2,0 cm, e perfazem cerca de 25% do volume da rocha. A matriz, com granulação média entre 2,0 e 5,0 mm, é composta quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, titanita, zircão e opacos (Quadro 2).

A transformação mineral é incipiente, preferencialmente associada aos cristais de plagioclásio, e representada por pequenos agregados de argilo-minerais de aspecto pulverulento, carbonatos e principalmente sericita e muscovita.

O contato mineral é predominantemente do tipo côncavo-convexo, bem engrenado, perfazendo 98% dos contatos minerais presentes, e em grande parte resultante de microgranulações minerais acompanhadas de parcial a total recristalização. Nas porções mais

enriquecidas em biotita prevalecem os contatos planares.

O microfissuramento é moderado, com uma média de 0,11 microfissuras/mm², normalmente bem desenvolvidas, sendo 26% do tipo intergrão e cerca de 73% As últimas são freqüentes nos megacristais de microclínio, desenvolvidas na direção perpendicular ao maior eixo do mineral, e normalmente preenchidas por biotita, visíveis mesmo a olho nu.

Conjunto dos Monzonitos

Preto Piracaia médio/fino

Corresponde a um monzonito inequigranular médio a fino, de aspecto geral microporfírico, de coloração cinza escura marcado por traços róseo-esbranquiçados devido a presença de pequenas ripas de plagioclásio caoticamente distribuídas pela rocha. A estrutura é discretamente foliada, sendo que microscopicamente exhibe certo padrão amendoado. Os constituintes minerais são: quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, hornblenda, titanita, apatita, epidoto e opacos (Quadro 2).

A textura da rocha é bastante homogênea, com granulação média oscilando entre 0,3 e 4,0 mm, predominando a faixa de 0,5 a 0,7 mm, podendo, entretanto, ocorrer cristais ripiformes de plagioclásio com dimensões de cerca de 0,3 x 10,0 mm.

A transformação mineral processa-se de maneira incipiente a moderada, destacando-se a formação de carbonatos como resultado da alteração do plagioclásio. Em menores proporções aparece a sericita substituindo o plagioclásio e microclínio.

Os minerais mostram bom entrelaçamento interno, prevalecendo o tipo côncavo-convexo, representando 97 % dos contatos minerais presentes na rocha, e raros contatos do tipo plano, evidenciado pelas lamelas subédricas de biotita.

O microfissuramento é baixo, na média ao redor de 0,07 microfissuras/mm², caracterizado como fissuras pouco desenvolvidas, predominantemente do tipo intragrão (80%) e restritas aos cristais de plagioclásio e microclínio. As microfissuras mostram-se desprovidas de preenchimento mineral e com baixa comunicabilidade. No geral exibem orientação preferencial, segundo a isorientação dos cristais, atingindo maior intensidade nas porções mais deformadas.

Preto Piracaia fino

A diferença básica entre este tipo e o anterior reside fundamentalmente na sua granulação mais fina, o que reflete numa coloração mais escura exibida por estas rochas. Também apresenta estrutura discretamente foliada destacada pela isorientação das ripas de feldspato e, em nível microscópico, definida pela sutil orientação de lamelas de biotita. Composicionalmente, estes monzonitos mais finos são levemente mais enriquecidos em minerais máficos (Quadro 2).

A textura exibida por este material é equigranular fina, com granulação variando de 0,2 a 2,0 mm. Ocasionalmente ocorrem delgadas ripas de plagioclásio que podem atingir até cerca de 1 cm de extensão. A transformação mineral é incipiente dada principalmente pela saussuritização nos cristais mais desenvolvidos de plagioclásio.

O tipo de contato entre os grãos é predominantemente o côncavo-convexo, com 96 % dos contatos minerais existente na rocha, ocorrendo também o tipo plano em menor intensidade. Os cristais maiores exibem bordas freqüentemente microgranuladas e parcialmente recristalizadas.

O microfissuramento presente é baixo, configurando 0,06 microfissuras/mm², sendo que ao redor 80 % correspondem a fissuras intragrãos, pouco desenvolvidas e normalmente sem preenchimento. Mostram-se isoladas e dispostas de forma mais ou menos orientada.

Preto Bragança

Monzonito microporfírico, com estrutura isotrópica, de coloração cinza escuro, salpicado por pontuações brancas. Composicionalmente é constituído por plagioclásio, microclínio, biotita, hornblenda, pouco quartzo, além dos acessórios titanita, apatita e opacos (Quadro 2).

Os fenocristais são de feldspatos anédricos a subédricos, ocorrendo como cristais individuais ou em agregados com formas arredondadas de dimensões que atingem cerca de 7,0 mm, distribuídos aleatoriamente na matriz fina. A granulação da matriz varia de 0,2 até 0,7 mm, predominando 0,5 mm. Os feldspatos apresentam dimensões que gradam desde a granulação da matriz até a dos microfenocristais.

A alteração mineral é incipiente, e aparece com maior freqüência nos cristais de plagioclásio, originando argilo-minerais, carbonatos e sericita, salpicados por todo o cristal. Pequenas palhetas de biotita também aparecem preenchendo planos de clivagem do plagioclásio.

O tipo de contato que prevalece entre os cristais é o côncavo-convexo, compreendendo cerca de 95 % dos contatos minerais presentes na rocha. No mais corresponde ao tipo plano, restrito aos contatos entre os cristais de biotita e microclínio.

O microfissuramento é baixo, cerca de 0,05 microfissuras/mm², representado por discretas fissuras intergrãos nos agregados de microclínio e quartzo. São abertas e não apresentam conexão entre si.

Conjunto dos Sienitos

Marrom Café grosso

Egerina augita-ortoclásio sienito marrom escuro, inequigranular com granulação grossa, e caracterizado por marcante estrutura de fluxo plástico. A granulação varia de 0,3 mm até 30 mm, predominando de 7 a 15 mm. O feldspato potássico, essencialmente ortoclásio, constitui cerca de 70% da

rocha e é responsável pela granulação grossa. Os minerais máficos estão representados principalmente por piroxênios e biotita, além de titanita, opacos e apatita (Quadro 3). O piroxênio representado por uma variedade de egerina-augita, apresenta coloração verde musgo que se destaca macroscopicamente em meio à massa feldspática da rocha. A apatita é um acessório bastante comum, apresenta hábito prismático e atinge dimensões que podem ultrapassar a casa dos 3,0 mm, sendo que os cristais maiores encontram-se bastante fraturados.

A estrutura fluidal é definida pela intensa isorientação e justaposição de cristais tabulares de feldspato potássico, contendo freqüentes intercalações lineares descontínuas constituídas por minerais máficos. A presença da estrutura fluidal possibilita a obtenção de placas esteticamente distintas, sendo uma de padrão amendoado, obtida em placas com superfícies paralelas à foliação, e outra do tipo laminada, resultante de placas com superfícies de corte normal ao estiramento mineral.

Os contatos minerais se restringem aos tipos planos e côncavo-convexos, com variações nas proporções entre os mesmos em função da posição dos planos observados. Planos perpendiculares à foliação da rocha exibem uma maior ocorrência dos contatos do tipo plano, equivalente a 65 % dos contatos minerais, devido ao paralelismo das faces tabulares dos cristais de feldspato potássico, os quais apresentam nítida disposição por justaposição. Já, em cortes paralelos à foliação predominam contatos minerais do tipo côncavo-convexo, perfazendo 70% dos contatos observados.

O microfissuramento é alto, na média de 0,4 microfissuras/mm², sendo 90 % delas de caráter intragrão, preenchidas por sericita e óxidos e hidróxidos de ferro, distribuídas perpendicularmente ao maior alongamento dos cristais de feldspato potássico. As microfissuras do tipo intergrão são pouco freqüentes, porém de caráter mais expressivo e normalmente encontrando-se soldadas por material sericítico.

A alteração mineral é incipiente a moderada e mais efetiva nos cristais de piroxênio, os quais encontram-se intensamente fraturados e com bordas substituídas por carbonatos e anfibólio. O feldspato potássico mostra alteração incipiente e a biotita encontra-se praticamente intacta.

Marrom Café grosso/médio

Sob a mesma denominação comercial, difere do material anterior pela granulação média e tonalidade marrom avermelhada. Apresenta evidente estrutura fluidal, caracterizada pela justaposição dos cristais tabulares alongados de feldspato potássico. A presença de tal estrutura possibilita, à semelhança da variedade comercial anterior, a obtenção de placas esteticamente distintas, segundo cortes paralelos e normais à foliação da rocha (Quadro 3).

A granulação oscila de 0,2 a 15 mm, e na média ao redor de 5 a 10 mm. O feldspato potássico, representado pelo ortoclásio, é predominante e responsável pela granulação média. Os minerais

escuras ocorrem de maneira intersticial entre os cristais de feldspato, principalmente o piroxênio sob forma de pequenos prismas alongados de cor verde escura, com dimensões máximas ao redor de 6 mm, bem como a apatita, com coloração verde clara típica, e a biotita.

Os contatos entre os minerais são dos tipos plano e côncavo-convexo, sendo a maior ou menor predominância de ambos determinada pela posição do plano de corte observado, o que reflete a justaposição de cristais tabulares de feldspato potássico. O tipo côncavo-convexo perfaz cerca de 50% no plano paralelo à foliação, sendo que no plano perpendicular à foliação da rocha os contatos planos são dominantes, superando os 65%.

O microfissuramento é alto, na média 0,5 microfissuras/mm², essencialmente do tipo intragrão, representando cerca de 90% das fissuras observadas. O ortoclásio caracteriza-se por cerrado sistema de microfissuramento ortogonal ao seu maior estiramento, com microfissuras tanto abertas quanto preenchidas por sericita, argilo-minerais e por óxidos e hidróxidos de ferro.

A alteração mineral varia de incipiente a moderada, associada ao piroxênio e ao ortoclásio, e representada por argilo-minerais e óxidos e hidróxidos de ferro, tanto profusamente disseminados pelos cristais quanto concentrado no centro e preferencialmente desenvolvidas nos planos de clivagem mineral, sob aspectos de inúmeras ranhuras lineares e isoparalelas.

Marrom Café médio

Considerada como variedade típica da rocha ornamental Marrom Café explorada na região, caracteriza-se por apresentar agregados de minerais máficos homogeneamente distribuídos na massa feldspática de coloração marrom acastanhada que, segundo os mineradores, se assemelham a grãos de café dispostos sobre a superfície polida da rocha.

Corresponde a um egerina augita-ortoclásio sienito que difere dos dois tipos anteriores, por apresentar granulação pouco mais reduzida, aspecto textural mais homogêneo, e coloração marrom escuro com leve tonalidade acastanhada. Apresenta, igualmente, estrutura fluidal marcante definida pela justaposição de cristais tabulares de feldspato potássico justapostos, cujos planos contêm intercalações lineares e descontínuas constituídas por agregados de minerais máficos. Como os demais tipos anteriormente descritos, este também possui dois sentidos de corte de placas.

Mineralogicamente é constituído essencialmente por ortoclásio (cerca de 80% do volume da rocha), sob forma de cristais retangulares a tabulares, egerina augita (cerca de 10%) e biotita (aproximadamente 4%), destacando-se entre os acessórios a apatita, titanita e opacos (Quadro 3). A granulação varia entre 0,3 e 15 mm, segundo o maior alongamento mineral, com predominância entre 4 e 7 mm. Os minerais escuros distribuem-se intersticialmente entre os cristais de feldspato, com dimensões médias normalmente inferiores a 2 mm,

ora alinhados segundo a direção de fluxo ora sob a forma de agregados irregulares.

Tanto no corte normal à foliação de fluxo quanto no corte paralelo, os contatos tipo plano e côncavo-convexo somam cerca de 90%, com leve predomínio do último. Este tipo ocorre devido as freqüentes recristalizações do ortoclásio.

O microfissuramento é alto, na média ao redor de 0,3 microfissuras/mm², com 92,5 % correspondendo ao tipo intragrão e normalmente preenchidos por sericita, epidoto e carbonatos. O sistema predominante de microfissuramento, à semelhança das duas variedades anteriores, desenvolve-se sobre os cristais de ortoclásio e com nítida disposição ortogonal ao estiramento mineral.

A alteração mineral é incipiente a moderada, representada por agregados de argilo-minerais, óxidos e hidróxidos de Fe e carbonatos concentrados nas bordas e ao longo dos planos de clivagens do feldspato potássico. A biotita aparece tanto nos planos de clivagens dos cristais de piroxênios, quanto associadas a carbonatos e cummingtonita nas bordas ou nas proximidades do piroxênio.

Marrom Caldas

Também denominado no mercado internacional de Califórnia Brown, apresenta coloração rosa amarronzada, salpicada por pontuações escuras de minerais máficos. Petrograficamente corresponde a um egerina augita-ortoclásio sienito com quartzo, com textura equigranular média fina, discretamente foliado. A granulação oscila entre 0,3 e 10 mm, predominantemente entre 3 e 5 mm, sendo que o feldspato potássico constitui os cristais com as maiores dimensões. Mineralogicamente difere dos sienitos anteriores por apresentar menores teores de piroxênio, e por conter cerca de 12 a 13% de hornblenda, 2 a 3% de plagioclásio (oligoclásio) e ao redor de 3% de quartzo (Quadro 3).

A foliação de fluxo é pouco evidente e definida principalmente por discreta isorientação dos cristais tabulares de feldspato potássico e, em parte, também pelos minerais máficos que se dispõem concordante à estruturação geral da rocha.

Quadro 2: Síntese dos dados petrográficos dos granitos e monzonitos ornamentais ensaiados e provenientes do Complexo Granítico Socorro (SP/MG).

Mineralogia (%)		Azul Fantástico		Vermelho Bragança		Rosa Salmão		Preto Piracaia Médio/fino		Preto Piracaia fino		Preto Bragança	
Quartzo (totais/megacristas)		22,2		26,5/3,2		23,1		2,0		0,8		0,7	
Plagioclásio		29,9		29,0		32,4		33,1		34,3		30,0	
Microclínio(tot./megacristais)		31,1/19,1		39,0/9,4		34,0/24		28,6		24,9		24,0	
Biotita		15,3		5,3		9,3		23,6		26,4		26,6	
Hornblenda		----		----		----		5,2		7,1		11,2	
Granada		----		----		----		----		----		----	
Titanita		0,2		----		Tr		2,8		2,5		2,2	
Apatita		0,2		Tr		0,2		1,0		0,8		2,6	
Epidoto		0,5		Tr		----		2,1		1,6		2,3	
Opacos		0,6		0,2		1,0		1,6		1,6		0,3	
Zircão		Tr		Tr		Tr		Tr		Tr		Tr	
Muscovita		----		----		----		----		----		----	
Carbonato		Tr		----		Tr		Tr		Tr		0,1	
Sericita/clorita		Tr/----		Tr/----		Tr/----		Tr/Tr		Tr/Tr		Tr/---	
Granulação (mm)	Varição	----		----		----		0,3 a 4,0		0,2 a 2,0		----	
	Predominância	----		----		----		0,5 a 0,7		0,3 a 0,5		----	
	Matriz	2,0 a 8,0		0,5 a 3,0		0,3 a 5,0		----		----		0,2 a 0,7	
	Fenocristal	20 a 50		10 a 30		15 a 40		----		----		0,9 a 1,3	
Classificação (QAP)		Biotita Monzogranito Megaporfíritico		Monzogranito Porfóritico		Monzogranito Megaporfíritico		Monzonito Médio/fino		Monzonito Fino		Monzonito Microporfíritico	
Estrutura		Gnaissificada		Isótropa		Gnaissificada		Moderadamente foliada		Discretamente foliado		Isótropa	
Textura		Megaporfíritica serial		Pofíritica serial		Megaporfíritica		Inequigranular		Equigranular		Microporfíritica	
Índice de minerais escuros		18,3		5,3		10,5		34,8		39,7		41,6	
Microfissuras	Total (mm ²)	0,12	0,056	0,19	0,15	0,12	0,08	0,06	0,08	0,056	0,07	0,05	0,05
	Intragrão (%)	58,9	75,0	90,0	66,7	64,3	82,8	87,5	80,0	75,0	85,0	0,0	0,0
	Intergrão (%)	41,1	25,0	10,0	33,3	35,7	17,2	12,5	20,0	25,0	15,0	100	100
Contato (%)	Côncavo-convexo	57,8	64,0	57,7	33,0	97,7	98,0	97,0	97,4	97,0	95,7	94,0	96,6
	Serrilhado	19,1	7,0	35,45	48,0	----	----	----	----	----	----	----	----
	Plano	23,1	29,0	9,0	11,5	2,3	2,0	3,0	2,6	3,0	4,3	6,0	3,4
Transformação mineral		Incipiente a moderada		Moderada		Incipiente		Incipiente a moderada		Incipiente a moderada		Incipiente	

Quadro 3: Síntese dos dados petrográficos dos sienitos ornamentais estudados e provenientes do Maciço Alcalino Pedra Branca. (MG)

Mineralogia %		Marrom Café grosso		Marrom Café grosso/médio		Marrom Café médio		Marrom Caldas	
		Normal à foliação	Paralela à foliação	Normal à foliação	Paralelo à foliação	Normal à foliação	Paralela à foliação	Normal à foliação	Paralela à foliação
Ortoclásio		69,0	71,1	79,3	74,0	81,5	81,0	68,8	69,2
Piroxênio		19,6	17,9	14,3	16,9	11,7	11,0	8,5	6,0
Plagioclásio		----	----	----	----	----	----	2,4	2,3
Biotita		3,6	2,9	1,3	2,5	4,0	3,3	0,7	0,5
Horblenda		----	----	----	----	----	----	12,2	13,0
Titanita		1,5	3,2	1,0	2,0	1,3	1,0	0,7	0,8
Apatita		3,2	2,1	2,2	2,6	2,3	2,0	2,0	3,2
Opacos		2,1	2,3	1,9	2,0	1,9	1,7	1,8	2,0
Quartzo		----	----	----	----	----	----	2,9	3,0
Carbonato		1,0	0,5	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Sericita/Clorita		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	TR
Muscovita		Tr	Tr	Tr	Tr	----	----	---	---
Granulação (mm)	variação	0,3 a 30	0,3 a 30	0,3 a 15	0,3 a 15	0,2 a 15	0,2 a 15	0,2 a 15	0,2 a 10
	Predominância	7 a 15	7 a 15	5 a 10	5 a 10	4 a 7	4 a 7	5	5
Classificação (QAP)		Álcali-feldspato sienito		Álkali-feldspato sienito		Álkali-feldspato sienito		Álkali-feldspato sienito supersaturado	
Estrutura		Marcante foliação de fluxo		Marcante foliação de fluxo		Foliação de fluxo convoluta		Frac foliação de fluxo	
Textura		Inequigranular grossa	Inequigranular grossa	Equigranular Média	Equigranular Média	Inequigranular Média/grossa	Inequigranular Média/grossa	Equigranular Média / fina	Equigranular Média / fina
Índice de minerais escuros		30,0		23,3		18,7		25,7	
Microfissuras	Totais/mm ²	0,43	0,4	0,5	0,56	0,30	0,35	0,27	0,35
	Intragrão %	95,0	84,8	90,0	84,6	90,6	95,0	97,5	88,0
	Intergrão%	5,0	15,2	10,0	15,4	9,4	5,0	2,5	12,0
Contato %	Côncavo/convexo	71,6	35,0	52,2	40,0	96,6	85,6	74,0	64,0
	Plano	28,4	65,0	47,8	60,0	3,3	14,4	31,4	36,0
Transformação mineral		Incipiente a moderada		Incipiente a moderada		Incipiente a moderada		Incipiente	

Nesse litotipo predomina o contato do tipo côncavo-convexo em relação ao tipo plano, independente do plano observado ser paralelo ou perpendicular a foliação. Os primeiros representam na média cerca de 70 % de contatos minerais presentes na rocha.

O microfissuramento é alto, na média de 0,3 microfissuras/mm², contudo bem inferior quando comparado com os sienitos de granulação grossa e grossa/média aqui estudados. As fissuras são pouco desenvolvidas e predominando o tipo intragrão, que perfaz cerca de 90% do total, e encontra-se preenchidas por sericita e carbonatos. Dentre os minerais, os cristais de ortoclásio se caracterizam por um padrão mais regular das microfissuras, predominantemente intragrão, com seus traços dispostos de forma perpendicular ao alongamento do mineral.

A alteração mineral é incipiente, devida principalmente às transformações do feldspato potássico para sericita e argilo-minerais, e mais discretamente nos piroxênios que geram pequenas manchas difusas de biotita e de anfibólio sódico tanto nas bordas dos cristais quanto ao longo dos planos de clivagens.

Apresentação e Discussão dos Resultados de Ataque Químico

O Quadro 4 sintetiza a classificação da resistência ao ataque químico das rochas estudadas segundo os resultados de perda de brilho, alterações de cor e efeitos de corrosão obtidos.

Pela observação do Quadro 4 constata-se que o cloreto de amônia corresponde ao agente químico menos agressivo, seguido de perto pelos compostos hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio, sendo os ácidos cítrico e clorídrico os que mais afetam as superfícies polidas das rochas. Por outro lado, as rochas graníticas são as que apresentam as maiores resistências frente aos agentes agressivos empregados e os conjuntos dos monzonitos e sienitos reagem distintamente à ação das diferentes substâncias.

Os granitos são classificados como de resistência química alta (classe A) com relação aos agentes cloreto de amônia, hipoclorito de sódio e ácido cítrico e hidróxido de potássio, apresentando uma baixa perda de brilho (< 12%) e nenhuma alteração de cor e/ou feições de corrosão. Já com relação ao ácido clorídrico essas rochas apresentaram uma sutil descoloração enquadrando-se na classe de resistência moderada a alta (classe B).

Os monzonitos tiveram resistência alta (classe A) apenas no ataque dos agente cloreto de amônia e apresentaram resistência moderada a alta (classe B) sob ataque do hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio. Por constarem de coloração escura e elevada porcentagem de minerais máficos, essas rochas demonstraram resistência moderada (classe C) ao ataque do ácido cítrico, com perda de brilho > 12% e sutil descoloração. Exceção apenas

para o material Preto Bragança que devido a sua textura microporfirítica com matriz fina a afânica, apresenta baixa absorção d'água (IPT, 2002) e conseqüentemente do reagente, conferindo classe de resistência moderada a alta (classe B). Com relação ao ácido clorídrico a resistência dos monzonitos diminui ainda mais, ocorrendo elevadas perdas de brilho, forte descoloração acompanhada de corrosão, enquadrando-se na classe de resistência química baixa (classe E).

As rochas sieníticas tiveram resistência química alta ao ataque dos agentes cloreto de amônia, hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio. Quanto ao ácido cítrico essas rochas apresentaram perda de brilho variando de 3 a 14%, sendo classificadas como classe C (resistência moderada) a classe D (moderada a baixa), com desbotamento da aegerina-augita e intensa descoloração da apatita, conferindo às superfícies polidas das rochas pontuações esbranquiçadas e aspecto salpicado. Já, em relação ao ácido clorídrico apresentaram resistência baixa (classe E), caracterizadas por elevadas perdas de brilho, descoloração da aegerina-augita e do feldspato potássico, além da dissolução completa da apatita formando cavidades milimétricas na rocha. Contudo, o sienito Marrom Caldas, devido a presença de quartzo, menores teores de piroxênios, coloração mais clara, menor grau de microfissuramento e discretamente foliada, demonstrou alteração de cor menos acentuada e menor perda de brilho.

Quadro 4: Classe de Resistência Química (CRQ) dos granitos, monzonitos e sienitos estudados com base nos dados de porcentagem de perda de brilho, alteração de cor e feições de corrosão. Símbolos: superfície polida paralela à foliação (//) e superfície polida normal à foliação (^), nada observado (n.o.), sutil (s.), muito evidente (m.e.), Observado (ob.).

Rochas		Cloreto de Amônia NH ₄ Cl				Hipoclorito de Sódio NaClO				Ácido Cítrico C ₆ H ₈ O ₇				Ácido Clorídrico HCl				Hidróxido de Potássio KOH				
		Perda de Brilho (%)	Alteração de cor	Feições de Corrosão	CRQ	Perda de Brilho (%)	Alteração de cor	Feições de Corrosão	CRQ	Perda de Brilho (%)	Alteração de cor	Feições de Corrosão	CRQ	Perda de Brilho (%)	Alteração de cor	Feições de Corrosão	CRQ	Perda de Brilho (%)	Alteração de cor	Feições de Corrosão	CRQ	
Granitos	Azul Fantástico	1,4	n.o.	n.o.	A	7	n.o.	n.o.	A	6	n.o.	n.o.	A	13	Ob.	n.o.	C/D	8	n.o.	n.o.	A	
	Vermelho Bragança	2,6	n.o.	n.o.	A	4	n.o.	n.o.	A	1,4	n.o.	n.o.	A	5	n.o.	n.o.	B	4	n.o.	n.o.	A	
	Rosa Salmão	0	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	6	n.o.	n.o.	A	5	n.o.	n.o.	B	4	n.o.	n.o.	A	
Monzonitos	Preto Piracaia médio/fino	7	n.o.	n.o.	A	12	s	n.o.	B	26	s	n.o.	C	46	m.e.	Ob.	E	16	s.	n.o.	B	
	Preto Piracaia fino	3	n.o.	n.o.	A	6	s	n.o.	B	27	s	n.o.	C	32	m.e.	Ob.	E	15	s.	n.o.	B	
	Preto Bragança	0	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	10	s	n.o.	B	22	m.e.	Ob.	E	8	s.	n.o.	B	
Sienitos	Marrom Café grosso	//	0	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	12	e.	n.o.	C/D	45	m.e.	Ob.	E	13	n.o.	n.o.	A
		⊥	1,4	n.o.	n.o.	A	3	n.o.	n.o.	A	3	e.	n.o.	C	36	m.e.	Ob.	E	8	n.o.	n.o.	A
	Marrom Café grosso/médio	//	0	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	6	e.	n.o.	C	43	m.e.	Ob.	E	9	n.o.	n.o.	A
		⊥	0	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	9	e.	n.o.	C	35	m.e.	Ob.	E	3	n.o.	n.o.	A
	Marrom Café médio	//	1,4	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	14	e.	n.o.	C/D	51	m.e.	Ob.	E	14	n.o.	n.o.	A
		⊥	0	n.o.	n.o.	A	1,4	n.o.	n.o.	A	13	e.	n.o.	C/D	45	m.e.	Ob.	E	15	n.o.	n.o.	A
	Marrom Caldas	//	2,6	n.o.	n.o.	A	0	n.o.	n.o.	A	1,4	s.	n.o.	B	32	e.	Ob.	E	4	n.o.	n.o.	A
		⊥	0	n.o.	n.o.	A	1,4	n.o.	n.o.	A	1,4	s.	n.o.	B	14	e.	Ob.	E	4	n.o.	n.o.	A

Fatores Petrográficos que Definem a Resistência da Rocha ao Ataque Químico

A capacidade das rochas resistirem ao ataque de determinados agentes químicos está inteiramente relacionada com suas características intrínsecas, ou seja, função dos seus aspectos composicionais, mineralógicos, texturais e estruturais, conforme abaixo comentados.

A composição mineral é o principal condicionante da resistência das rochas em relação ao ataque de substâncias químicas. Rochas de composição ácida, ou seja, mais de 66% de sílica (SiO₂) na constituição, são as que resistem mais ao ataque químico. Essas rochas são representadas pelo conjunto dos granitos, compostos essencialmente por quartzo e feldspatos. Assim, a medida que uma rocha possua deficiência em sílica, sua composição mineral torna-se mais básica, conseqüentemente constituída por minerais com elevados teores de ferro, cálcio e magnésio, tornando-as mais susceptíveis ao ataque das substâncias químicas, como demonstrado pelos monzonitos e, em alguns aspectos, pelos sienitos ora estudados.

Contudo, determinados minerais mesmo ocorrendo em pequenas quantidades nas rochas (menos que 5%), considerados acessórios, podem reagir com determinadas substâncias e provocar grandes danos às superfícies polidas das rochas. Caso este, constato nas rochas sieníticas testadas, em que o mineral apatita, mesmo ocorrendo em porcentagens que não ultrapassam a casa dos 3%, é o principal mineral responsável pelas marcantes alterações de coloração da rocha e desenvolvimento, por dissolução, de cavidades nas superfícies polidas dos sienitos perante ao ataque do ácido clorídrico.

Com relação aos minerais essenciais, os mais susceptíveis aos ataques químicos, foram a biotita e o piroxênio (egerina-augita). Esses minerais foram atacados pelos ácidos cítrico e clorídrico, apresentando forte descoloração, sobretudo no ataque do ácido clorídrico.

A coloração da rocha é outro fator que colabora para atenuar ou evidenciar as alterações sofridas pelos materiais. As colorações escuras acentuam as alterações cromáticas decorrentes dos ataques químicos como bem evidenciado pelas rochas monzoníticas, de cor cinza escuro, que apresentaram alterações de cor mesmo ao ataque do hipoclorito de sódio e do hidróxido de potássio. Já as rochas de coloração clara, com tons esbranquiçados, rosados e acinzentados, como os granitos analisados, somente apresentaram alterações perceptíveis a visão após o ataque do ácido clorídrico, e mesmo assim de maneira sutil. Destaca-se, entretanto, que mesmo entre os granitos, o Azul Fantástico de coloração cinza azulado foi moderadamente afetado pela alteração de cor perante a ação do ácido clorídrico.

Os aspectos texturais e estruturais das rochas também influenciam no comportamento químico dos materiais. Nas rochas de granulação mais fina e estruturas isotrópicas, o engrenamento

mineral e as descontinuidades físicas são bem mais discretas, o que dificulta a absorção d'água e conseqüentemente de reagentes. Por conseguinte a superfície específica é menor e as reações são reduzidas.

Entre as rochas monzoníticas, o Preto Bragança, por apresentar uma granulação fina e estrutura isotrópica, é o material que apresenta melhor desempenho quando comparado aos materiais Preto Piracaia, os quais apesar da granulação fina são discretamente foliados. E mesmo entre os tipos Preto Piracaia, apesar da sutil diferença de granulação, o mais fino apresenta uma perda de brilho menos acentuada (Quadro 4).

Nas rochas do conjunto sienítico, as quais são mais sensíveis ao ataque dos agentes químicos, as superfícies paralelas à foliação foram as mais afetadas pelas substâncias testadas. Este fato explica-se pelo fato de tais superfícies amendoadas, apresentarem maiores áreas de exposição dos cristais de egerina augita, os quais são mais sensíveis que os cristais de feldspato potássico frente às substâncias agressivas. Já, nas superfícies normais à foliação, os cristais de piroxênio apresentam-se sob a forma de delgadas linhas descontínuas e, portanto, com área de exposição bastante reduzida, o que reflete em menor perda de brilho registrada nessa superfície (Quadro 3). O simples fato da disposição mineral ser diferente nas duas posições testadas é suficiente para que a superfície normal à foliação seja menos atacada, mesmo sendo esta a que contém os planos de foliação e ainda um sistema cerrado de microfissuras ortogonais a elongação dos cristais de feldspato, contudo de caráter intragrão e preenchidas.

CONCLUSÕES

A resistência das rochas diante do ataque das substâncias químicas é reflexo das características texturais, estruturais e, sobretudo, composicionais.

Assim, os granitos por constarem de composição essencialmente quartzo-feldspáticas e de coloração clara, tendem a serem mais resistentes ao ataque dos agentes químicos. Estes materiais podem ser empregados em ambientes que requerem constantes limpezas, como cozinhas, banheiros, bares e lanchonetes. Contudo, a utilização de agentes limpantes, nesses materiais, deve ser feita com cautela, dando preferência para substância menos agressivas, e dessa forma permitindo que a rocha permaneça com suas características originais por mais tempo.

Os monzonitos, rochas de coloração escura e com elevada porcentagem de minerais máficos, apresentam as maiores perdas de brilho e também demonstram alterações cromáticas. Assim deve-se evitar o contato dessas rochas com os reagentes testados, com exceção apenas do cloreto de amônia presente em detergentes. Esse tipo de rocha, deve ser empregada preferencialmente em ambiente seco que não necessite de constantes limpezas.

As rochas ornamentais do conjunto científico apresentaram baixa resistência química ao ataque dos ácidos cítrico e clorídrico, em consequência da presença dos minerais apatita e egerina-augita, ocorrendo além de alterações cromáticas, uma profunda corrosão originando cavidades nas superfícies das amostras testadas. Com relação aos demais reagentes, as rochas apresentaram bom desempenho, porém indica-se esses materiais para ambientes secos com limpezas eventuais através de agentes neutros, evitando assim o uso diário das substâncias agressivas.

Agradecimentos

Agradecemos a Profa. Dra. Maria Margarita Torres Moreno do DPM/IGCE/UNESP-Campus de Rio Claro, pela ajuda prestada na realização dos ensaios, e à FAPESP (processo 01/02681-8) pelo apoio financeiro através do projeto de mestrado da primeira autora o que permitiu a realização do presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS 1997. Determinação da resistência ao ataque químico (NBR 13.818 anexo – H: normativo).
- Aires Barros, L. 1991. Alteração e alterabilidade de rochas. Lisboa. Impresso Nacional Casa da Moeda, 1991.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2000. Catálogo de Rochas Ornamentais do Estado de São Paulo. Coordenado por M.H.B de O. Frascá. São Paulo: SCTDE/. CD-ROM. (publicação, 2651).
- Mesquita, M. P. S. 2002. Composição, estrutura, propriedades tecnológicas e alterabilidade dos granitos ornamentais do stock Morrinho, Santa Quitéria (CE). Tese Doutorado, IGCE/UNESP, Rio Claro-SP. 171p.
- Navarro, F. C. & Artur, A.C. 2002. Caracterização petrográfica como ferramenta para a previsão do comportamento físico e mecânico de granitos ornamentais: uma discussão. Anais III Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife, Pernambuco. p:2-9.
- Navarro, F. C. 2002. Caracterização petrográfica como técnica para a previsão do comportamento físico e mecânico de granitos ornamentais. Dissertação de mestrado IGCEUNESP.88p.
- Rodrigues, E de P; Coutinho, J. M. V. e Chiodi Filho, 1996. Petrografia microscópica: uma previsão do passado; presente e futuro da rocha ornamental. Ver. Rocha de Qualidade. São Paulo n' 127; p.80-84.

ENSAIOS DE ALTERAÇÃO ACELERADA EM ROCHAS PARA REVESTIMENTO – ESTUDOS EXPERIMENTAIS EM ROCHAS GRANÍTICAS

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frasca¹ e Jorge Kazuo Yamamoto²

¹Geóloga, IPT – Instituto de pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
R. Monte Alegre, 1352 – apto 02 – CEP 05.014-002 São Paulo – SP. E-mail: mheloisa@ipt.br
²Geólogo, IGc – Instituto de Geociências / USP – Universidade de São Paulo

RESUMO

Os materiais rochosos usados no revestimento de edificações tendem a se modificar e deteriorar, naturalmente, com o tempo; processo que pode se acelerar em condições climáticas agressivas, ambientes poluídos ou pela utilização de procedimentos construtivos ou de manutenção inadequados.

Dado que os processos de deterioração, ao se instalarem, são praticamente irreversíveis, é de fundamental importância o conhecimento antecipado das possíveis deteriorações em situações de uso.

Os estudos experimentais aqui apresentados e realizados por meio da simulação da ação climática (variações térmicas), da ação de poluentes dispersos na atmosfera e da ação da cristalização de sais (eflorescências), com foco em materiais graníticos, estão, por um lado ao estabelecimento de uma metodologia para ensaios laboratoriais que permitam antecipar as deteriorações do material rochoso em situações de uso e, por outro, agregar a questão da durabilidade aos critérios de escolha dessas rochas, quando utilizadas como revestimento, pela indústria de construção civil.

INTRODUÇÃO

As rochas para revestimento são produtos obtidos do desmonte de materiais rochosos em blocos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas e ladrilhos.

Essas rochas têm seu mais nobre e valorizado uso como elementos ornamentais (arte estatuária, arte funerária, pias, tampos de mesa e outras peças decorativas) e, mais largamente, como material de construção civil, sendo aplicadas como elementos estruturais (colunas e pilares) e, especialmente, nos revestimentos verticais (paredes e fachadas) e horizontais (pisos), de interiores e exteriores de edificações.

As rochas graníticas, pela sua durabilidade e enorme variedade de cores e padrões texturais e estruturais, têm sido as mais utilizadas nos revestimentos de interiores e exteriores, tanto em pisos quanto em paredes e fachadas.

Os materiais rochosos usados no revestimento de edificações tendem a se modificar e deteriorar, naturalmente, com o tempo; processo que pode se acelerar em condições climáticas agressivas,

ambientes poluídos ou pela utilização de procedimentos construtivos ou de manutenção inadequados.

A degradação ou deterioração de rochas (segundo Houaiss; Villar, 2001) são termos utilizados para se referir ao estado alterado para pior, ou seja, danificação, decomposição, estrago do material rochoso.

Os processos de deterioração têm sido empiricamente relacionados à interação das características petrográficas, físicas e mecânicas das rochas com os agentes do meio ambiente e os procedimentos de fixação, limpeza e manutenção. Resultam na alteração da superfície exposta da rocha, seja pela modificação de seu aspecto estético (perda de brilho e manchamentos), seja pela sua danificação ou ainda pela perda de resistência mecânica.

Alterações cromáticas e manchamentos de ladrilhos de rocha são freqüentemente associados às interações com reagentes químicos que compõem produtos de limpeza. Degradações da face exposta da rocha, como inchamento, escamação, despegamento de fragmentos minerais e outros, são muitas vezes decorrentes da formação de eflorescências e subeflorescências, a partir de sais provenientes de argamassas, pelo emprego de procedimentos inadequados de assentamento (Frasca, 2003).

Estudos diagnósticos de deteriorações de rochas para revestimento indicam que a maior parte dos problemas está relacionada ao desconhecimento do usuário sobre as interações da rocha com o ambiente externo, tanto pelas condições criadas pelas inúmeras variáveis impostas pelos sistemas empregados no beneficiamento e na aplicação da rocha, como pela poluição e intervenções antrópicas. Dado que os processos de deterioração, ao se instalarem, são praticamente irreversíveis, é de fundamental importância o conhecimento antecipado das possíveis deteriorações em situações de uso.

Os objetivos dos estudos experimentais aqui apresentados e realizados por meio da simulação da ação climática (variações térmicas), da ação de poluentes dispersos na atmosfera e da ação da cristalização de sais (eflorescências), com foco em materiais graníticos, estão, por um lado ao estabelecimento de uma metodologia para ensaios laboratoriais que permitam antecipar as deteriorações do material rochoso em situações de uso e, por outro, agregar a questão da durabilidade aos critérios de

escolha dessas rochas, quando utilizadas como revestimento, pela indústria de construção civil.

A DETERIORAÇÃO DE ROCHAS

A alteração intempérica das rochas se inicia, na natureza, quando estas entram em contato com as condições atmosféricas reinantes na superfície terrestre.

A degradação ou deterioração dessas rochas, ao serem utilizadas na construção civil, ocorre por meio de mudanças nas propriedades desses materiais, em contato com o ambiente natural, no decorrer do tempo (Viles, 1997). Inclui mudanças físicas e químicas, que resultam na diminuição da resistência da rocha e modificações na aparência estética; desde incipientes alterações cromáticas até esfoliações de camadas superficiais.

É importante reconhecer que a deterioração também é um fenômeno natural e, portanto, um “problema” não inteiramente induzido pela atividade humana e que possa ser inteiramente “resolvido” (Viles, 1997).

A taxa e o tipo de degradação são determinados pela natureza dos materiais envolvidos e do ambiente ao qual estão expostos. Segundo Viles (1997), a deterioração é um problema notável quando uma ou mais das três condições a seguir são encontradas:

- o processo natural de deterioração é acelerado, pois:
 - o ambiente é naturalmente corrosivo, tal qual áreas costeiras e desérticas com abundantes aerossóis salinos; e/ou
 - os materiais são relativamente fracos, já predispostos a degradar e desintegrar.
- a atuação humana acelera a deterioração por causa da poluição atmosférica, manutenção inadequada etc.;
- edifícios e monumentos de grande valor ou significância são afetados.

A deterioração envolve mudanças físicas e químicas da superfície do material, ou da camada superficial, quando se trata de materiais porosos. Isto resulta em numerosos efeitos visíveis e invisíveis, como descoloração, formação de crostas e manchas ferruginosas, escurecimento superficial e produção de cavidades, descamação superficial, buracos e fragmentação. Também resultam em custos financeiros ligados à necessidade de reparação dos danos, limpeza e restauração.

O tipo litológico (mineralogia, alteração, textura e estrutura), a presença de fraturas e/ou fissuras (porosidade) e o clima (temperatura e intensidade de chuvas, entre outros) podem ser considerados os fatores que mais influenciam a susceptibilidade e taxa do intemperismo físico e químico em rochas para revestimento. Adicionalmente, há a ação dos poluentes atmosféricos, nos ambientes urbanos, e o

emprego de processos inadequados para o assentamento e manutenção de rochas.

Modificações físicas das rochas para revestimento, atribuídas às técnicas empregadas na extração e de beneficiamento, podem levar ao aumento do fissuramento, porosidade e outros (Dib *et al.*, 1999), que irão contribuir para a acentuação dos efeitos deletérios dos agentes intempéricos ou da ação antrópica (manutenção e limpeza inadequadas, entre outras) (Frasca; Quitete, 1999).

Desta forma, as principais causas da degradação destes materiais rochosos, tendo em vista as condições climáticas e técnicas construtivas empregadas no Brasil, conforme Frasca (2002), são:

- clima tropical (intensas variações de temperatura e umidade);
- agentes de limpeza, os quais atuam através de diversas substâncias químicas, cujos componentes podem causar modificações, especialmente no aspecto estético das rochas;
- poluição ambiental, na qual os diversos elementos dispersos na atmosfera têm grande influência;
- cristalização de sais, principalmente quando as rochas são usadas no revestimento de pisos e assentadas com argamassa.

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO ROCHOSA

O clima, em todos seus aspectos, é uma das causas fundamentais da degradação das edificações, por meio da falência de seus materiais constituintes, os quais, por sua vez, afetam a estrutura (Feilden, 1994).

As ações físico-químicas das águas e as ações químicas dos componentes da atmosfera são importantes, sobretudo quando atuam em conjunto. A atmosfera e seus componentes sólidos, líquidos e gasosos atuam sobre as rochas para revestimento por meio de mecanismos físicos (umedecimento, cristalização de sais e outros fenômenos provocados por variações do estado higrométrico da atmosfera), químicos (desde sulfatação nas rochas carbonáticas a fenômenos de hidrólise nas rochas granitóides, atuantes na superfície e no interior das rochas) e biológicos (ações químicas e/ou físicas promovidas por microorganismos diversos: bactérias, algas, fungos e líquens, musgo e mesmo arbustos).

Temperatura

A causa das mudanças da temperatura do ar é quase inteiramente decorrente do aquecimento do sol durante o dia, pela radiação das ondas curtas e longas, e pela perda desse calor durante a noite, pela radiação e convecção de ondas longas.

Todos os materiais de construção, inclusive as rochas para revestimento, expandem quando aquecidos e contraem quando resfriados –

movimento térmico – que é a maior causa da degradação de edificações.

A cor e a refletividade do material alteram a absorção de calor, responsável pelo aumento da temperatura; assim, os materiais escuros absorvem (baixo albedo) mais calor que os claros (alto albedo). A extensão do movimento térmico depende do intervalo de temperatura resultante do calor incidente e é modificado pela capacidade térmica da estrutura e pela espessura, condutividade e coeficiente de expansão dos materiais.

Ação dos poluentes

Uma importante propriedade das rochas para revestimento é sua durabilidade, que se refletirá em maior e mais efetiva proteção das estruturas, por sua vez colaborando para o prolongamento do tempo de serviço destas.

A interação da rocha com fenômenos externos torna, porém, a sua durabilidade comprometida, devido às variações de temperatura, ataque ácido de poluentes e outros.

O conhecimento dos mecanismos e da taxa de atuação dos poluentes pode ser muito útil para o uso de medidas preventivas e de proteção do material rochoso e aumento da sua vida útil.

Um parceiro inevitável do ataque químico dos poluentes é a água; pois age: (a) como solvente dos agentes agressivos; (b) meio de transporte desses agentes e dos produtos de reação; (c) em alguns casos, componente dos produtos de reação (ex. gipso) (Zivica; Bajza, 2001).

A consequência prática dos efeitos químicos do ataque ácido é a gradual degradação das propriedades tecnológicas do material rochoso. O processo se inicia com a deterioração da superfície exposta, como inchamento, escamação e despegamento. Com sua progressão do exterior para o interior da rocha, passa a ocorrer gradual perda da resistência pelo aumento da porosidade.

Ação da cristalização de sais

A cristalização de sais é um dos agentes intempéricos mais poderosos, pois é por meio dela que ocorre a degradação de rochas em ambientes marinhos, climas úmidos e ambientes poluídos. Sua ação em um meio poroso, especialmente rochas sedimentares, causa a perda de coerência entre os grãos.

O mecanismo de degradação é a pressão de cristalização dos sais e depende do grau de saturação e do tamanho do poro (Winkler; Singer, 1972 e outros).

Em uma edificação, nas proximidades do solo, uma solução salina pode ascender através da rocha por capilaridade, até a altura potencial de ascensão capilar, denominada zona capilar, na qual ocorre a evaporação e conseqüente cristalização dos sais.

A zona capilar, que depende do sistema poroso da rocha, é caracterizada pelas eflorescências (quando sais se cristalizam na superfície da rocha), subeflorescências (quando sais se cristalizam abaixo da superfície exposta da rocha) e pelas perdas de material (Uchida *et al.*, 1999). Zona de imersão, nessa concepção, é a porção de rocha que fica mais próxima ao solo. A cristalização de sais se dá preferencialmente na zona de capilaridade.

A concentração de sal pode ocorrer na superfície do material rochoso, onde se cristaliza; e dentro dos capilares próximo à superfície da rocha, onde a ação mecânica de sais, nas fissuras, pode iniciar seu trabalho destrutivo.

ENSAIOS DE ALTERAÇÃO ACELERADA

A alteração e deterioração de rochas em edifícios e monumentos, como já comentado, estão ligadas à interação de fatores intrínsecos e extrínsecos.

Dentre as várias causas e mecanismos de deterioração rochosa, foram considerados relevantes e objetos de investigação a exposição ao meio ambiente, marinhos e poluídos, as variações térmicas e a ação da cristalização de sais (Frasca, 2003), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Situações potencialmente degradadoras de rochas ornamentais

SITUAÇÃO	ENSAIO	OBJETIVO
VARIAÇÕES TÉRMICAS	Exposição de ladrilhos polidos a choque térmico.	Verificar eventual queda de resistência da rocha, após ciclos de aquecimento e resfriamento imediato em água.
AÇÃO DE POLUENTES	Exposição de ladrilhos polidos a atmosferas ácidas e salinas, em câmaras climáticas.	Simulação de ambientes urbanos poluídos (umidade e H ₂ SO ₄) e marinhos (névoa salina), potencialmente degradadores de materiais rochosos.
AÇÃO DA CRISTALIZAÇÃO DE SAIS	Imersão parcial em soluções ácida e alcalina.	Simulação da cristalização de sais (eflorescências e subeflorescências) na face polida de ladrilhos de rocha para a observação da sua ocorrência e possíveis efeitos deletérios.

Os ensaios de alteração acelerada, em laboratório, simulando essas situações, visam a fornecer informações quanto à alterabilidade da rocha em relação aos agentes intempéricos, além da investigação dos mecanismos de degradação para cada caso.

As simulações de alteração procuraram verificar – dentro de um grupo de rochas graníticas relativamente homogêneas, quanto à composição mineralógica e química, mas heterogêneas em relação à ambiência geológica – as respostas dessas características intrínsecas quando expostas aos mesmos ambientes potencialmente degradadores.

Essas investigações buscam, também, inserir os conceitos de durabilidade para os materiais em questão. A durabilidade de materiais, e mais recentemente de rochas, para construção civil ou em

monumentos históricos é de fundamental importância, pois as agressividades do meio ambiente, estão cada vez mais acentuadas.

ENSAIOS EM CÂMARAS CLIMÁTICAS

Exposição ao dióxido de enxofre

O ensaio por exposição ao SO₂ baseia-se nas normas ABNT NBR 8 096 (ABNT, 1983a) e DIN 50 018 (DIN, 1997). Consiste em um determinado número de ciclos, de 24 horas cada, nos quais a câmara é mantida aquecida por 8 horas a (40±3) °C, com umidade relativa 100%, desligada e aberta, para ventilação por 16 horas. Após isso, a água da câmara é renovada e inicia-se novo ciclo.

A concentração de SO₂, na água da bandeja na porção inferior da câmara, estipulada pela norma é de 0,67%, que corresponde ao volume de 2,0 L de SO₂ a ser adicionado a cada 300 L de volume da câmara.

São ensaiados três corpos-de-prova, por amostra. Para cada tipo, ficando reservado um corpo-de-prova padrão para controle.

As inspeções são realizadas periodicamente, registrando-se as modificações em planilhas.

As principais degradações ocorridas acham-se ilustradas nas Figuras 1 e 2.

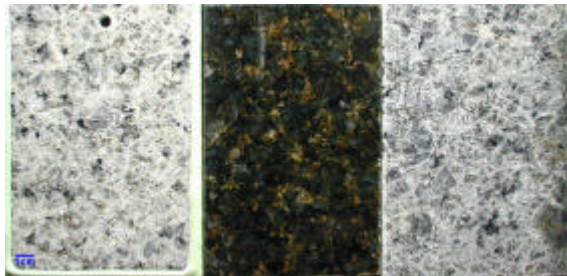


Figura 1 – Exposição ao dióxido de enxofre. Total branqueamento da rocha.

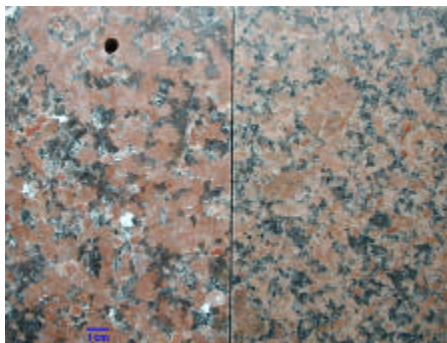


Figura 2 – Exposição ao dióxido de enxofre. Formação de sais em fissuras superficiais e, localmente, sobre biotita
Nota: acima, corpo-de-prova de controle.

Exposição à névoa salina

O ensaio de intemperismo artificial por exposição à névoa salina baseia-se nas normas ABNT NBR 8094 (ABNT, 1983b) e ASTM B 117 (ASTM, 1997).

Nesse ensaio, os corpos-de-prova são colocados em suportes na câmara, de modo a ficar com um ângulo de 15° a 30° com a vertical e permitir livre acesso da névoa a todos eles.

A solução salina é preparada dissolvendo-se 5±1 partes, em massa, de cloreto de sódio em 95±1 partes de água. O pH da solução salina deve ser tal que, quando atomizada, a 35 °C, a solução tenha pH entre 6,5 e 7,2.

Os corpos-de-prova ficam permanentemente no interior da câmara, sendo retirados somente para inspeções periódicas.

À semelhança do ensaio de exposição ao SO₂, foram ensaiados três corpos-de-prova por amostra. Um corpo-de-prova padrão foi utilizado como controle.

Em cada inspeção, não ultrapassando o período de 30 minutos, os corpos-de-prova são lavados para eliminação do sal da superfície. As modificações são registradas em planilhas.

Os principais resultados verificados Figuras 3 e 4.



Figura 3 – Exposição à névoa salina. Aumento da oxidação preexistente (acima, corpo-de-prova de controle).

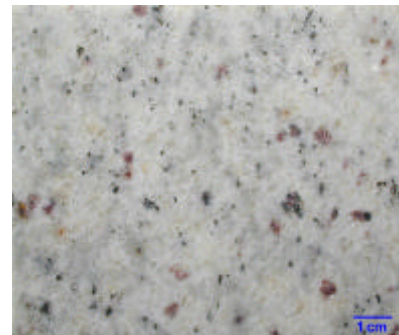


Figura 4 – Exposição à névoa salina. Aumento do amarelamento preexistente (oxidação?) e local oxidação de granada.

RESISTÊNCIA AO CHOQUE TÉRMICO

O ensaio de alteração por choque térmico é baseado nos procedimentos estabelecidos na versão preliminar da norma prEN WI 016 (CEN, 1998), em elaboração pela CEN.

Visa verificar o decaimento da rocha após ciclos de aquecimento e resfriamento rápido, ou seja, decorrente de variações térmicas bruscas que propiciem dilatação e contração constantes, causa de uma das principais degradações de materiais rochosos na construção civil.

González-Messones (2002) recomenda este ensaio para verificação da possível oxidação, em rochas ígneas, e de desagregação, em mármore e calcários.

Cinco a seis (quando obtidos a partir de rochas gnáissicas) corpos-de-prova, no tamanho e formato daqueles submetidos a ensaio de flexão, segundo ASTM C880/98, são secos em estufa até peso constante. Em cada um deles é medida a velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (VP_i).

O ensaio propriamente dito consiste em 20 ciclos, definidos pela colocação dos corpos-de-prova por (18 ± 1) h em estufa a 105°C , em seguida imediatamente submersos em água, a temperatura ambiente, por $(6 \pm 0,5)$ h.

Após o 20º ciclo, os corpos-de-prova são novamente secos em estufa e as velocidades de propagação de ondas também medidas (VP_f).

Todos os corpos-de-prova são, então, submetidos a ensaio de flexão.

O decaimento por choque térmico é verificado pelas expressões:

$$\Delta_{RF} = \frac{RF_f - RF_i}{RF_i} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

onde Δ_{RF} = variação de resistência à flexão (%);

RF_f = resistência à flexão após o ensaio (MPa);

RF_i = resistência à flexão antes do ensaio (MPa).

$$\Delta_{VP} = \frac{VP_f - VP_i}{VP_i} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

onde Δ_{VP} = variação de velocidade de propagação de ondas (%); VP_f = velocidade de propagação de ondas após o ensaio (m/s); VP_i = velocidade de propagação de ondas antes do ensaio (m/s).

Um importante resultado dos ensaios de alteração por choque térmico é a mudança de coloração, por oxidação, de algumas rochas, geralmente provocando o amarelamento, por vezes

com tonalidades esverdeadas, bem como o aparecimento de pontos ou pequenas manchas ferruginosas (Figura 5).

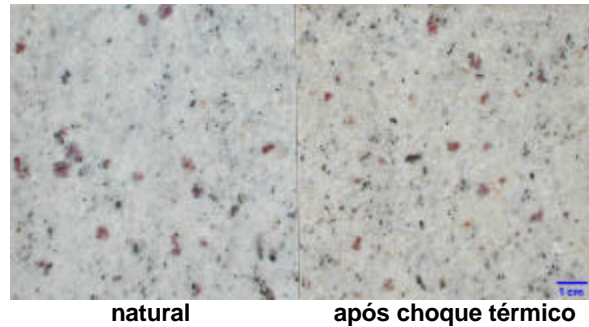


Figura 5 – Amarelamento e aparecimento de manchas ferruginosas, milimétricas, esparsas, coincidentes com os pontos macroscopicamente esverdeados.

ENSAIOS DE ALTERAÇÃO POR IMERSÃO PARCIAL EM SOLUÇÃO ÁCIDA

Visando simular a exposição da rocha a ambientes quimicamente agressivos, ácidos e alcalinos, os corpos-de-prova são colocados em contato com soluções de ácido sulfúrico ($\text{H}_2\text{SO}_4 - 1\%$), com pH 1 a 1,5.

A escolha do ácido sulfúrico baseia-se nas informações relativas aos poluentes atmosféricos, que reportam o ataque ácido por SO_2 como um dos maiores agentes degradadores de rocha.

O ensaio consiste em deixar os corpos-de-prova parcialmente submersos (até cerca de 1 cm, a partir da base), em recipientes plásticos, de fundo liso e reto, contendo as soluções mencionadas. As faces polidas ficaram expostas ao meio ambiente, para que as eventuais modificações fossem aí registradas. Deve ser realizado em sala desumidificada, com temperatura de cerca de 25°C .

A duração do ensaio aqui proposto é de 30 dias consecutivos, com monitoramento diário e troca de soluções em dias alternados, com o registro das modificações. Após esse período, as soluções são retiradas, e os corpos-de-prova continuaram no mesmo ambiente por um período de mais 30 dias, com monitoramento periódico, até sua secagem total. Somente após esse período, os corpos-de-prova são lavados com água deionizada e secados para verificação das deteriorações ocorridas, por comparação com suas contrapartes.

O mecanismo de degradação consiste na migração da solução, pela rocha, por capilaridade, da zona imersa para a zona exposta ao meio ambiente, na qual, por evaporação e supersaturação, ocorre a cristalização dos sais.

As Figuras 6 e 7 ilustram os aspectos das eflorescências formadas durante o ensaio de imersão parcial em ácido sulfúrico.



Figura 6 – Cristalização de sais nas bordas e nos cantos, preferencialmente sobre biotita.

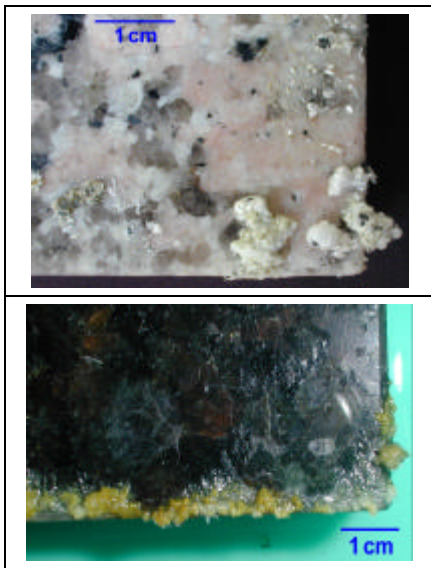


Figura 7 – Diferentes aspectos das eflorescências formadas por imersão parcial em ácido sulfúrico. Notar despegamento de lamelas de biotita, que ficam aderidas na superfície dos grumos de sais.

As degradações mais típicas observadas nas rochas graníticas estudadas, por imersão parcial em ácido sulfúrico, acham-se ilustradas nas Figuras 8 e 9.

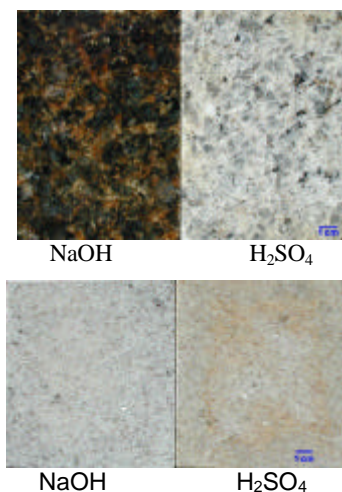


Figura 8 – Aspectos dos diferentes comportamentos das rochas após imersão parcial em soluções alcalina e ácida, em ambos exibindo

intensa mudança de coloração após imersão em H₂SO₄.

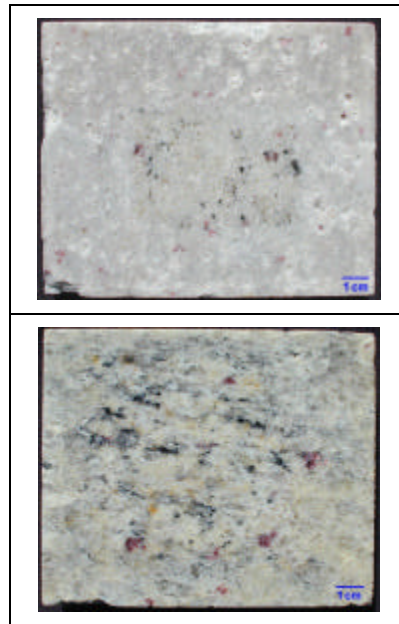


Figura 9 – Aspectos resultantes da cristalização de sais (eflorescências e subeflorescências), após imersão parcial contínua em solução de ácido sulfúrico. Notar a formação de cavidade e quebra de arestas.

CONCLUSÕES

A observação visual e microscópica dos efeitos dos ambientes simulados, nas rochas estudadas, evidenciou alguns mecanismos de deterioração, conforme descrito a seguir:

- oxidação da rocha e de minerais: observado em praticamente todas as simulações. Está relacionada ao comportamento do ferro, em virtude de seu potencial de oxidação nos ambientes exógenos, nesse caso, de pH ácido (exposição ao dióxido de enxofre e imersão parcial em ácido sulfúrico) ou sob influência da temperatura e umidade (ensaio de resistência ao choque térmico). Como para as demais propriedades, também não se obteve correlação estatística entre os teores de Fe²⁺ e Fe³⁺ e as alterações verificadas. O amarelamento de algumas rochas, nessas mesmas condições também foi relacionado à oxidação e provável remobilização local do ferro;
- clareamento da rocha: observado em câmaras de dióxido de enxofre e ensaios de imersão parcial em ácido sulfúrico. Trata-se de um caso mais específico, em que rocha charnockítica exibiu notável branqueamento, por provável lixiviação do ferro, ao ser exposta a ambientes ácidos. A principal evidência é a ausência de hidróxidos de

ferro em microfissuras, e presentes nas mesmas, nos materiais *in natura*;

- cristalização de sais (eflorescências e subeflorescências): observado em câmaras de dióxido de enxofre e de imersão parcial em ácido sulfúrico. Evidenciado por inchamento, escamação e até esfoliação. A presença de sais em fissuras chegou a provocar locais despegamento em granada e feldspatos, mas a biotita foi o mineral que se revelou mais susceptível a esse processo. Sua estrutura cristalográfica deve facilitar a percolação e retenção de água (e elementos carreados), possibilitando reação com os componentes químicos do mineral e conseqüente cristalização de sais, quando as condições de supersaturação são alcançadas. A pressão de cristalização dos sais nos espaços interfoliares provoca seu destacamento.

As principais características dos ensaios de alteração experimentalmente conduzidos foram:

- exposição à névoa salina: efeitos visuais pouco perceptíveis, mas são microscopicamente visíveis os efeitos degradadores dos sais (NaCl) dissolvidos no ambiente: aumento da turvação de cristais de plagioclásio já intempericamente alterados; alargamento de fissuras preexistentes; intensificação da oxidação e/ou surgimento de pontos oxidados e outros;
- exposição a dióxido de enxofre: mostra o papel degradador desse poluente e resultou em deteriorações que atingiram, diferencialmente, a depender das características intrínsecas, praticamente todas as rochas graníticas ensaiadas e que variaram desde manchamento até escamação;
- imersão parcial em ácido sulfúrico: é uma simulação muito agressiva, e possibilita a verificação das deteriorações resultantes da cristalização de sais (eflorescência e subeflorescências) e da estabilidade dos materiais ante os reagentes químicos de caráter ácido, potenciais agentes degradadores de rochas;
- choque térmico: ensaio também bastante agressivo fornece informações sobre possíveis modificações estéticas, pela oxidação de minerais, e de resistência mecânica do material, por ação das intempéries e variações cíclicas de temperatura e umidade. O decaimento da resistência à flexão, após esse ensaio, mostrou-se diretamente proporcional às resistências obtidas nas determinações da rocha *in natura*; o que não se verificou quanto à susceptibilidade à oxidação, que está prioritariamente relacionada às

características intrínsecas da rocha (mineralogia, alteração, fissuramento etc).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1983a) *NBR 8096/83*: material metálico revestido e não revestido; corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro.

_____. (1983b) *NBR 8094/83*: material metálico revestido e não revestido; corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1997) *B 117/97*: standard practice for operating salt spray; fog; apparatus. Philadelphia.

_____. (1998) *C 880/98*: standard test method for flexural strength of dimension stone. Philadelphia.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. (1998) (draft). *prEN WI 016*: natural stone test methods: determination of resistance to ageing by thermal shock.

DIB, P.P.; FRASCÁ, M.H.B.O.; BETTENCOURT, J.S. (1999) Propriedades tecnológicas e petrográficas do "Granito Rosa Itupeva" ao longo dos estágios de extração e beneficiamento. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 6., 1999, São Pedro. *Boletim de Resumos...* São Pedro: SBG/UNESP. p.154.

DIN - DEUTCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. (1997) *DIN 50018*: sulphur dioxide corrosion testing in a saturated atmosphere. Berlin.

FEILDEN, B.M. (1994) *Conservation of historic buildings*. Oxford: Reed Educational and Professional Publish. 345p.

Frasca, M.H.B.O. (2003) Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento. 281p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRASCÁ, M.H.B.O. (2002) Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2., 2001, Salvador. *Anais...* Rio de Janeiro: MCT/CETEM. p.128-135.

FRASCÁ, M.H.B.O.; QUITETE, E.B. (1999) Estudos diagnósticos de patologias em rochas de revestimento. In: CONGRESSO IBERAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LAS CONSTRUCCIONES, 7., 1999, Montevideo. *Memorias...* Montevideo: Asiconpat/CIB. v.2, p.1367-1373.

GONZÁLEZ-MESSONES, F.L. (2002) La interpretación de los ensayos de caracterización de la piedra natural, en el marco de la nueva normativa

européa. In: *Curso de rochas ornamentais*. Recife. CD-ROM.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S. (2001) *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Instituto Houaiss. 2922p.

UCHIDA, E.; OGAWA, Y.; MAEDA, N.; NAKAGAWA, T. 1999. Deterioration of stone materials in Angkor monuments, Cambodia. *Engineering Geology*, v.55, p.101-112.

VILES, H.A. (1997) Urban air pollution and the deterioration of buildings and monuments. In: BRUNE, D.; CHAPMAN, D.V.; GRUYNNE, M.D.; PACYNA, J.M. (Ed.) *The global environment: science, technology and management*. Weinheim: Scandinavian Science Publ.; VCH. p.599-609.

WARKE, P.A.; SMITH, B.J. (1998) Effects of direct and indirect heating on the validity of rock .

WINKLER, E.M.; SINGER, P.C. (1972) Crystallization pressure of salts in stone and concrete. *Geological Society of America Bulletin*, v.83, p.3.509-3.514.

WINKLER, H.G. (1976) *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 4.ed. New York: Springer-Verlag. 334p.

ZIVICA, V.; BAJZA, A. (2001) Acidic attack of cement based materials; a review; part 1: principle of acidic attack. *Construction and Building Materials*, v.5, p.331-340.

ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO: ESTUDOS A PARTIR DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO E DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS RECENTES

Antônio Gilberto Costa^{1*}, Cristina Calixto^{2*}, Maria Elizabeth Silva^{3*} e Javier Becerra^{4*}

¹Pesquisador. CPMTC-IGC/UFMG. E-mail: agocosta@dedalus.icc.ufmg.br

²Mestre. Projeto Pesquisa em Rochas - CPMTC-IGC/UFMG

³Doutoranda. Departamento de Geologia - IGC/UFMG

⁴Mestrando. Departamento de Geologia - IGC/UFMG. E-mail: javierbecerra2003@yahoo.com
*IGC-UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha – CEP 31270-901 – Belo Horizonte-MG
Fone: 3499-5420 / Fax: 3499-5410

RESUMO

Estão sendo investigados tipos de rochas utilizadas na construção de edificações, com ênfase para esteatitos, serpentinitos, quartzitos, xistos, calcários e mármore, além dos granitos movimentados ou não. A pesquisa em andamento, envolvendo geólogos, arquitetos e químicos, visa o levantamento de procedimentos diversos, seja na área da caracterização tecnológica, seja na área dos métodos conservativos mais recomendáveis, para frear o lento, porém inevitável processo de deterioração dos materiais pétreos. A partir do levantamento das áreas de ocorrência destes materiais, estes têm suas caracterizações físico-mecânicas estabelecidas (índices físicos, resistência à flexão, à compressão, ao desgaste, dilatação térmica etc.), com a criação de um banco de dados que poderá subsidiar um melhor aproveitamento dos mesmos, de acordo com sua mineralogia, textura, estrutura e grau de alteração. Para uma melhor avaliação do estado de conservação destas rochas com aplicação ornamental e ou de revestimento, tem-se procurado desenvolver uma pesquisa, tendo o estudo de monumentos pétreos e projetos arquitetônicos recentes como referências. Estas edificações já existentes desempenham um papel de laboratório natural para a observação e estudo das deteriorações ao longo do tempo. Estudos de caso envolvendo um levantamento de detalhe com descrição e caracterização de patologias encontram-se em andamento, envolvendo a observação de monumentos pétreos localizados em cidades brasileiras das regiões: sudeste (Belo Horizonte, Ouro Preto, Mariana, Congonhas do Campo etc.), nordeste (Recife, Olinda, João Pessoa e Salvador) e norte (Belém do Pará). Estes estudos associados aos resultados a serem obtidos a partir de ensaios de alterabilidade conduzidos em laboratório, visam fornecer elementos que deverão permitir um correto atendimento às especificações para os materiais estudados possibilitando a viabilização de propostas mais eficientes de intervenção em edificações civis atuais.

INTRODUÇÃO

No Brasil, alguns estados destacam-se por seu patrimônio histórico construído e por suas reservas em rochas com aplicação ornamental. Minas Gerais é um destes centros com grande produção de material com aplicação ornamental, concentrando um valioso patrimônio construído, assim como a Bahia,

Pernambuco e outros estados da federação. Minas destaca-se por suas reservas de rochas quartzofeldspáticas, descritas como "granitos movimentados ou não", mostrando estruturação gnáissica ou padrão isotrópico, respectivamente e também por ser um grande produtor de outros tipos pétreos ainda pouco estudados sob a ótica ornamental, como os esteatitos, os serpentinitos, os xistos, os quartzitos, as ardósias, os mármore etc.

Apesar desta situação privilegiada e dos avanços alcançados pelo Núcleo de Pesquisa do CPMTC/IGC-UFMG, na área da caracterização tecnológica de rochas com aplicação industrial, em boa parte através do apoio da FAPEMIG, os estudos existentes sobre o tema em Minas Gerais são ainda fragmentários. Pesquisas tratando das relações entre alterabilidade das rochas e os perfis e condições de extração, beneficiamento e aplicação destes materiais, ou relacionando o grau de alterabilidade com as características tecnológicas dos mesmos e as condições ambientais sob as quais estes foram aplicados, só muito recentemente começaram a ser desenvolvidas.

Enquanto esta consciência acerca da necessidade imprescindível do desenvolvimento destes estudos, só recentemente vem se tornando realidade em nosso país e em nosso estado, a nível internacional já se encontram constituídos vários grupos de trabalho neste domínio. Através da realização de cursos, congressos (International Seminar - University Postgraduate Curricula for Conservation Scientists/Bologna 1999) e dos intercâmbios internacionais de pesquisa, com envolvimento de um número cada vez maior de especialistas de diversas áreas (micologia, geologia, química, arquitetura etc.), vêm sendo determinados procedimentos diversos, seja na área da caracterização tecnológica, seja na área dos métodos conservativos mais recomendáveis, para frear o lento, porém inevitável processo de deterioração dos materiais pétreos. Em muitas outras partes do mundo, a Geologia tem contribuído nestes estudos, com ênfase para os relacionados com as deteriorações de rochas em monumentos, e que aqui podem ser citadas como exemplos as inúmeras pesquisas conduzidas pelo Prof. Aires-Barros junto ao Instituto Superior Técnico de Lisboa, por geólogos do Instituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali, em Florença, assim como o conteúdo geológico de cursos como o do Corso di laurea in Tecnologie per la conservazione e il restauro dei beni culturali da Universidade de Bologna, dentre muitos outros.

RELATO DO TRABALHO

O trabalho tem por objetivo apresentar metodologia de pesquisa voltada para o estudo e avaliação da susceptibilidade de rochas com aplicação ornamental, buscando ainda a identificação de processos de conservação de materiais pétreos à deterioração.

No âmbito da pesquisa, vêm sendo estudados tipos de rochas utilizadas na construção de edificações, quer como elementos estruturantes, quer artesanais, com ênfase para esteatitos, serpentinitos, quartzitos, xistos, mármore e calcários. A partir do levantamento/mapeamento de ocorrências em lavra ou não, estes materiais têm suas caracterizações físico-mecânicas estabelecidas, com a criação de um banco de dados que poderá subsidiar um melhor aproveitamento destes materiais em aplicações já existentes e propor alternativas para novas aplicações, de acordo com sua mineralogia, textura, estrutura e grau de alteração.

Para uma melhor avaliação do estado de conservação destes tipos pétreos com aplicação ornamental e possibilitar a viabilização de propostas mais eficientes de intervenção em edificações civis atuais, esta pesquisa tem seu andamento em parte relacionado com o estudo de monumentos pétreos. O estudo das patologias nas edificações já existentes deve desempenhar um papel de laboratório natural das deteriorações das rochas ao longo do tempo. Tais estudos associados aos resultados de ensaios de alterabilidade em laboratório visam fornecer elementos que deverão permitir atender às especificações, mas de forma menos empírica, e, conseqüentemente, mais eficaz, segura e econômica, evitando insatisfações e/ou reclamações de consumidores destes bens minerais e uma imagem negativa para as empresas projetistas e fornecedoras desses materiais.

A importância da pesquisa acerca dos processos de deterioração envolvendo as rochas aplicadas em monumentos pode ser ainda justificada, pois do ponto de vista tecnológico as rochas devem ser entendidas como corpos dinâmicos que apresentam respostas diferentes, em função do ambiente em que estão aplicadas, das condições a que estão sujeitas e do tempo de exposição. Esta pesquisa envolve uma avaliação da extensão de atuação dos processos de intemperismo, que serão determinantes ao longo das, às vezes, complexas histórias de alguns destes monumentos. Entretanto, muitos fenômenos de intemperismo podem ser elucidados, primeiramente, considerando-se as propriedades da rocha em questão, e, subseqüentemente, a partir do estudo de seus típicos comportamentos sob várias condições de exposição.

A elaboração de diagnósticos sobre o estado de conservação de monumentos em esteatito/pedrasabão, quartzito, xisto, mármore, serpentinito, ou qualquer outro material pétreo, requer um conhecimento científico sobre os agentes de deterioração e suas causas. Assim, além da necessária realização de ensaios em corpos de prova e em áreas testes, que permitem a definição da escolha dos materiais e métodos de tratamento mais

adequados para a conservação destes bens, há a necessidade de se recorrer a ensaios de envelhecimento acelerado, desenvolvidos em laboratório. Dessa forma, é que enfatiza-se a importância de realizar tais investigações também nas edificações construídas de rochas, sem perder de vista a pesquisa a ser desenvolvida nas pedreiras de onde estas rochas foram extraídas.

Problemas relacionados com a aplicação das rochas ornamentais, resultam não só da falta de conhecimento das características intrínsecas do material, mas também daquelas induzidas pelos métodos de lavras e processos de beneficiamento, bem como pela aplicação ou uso/adequação em situações que podem acelerar as alterações. Mais uma vez encontra-se justificativa seja para o estudo envolvendo os monumentos, seja para a realização de ensaios mencionados, bem como a experimentação e proposição de novos procedimentos, que são do interesse não apenas de pesquisadores e produtores de rochas ornamentais, mas também dos arquitetos, dos responsáveis pelo patrimônio histórico e dos engenheiros projetistas e especificadores, que na maioria das vezes não conhecem as características tecnológicas dos materiais com os quais estão trabalhando e, conseqüentemente, sua durabilidade e desempenho ao longo do tempo. Assim, através de análises das características dos materiais, seja nas condições de suas áreas de extração até nas condições ambientais em que os revestimentos estarão sujeitos, pode-se reunir conjunto valioso de subsídios voltados para a seleção daqueles tipos que melhor se adequem aos requisitos de projetos na construção civil.

Rochas e monumentos brasileiros

A partir do levantamento dos materiais empregados na construção de monumentos pétreos brasileiros, constata-se que no passado, calcários, mármore, esteatitos, serpentinitos, xistos diversos e quartzitos foram amplamente utilizados, seja na estruturação, seja no revestimento de igrejas e palácios, marcos, chafarizes, mausoléus etc. Da observação e descrição de parte destes monumentos, localizados em algumas cidades das regiões norte e nordeste do Brasil e de Minas Gerais, tem sido possível a percepção de patologias e uma quantificação das alterações das rochas, considerando dentre outros fatores, os seus diferentes períodos de exposição, entre 300 e 350 anos e variadas condições climáticas.

Apesar de inadequados para algumas aplicações, os calcários e mármore foram muito usados em revestimentos externos e internos de grandes conjuntos arquitetônicos em cidades litorâneas do nordeste ou ainda em algumas das principais cidades do norte do Brasil. A utilização destes materiais em Minas Gerais nunca foi expressiva em termos do seu patrimônio construído. Atualmente continuam sendo aplicados de forma indiscriminada, em projetos arquitetônicos nas regiões mencionadas e em Minas Gerais. No passado, estes materiais procediam em grande parte de Portugal e no tempo em que o Brasil permaneceu colônia, parte foi transportada como lastro de navios,

que em retorno à Europa levavam bens minerais ou outros, da colônia para a metrópole. Os melhores exemplos destas aplicações podem ser observados nas igrejas de Salvador, na Bahia; nas de Olinda e Recife, em Pernambuco; nos conventos e outros monumentos de João Pessoa, na Paraíba; ou ainda em Belém do Pará, com destaque para os mausoléus do Cemitério da Soledade. Na Minas Gerais do século XIX merecem destaque, dentre outras, as aplicações de mármore e calcários do Cemitério da Negra da Rocinha, nos arredores de Matias Barbosa, região de Juiz de Fora.

Dos materiais portugueses que chegaram ao Brasil entre os séculos XVIII e XIX, destacam-se os calcários ou os mármore, brancos, amarelos ou avermelhados. Dos cristalinos encontram-se aqueles denominados encarnadão e lioz, explorados desde há muito tempo nos arredores de Lisboa (Aires-Barros 2001) e largamente usados nas construções baianas. A brecha da Arrábida, proveniente principalmente do Calhariz e encontrada em menor volume, mas em aplicações muito detalhadas, pode igualmente ser observada, seja em Salvador, seja em Belém do Pará (Fig. 01). Para calcários de procedência local podem ser citados aqueles da região de João Pessoa que foram utilizados em construções antigas em João Pessoa, mas também em Olinda ou mesmo Recife, em Pernambuco. Atualmente, a produção destes materiais em Minas Gerais pode ser considerada decrescente. O potencial para a produção está associado às unidades geológicas do Grupo Bambuí, dos Grupos Piracicaba e Itabira (Super Grupo Minas) e do Complexo Paraíba do Sul dentre outros. Toda a produção de mármore é essencialmente comercializada no mercado interno, com algumas exceções, como o tipo Aurora Pérola, que enquanto foi comercializado, alcançou colocação garantida no mercado externo.



Figura 01: Exemplo da utilização de brecha da Arrábida na construção de pia de água benta da Igreja do Carmo, em Belém do Pará.

Do conjunto das rochas de derivação ultramáfica, registra-se a utilização dos esteatitos/pedra sabão, da pedra talco, dos serpentinitos e dos xistos verdes, predominantemente em construções localizadas em Minas Gerais. Desde o período colonial todas estas variedades, com ênfase para a pedra-sabão/esteatitos, vêm sendo utilizadas artesanalmente para a fabricação de esculturas, peças de ornamentação e de utensílios

diversos, como pode ser visto em cidades mineiras como Ouro Preto (Fig. 02), Mariana e em Congonhas do Campo, onde destacam-se as obras em pedra-sabão do grande mestre Aleijadinho, que atraem turistas do mundo inteiro. Na atualidade, os trabalhos em pedra-sabão vão desde utensílios, como as “painéis de pedra” até peças artísticas de apurado bom gosto, que são vendidas no comércio local e também exportadas. Registra-se um aumento das exportações de peças padronizadas de lareiras e fornos para o mercado europeu, sobretudo o alemão, seja para uso doméstico ou industrial. Além do uso como rocha ornamental e como matéria-prima para artesanato, os esteatitos e serpentinitos apresentam outros usos e aplicações industriais, absorvendo considerável quantidade de mão-de-obra, como, por exemplo, na produção de talco cosmético, fabricação de azulejos, pisos, refratários elétricos, etc.

A exploração de esteatitos para arte estatuária, artesanatos, peças de lareira etc, é registrada nas proximidades de Cachoeira do Campo, Santa Rita, Ouro Preto, Ouro Branco, Furquim, Santa Bárbara do Tugúrio, Acaiaca e Mariana, compondo variados tipos comerciais negociados nos mercados interno e externo.



Figura 02: Exemplo de aplicação de esteatito nas peças que compõem o frontispício da igreja de São Francisco de Assis, em Ouro Preto Minas Gerais. No mesmo monumento observa-se a aplicação de quartzito, enquanto elemento de estruturação e de revestimento. Notar distribuição não harmoniosa das cores por parte do material quartzítico.

Em muitos dos monumentos mineiros verifica-se a aplicação do serpentinito. Apesar disso, a produção de serpentinitos lavrados em Minas Gerais, considerando o volume de ocorrências no estado, é pouco expressiva frente às demais rochas. Existe a comercialização de um material serpentinitico designado Rosso Sacramento, lavrado

na região de Araxá e a lavra do Viriato, na região de Rio Acima, com a produção de um material denominado Verde Boiadeiro. No município de Ouro Branco encontram-se inúmeras ocorrências, cujos processos de lavra encontram-se em parte paralisados, assim como na região de Ipanema, no leste do estado. No município de Conselheiro Lafaiete, ao sul do Quadrilátero Ferrífero, a lavra de serpentinitos foi retomada.

Os xistos, como os clorita-xistos foram muito utilizados em construções na região de Diamantina, Serro e Conceição do Mato Dentro. Os granadíferos, contendo cianita ou não, tão comuns nas regiões de Mariana e Ouro Preto, foram com frequência utilizados em revestimentos diversos e são freqüentemente confundidos com os esteatitos. Os xistos contendo anfibólios, podem ser observados nas construções da região de Cachoeira do Campo e São Bartolomeu. Estes materiais há muito não são empregados na construção civil. Apesar da larga utilização no passado, não se tem qualquer registro sobre a localização de algumas de suas antigas áreas de lavra, o que pode comprometer o trabalho de reconstituição do patrimônio.

Os quartzitos foram e ainda são largamente aplicados em conjuntos arquitetônicos em Minas Gerais e em outras partes do país. Pode-se mesmo afirmar que nas cidades históricas de Minas não se encontra quase nenhuma construção que não tenha alguma aplicação de quartzitos (Fig. 03). De modo geral mostram grandes variações em termos de coloração, em função dos seus diferentes conteúdos mineralógicos. Dependendo ainda da mineralogia e textura, são freqüentes as esfoliações ou escamações resultantes da hidrólise de suas micas. Em Minas Gerais estão associados a seqüências metassedimentares do Proterozóico Superior, destacando-se unidades geológicas como a Araxá, Canastra, São João Del Rei/Andrelândia e Espinhaço. O principal centro produtor localiza-se na região de São Tomé das Letras, tendo-se as demais ocorrências assinaladas em Alvinópolis, Luminárias, Baependi, Conceição do Rio Verde, Ouro Preto e Diamantina. Registra-se expressiva qualificação comercial e crescimento das exportações dos quartzitos São Tomé, sobretudo para as variedades menos friáveis. As designações comerciais são aplicadas sem qualquer rigor técnico, anotando-se Quartzito São Tomé, Carrancas, Carranquinhas, Luminárias, Rio Verde, Ouro Preto, entre outras.



Figura 03: Construção histórica da região de Ouro Preto com quartzito mostrando variação de coloração, como resultado da atuação de processos de alteração de parte de seus constituintes mineralógicos.

CONCLUSÃO

Entendemos que para esteatitos, serpentinitos, xistos, mármore e quartzitos, que em parte estão colocados nos mercados, bem como comercializados na forma de produtos acabados e semi-acabados no mercado internacional, como é o caso de alguns tipos de esteatitos e quartzitos, é preciso estabelecer um programa que trate do levantamento das suas áreas de ocorrência, de suas características tecnológicas, mas com avaliação do quadro de deterioração a partir do estudo de monumentos. Estes procedimentos devem fornecer importantes informações e contribuir com a manutenção do histórico e com a prevenção em termos de usos futuros. Aqui vale lembrar, como exemplo, a situação de construções em Minas Gerais onde houve a aplicação de esteatitos. Do início de sua extração até os dias de hoje, estas aplicações apresentam graves problemas causados pela falta de seleção destes materiais, que com conteúdos mineralógicos diferentes, apresentam diferentes propriedades físico-mecânicas e resistências aos processos de alteração. Um bom exemplo é o conjunto de profetas expostos em Congonhas do Campo, Minas Gerais, que foram esculpidos a partir de esteatitos com grande variação mineralógica.

A partir dos estudos em andamento apresenta-se uma proposta de metodologia de pesquisa da alterabilidade de rochas com aplicação ornamental, que envolve as seguintes etapas:

1ª etapa - De campo:

- Levantamento dos tipos litológicos (esteatitos, serpentinitos, quartzitos, xistos, calcários etc.) utilizados como elementos estruturantes na construção de edificações, incluindo as históricas ou artesanalmente empregados para a fabricação de esculturas e peças de ornamentação, como pode ser visto na maioria das edificações históricas em Minas Gerais ou que compõem outras importantes edificações de valor artístico, nas já mencionadas regiões litorâneas do Brasil;

- Cartografia dos principais tipos de patologias observados nas rochas de monumentos, visando avaliar o estado atual desses materiais e comparar o comportamento dos tipos escolhidos, quando submetidos a diferentes condições climáticas e de utilização;
- Levantamento geológico de campo para localização das áreas de ocorrência das rochas identificadas, tendo como objetivo o cadastramento das frentes de lavra e das variedades comerciais produzidas, com documentação fotográfica e coleta de amostras para posterior estudo laboratorial (caracterização tecnológica);

2ª etapa: De laboratório:

- Caracterização das propriedades físico-mecânicas das rochas escolhidas como objeto de estudo, com diferenciação de variações, através da utilização de critérios tais como coloração, texturas, estruturas, proporções mineralógicas e propriedades físicas;
- Caracterização de corpos de prova impermeabilizados com uma película de produtos químicos no estado líquido. Este procedimento permitirá avaliar as mudanças e variações ocorridas nas características físico-químicas e mecânicas das rochas quando da aplicação dos produtos hidro-óleo-repelentes e o desempenho de produtos químicos impermeabilizantes, considerando-se as relações entre os parâmetros petrográficos e físicos das rochas. Os produtos impermeabilizantes hidro-óleo-repelentes poderão ser selecionados de acordo com a oferta do mercado e com base em informações cedidas por profissionais da área;
- Realização de ensaios de envelhecimento acelerado através de testes de alterabilidade em laboratório com simulação de condições de atmosfera poluída, chuva ácida, etc. Estes ensaios compreendem o desenvolvimento de procedimentos envolvendo processos simulados de lixiviação contínua e estática, com avaliação de perda de massa. Com a realização destes ensaios pode-se avaliar a influência da poluição ambiental e a influência dos processos de intemperismo nos processos de deterioração;
- Análise previsional do desempenho de produtos impermeabilizantes em rochas submetidas a tratamentos superficiais com esses materiais, simulando-se as condições reais que ocorrem durante a sua utilização (umedecimento, ataque químico, manchamento, abrasão, etc), com adaptação de metodologias para avaliação e manutenção dos tratamentos de conservação de rochas;
- Correlações dos índices físicos e de outros parâmetros tecnológicos com as

características mineralógicas, texturais e estruturais objetivando uma avaliação qualitativa dessas características e a susceptibilidade das rochas em relação aos agentes de alteração a que são submetidas no cotidiano;

- Criação de banco de dados com o perfil de mercado sobre as rochas estudadas enfatizando as especificações exigidas pelo consumidor e as condições de comercialização [aplicações mundiais das rochas, transações comerciais de materiais brutos e acabados, tipos comerciais de rochas, principais exportação/ importação, ações de marketing: informações de qualificação e modernização tecnológica, estudo mercadológico para realçar melhores oportunidades de negócio, credenciamento das rochas (selo verde) junto ao mercado interno.

Espera-se que a adoção destes procedimentos, aliada aos progressos já verificados na extração, no beneficiamento, nas técnicas de aplicação e nos métodos de análise, envolvendo os ensaios de envelhecimento acelerado para testar em laboratório a durabilidade dos tratamentos, permita o fornecimento em curto prazo de bases para as soluções de conservação de rochas nestas e em outras edificações.

O desenvolvimento desta pesquisa deve contribuir sobremaneira para aumentar o grau de conhecimento mineralógico e tecnológico, tão necessário na boa gestão dos recursos geológicos, na formação de profissionais que desejem atuar no setor e, particularmente, na definição de metodologias analíticas adequadas para o estudo da susceptibilidade à alteração de rochas com valor ornamental. Além disso, a realização da mesma vai ao encontro dos objetivos do Curso de Pós-Graduação do DEGEL, do Programa de Internacionalização da UFMG, da Rede Nacional de Tecnologia e Qualidade de Rochas Ornamentais (RETEq-Rochas do CETEM/CNPq) e do LABTEC Rochas do CPMTC/UFMG, de maneira a contribuir com os seus programas, seja com o da caracterização de rochas, seja com o de formação de recursos humanos, em especial com a formação do chamado "cientista da conservação".

BIBLIOGRAFIA

- AIRES- BARROS, L. 2001. As rochas dos monumentos portugueses: tipologias e patologias. Volumes 01 e 02. Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, 533p.
- BEZERRA, F.N.M.; COSTA, A.G.; ARANHA, P. 1998. Ensaios Físicos em Rochas Ornamentais: Uma proposta de adequação da Norma NBR12766/1992(ABNT). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.315.
- BEZERRA, F.N.M.; COSTA, A.G. 2000. Dolomite as a dimension stone - characterization and prospection techniques. In: International Geological Congress,

- 31th, Abstracts Volume (CD-Rom) ...Rio de Janeiro. General Symposia: Geology of Mineral Deposits.
- BARSOITTELI, M.; FRATINI, F.; GIORGETTI, G.; MANGANELLI DEL FÀ, C.; MOLLI, G. 1998. Microfabric and alteration in Carrara marble: a preliminary study. *Science and Technology for Cultural Heritage*, v. 7(2), p. 115-126.
- BIANCHI H. K. (org.). 1992. Concepts and Problems of the Conservation of Historical Monuments. A Brazilian-German Workshop. Belo Horizonte, Brasil.
- BIANCHINI, P.; Fratini, F.; Manganelli Del Fà, C.; Pecchioni, E.; Sartori, R. 1999. Sette secolidi manutenzione programmata per la conservazione dei paramenti lapidei della Cattedrale di Santa Maria del Fiore in Firenze. *Scienza e beni culturali*, v. XV, p. 231-242.
- CANTISANI, E.; FRATINI, F.; MANGANELLI DEL FÀ, C.; RESCIC, S. 2000. Pore Structure transformation in a sandstone consolidated with ethly silicate - Abbey of Santa Maria di Vezzolano, Peedmont - Italy. (In): Proceedings of the New Millennium International Forum on Conservation of Cultural Property. Korea, p. 303-313.
- CANTISANI, E.; CANOVA, R.; FRATINI, F.; MANGANELLI DEL FÀ, C.; MAZZUOLI, R.; MOLLI, G. 2000. Relationships between microstructures and physical properties of white Apuan marbles: inference on weathering durability. *Per. Mineral*, v.69, no.3, p. 257-268.
- CARLOS, L.J. (ed.). 1996. Manual de Rocas Ornamentales. Prospección, Explotación, Elaboración e Colocación. Mostoles, Madrid, 696p.
- CASTRO E. de. 1977. Notas sobre Tratamento de Pedras em Monumentos. *Revista Geotecnia* N° 22, p. 85-99.
- CATHERINE, C.; Harotin, J.; Majot, J. 1990. Pierre et Marbres de Wallonie. Aam Editions, Bruxelles, 177p.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO / CESP. Ensaio de Meteorização de Rochas. Laboratório de Engenharia Civil da Companhia Energética de São Paulo/LCEC - MRL-01. São Paulo, 10p.
- COSTA, A.G.; OLIVEIRA, S.F.de; MELO, E.L.; FREITAS J. R.L.de. 1998. Caracterização de quartzitos mineiros e suas aplicações no setor das rochas ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.307.
- COSTA, A.G. 1999. Condicionamento Estrutural, Textural e metamórfico de Quartzitos com Aplicação no Setor das Rochas Ornamentais. Submetido para apresentação no VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, SBG/Núcleo Bahia-Sergipe.
- COSTA, A.G. 1999. Granitos ornamentais da região Sul de Minas Gerais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, VI, Anais...São Pedro, SBG/Núcleo São Paulo, p. 141.
- COSTA, A.G. 2000. Caracterização tecnológica de granito com aplicação ornamental. Relatório Interno/Construtora Caparaó. Belo Horizonte-MG.
- COSTA, A.G.; CAMPELLO, M.S.; PIMENTA, V.B. 2000. Rochas ornamentais e de revestimentos de Minas Gerais: principais ocorrências, caracterização e aplicações na indústria da construção civil. *Geonomos*, 8 (1): 9-13.
- COSTA, A.G.; MACIEL, S.L. 2001. Granada-cianita xistos com aplicação ornamental: exemplos da cidade de Mariana, Minas Gerais. XI Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.
- COSTA, A. G.; MACIEL, S. L.; PIMENTA, V.B. 2001. Rochas ornamentais e de revestimento: exemplos de aplicações de esteatitos, quartzitos, clorita- e granada-cianita xistos em monumentos históricos de Minas Gerais. VII Simpósio de Geologia do Sudeste. Rio de Janeiro, RJ.
- COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S.; MACIEL, S. L.; CALIXTO, C.; BECERRA, J.E. 2002. Rochas ornamentais e de revestimento: Proposta de classificação com Base na caracterização tecnológica. Anais do III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife, PE.
- FERREIRA C.M. 1991. *Estudos da Interação dos Efluentes da Fábrica da ALCAN com as Rochas utilizadas nos Monumentos Históricos de Ouro Preto*. Convênio ALCAN/ IBPC / DEGEO - UFOP. Ouro Preto, 70p.
- LÓPEZ J. C. 1996. *Manual de Rocas Ornamentais: Prospección, Explotación, Elaboración y Colocación*. Madrid, Gráficas Árias, 700p.
- MACIEL, S. L.; COSTA, A.G.; ROSIÈRE, C.A. 2001. Caracterização tecnológica dos esteatitos da região de Santa Rita de Ouro Preto, Acaiaca e Furquim e suas aplicações no setor da construção civil. XI Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.
- MARQUES A. E., Krätzig T. A. G., Herkenrath G. M. (ed.) 1994. IDEAS: *Investigations into Devices against Environmental Attack on Stones*. A German Brazilian Project. GKSS - Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht, Germany, 257p.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1997. Caracterização petrográfica e física de rochas com aplicação no setor de Rochas ornamentais. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 5, Atas...Penedo, SBG, Núcleo Rio de Janeiro e São Paulo, p. 414-416.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1998. Relações entre a petrografia e os índices físicos de mármore, quartzitos e granitos ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.323.
- OLIVEIRA, S.F.de; COSTA, A.G. 1998. Alterações de minerais e outros problemas relacionados aos materiais com aplicação no setor das rochas ornamentais. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Anais...Belo Horizonte, SBG 1, p.301.

PECCHIONI, E.; FRATINI, F. Il marmo bianco apuano nelle opere d'arte. L'Informatore del Marmista, no. 471, p. 36-44.

PIMENTA, V.B.; COSTA, A.G. 2001. Sistemática de investigações geológicas na exploração e caracterização de rochas ornamentais com aplicação na região de Dolores de Guanhanes. XI Simposio de Geologia de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG.

RESENDE, M.A. 1996. Biodeterioração de monumentos históricos. Microbiologia Ambiental - Embrapa, p. 335-356.

REVISTA DO SERVIÇO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. 1942. Algumas notas sobre o uso da pedra na arquitetura religiosa do nordeste. Ministério da Educação e Saúde. Rio de Janeiro, v. 06, p. 278-289.

RIBEIRO A. F. & Vidal F. W. H. (ed.). 2001. Anais do I Simposio de Rochas Ornamentais I^oSBRO/ .II^o SRON. Salvador BA, 145 p.

ROSSI, F. 2002. La Pittura di Pietra. Giunti Grupo Editoriale, Firenze, 177p.

SOUZA, G.G.; SANTOS, M.R.C. de; COSTA, A.G. 1999. Quartzitos da região de São Tomé das Letras: caracterização tecnológica e análise ambiental. In: Simposio de Geologia do Sudeste, VI, Anais...São Pedro, SBG/Núcleo São Paulo, p.155.

WINKLER, E.M. 1997. Stone in Architecture: Properties Durability. Springer-Verlag, Wien. With 219 Figures and 63 Tables, 311p.

MÉTODOS E TECNOLOGIAS DE LAVRA PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS BLOCOS DE GRANITO NO CEARÁ

Anísio Antônio de Matos Coelho¹ e Francisco Wilson Hollanda Vidal²

¹ Eng de Minas, DNPM – Ceará

R. do Rosário, 287 – 7º andar – Bairro Centro – CEP 60.055-090 – Fortaleza-CE

Fone: (85) 252-4439; 252-1852 / Fax: (85) 252-3289

² Eng de Minas, DSc. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT

ABIROCHAS – Rua Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Bairro Aldeota – 60.120-002 – Fortaleza-CE Fone:

(85) 246-2600 FÁx: (85) 246-0262 E_mail: abirochas@secrel.com.br

RESUMO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de apresentar um painel sobre a lavra de rochas ornamentais, destacando-se os tipos de métodos e as principais tecnologias de corte para o desmonte de blocos, com destaque para a lavra de granito das principais pedreiras em atividade no Estado do Ceará. Atualmente surgiu novas opções tecnológicas para produção de blocos de granito, como o fio diamantado e a argamassa expansiva já utilizadas em algumas pedreiras do Ceará.

Para ampliar o conhecimento sobre o assunto, fez-se uma análise das bibliografias, principalmente nacionais, disponíveis sobre o assunto, além dos processos do DNPM nas fases de autorização de pesquisa, projeto de lavra analisado e pedido de guia de utilização e, processos na fase de concessão de lavra.

A seguir são apresentadas as características tecnológicas dos granitos, métodos de lavra e tecnologias de corte utilizados na região de Sobral e Santa Quitéria. Foi realizado concomitantemente com o levantamento bibliográfico, visitas técnicas as pedreiras em destaque, a fim de estabelecer-se um paralelo entre as técnicas recomendadas nas bibliografias consultadas com aquelas, utilizadas no dia-a-dia das pedreiras.

INTRODUÇÃO

A extração de rochas ornamentais, no Estado do Ceará, era realizada, até um passado muito recente, apenas nas jazidas dos matacões de granitos, lavrados através de metodologia de seleção com o emprego explosivos (pólvora negra ou cordel), sem um controle na carga e grande espaçamento entre os furos. Trata-se de um Método aparentemente econômico, mas a recuperação da lavra era extremamente baixa (menor do que 30%), além de necessitar de grandes áreas de “bota-fora”. No caso de lavra dos maciços, iniciada a partir de 1994, a situação era idêntica e não havia uma escolha adequada do método/tecnologia de lavra a ser empregado. No período 1991-1994, o método adotado na extração dos granitos do Ceará era predominantemente baseado na lavra de matacões, praticamente soltos, com dimensões variando entre 10m³ e 100 m³, sem estudo técnico mais detalhado. A partir de 1995 foi intensificado a extração em maciços rochosos, utilizando as técnicas de cortes laterais com flame-jet para abertura da frente de lavra e, a

seguir, o desmonte do painel através de técnica de perfuração e explosivo (cordel detonante).

Com a exigência e crescimento da demanda de granito, em difusão na década de 90, com emprego de tecnologias avançadas de corte, colocou-se em evidência as vantagens da recuperação de lavra e da preservação do meio ambiente. O empresário da mineração no Ceará, principalmente àqueles neófitos de conhecimentos de novas tecnologias, começou a empregar em alguns casos o fio diamantado como a solução alternativa para as jazidas de granito.

A tecnologia do fio diamantado, em comparação com as tecnologias tradicionais atualmente utilizada no Estado do Ceará, especialmente dos granitos, apresentam vantagens indiscutíveis, tais como: um aumento na recuperação e melhor qualidade do produto, pela sua regularidade geométrica do corte, da redução dos danos no material e de limitar os efeitos devido ao uso de explosivos, nas rochas sensíveis ao efeito das detonações.

As aplicações das rochas ornamentais podem ser consideradas abrangentes pela infinidade de usos e utilizações, principalmente através de combinação de suas qualidades estruturais e estéticas. Estas aplicações podem ser reunidas em quatro principais grupos (Figura 1):

- Arquitetura e Construção
- Construção e revestimento de elementos urbanos
- Arte funerária
- Arte e decoração

Em qualquer das principais aplicações, este ciclo produtivo pode ser dividido em quatro etapas bem definidas, desde a atividade mineral até a conformação dos produtos finais: pesquisa, exploração, beneficiamento primário e beneficiamento final.

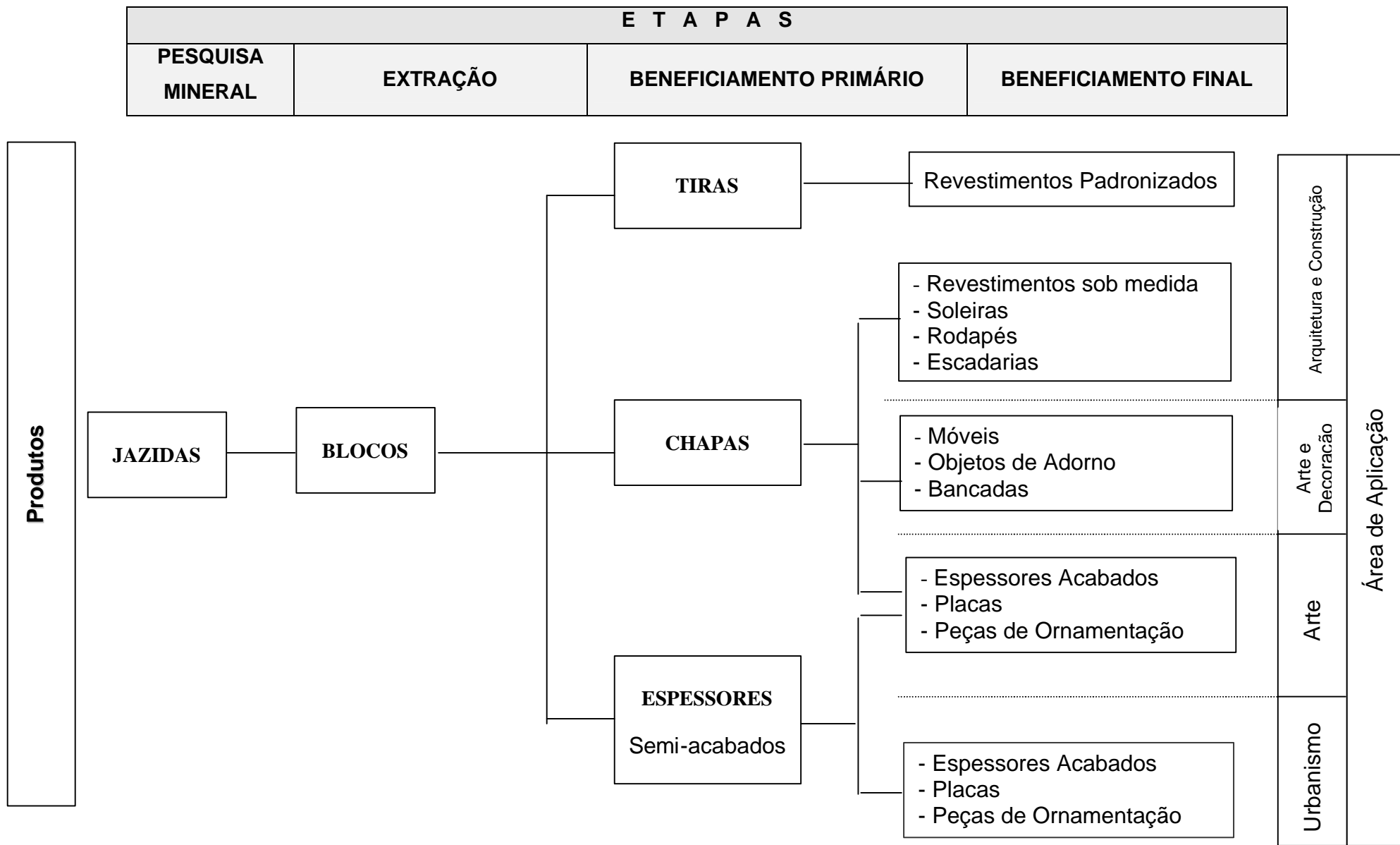


Figura 1 – Fluxograma Esquemático do Setor, com os Principais Produtos dos Segmentos do Ciclo de Produção de Rochas Ornamentais.
 Fonte: Alencar (1996) , Caranassios e Carvalho (1993).

PROJETO DE MINERAÇÃO

O projeto de mineração é um conjunto sistemático de informações que permite avaliar os custos e benefícios de uma alternativa de investimento. Como instrumento do planejamento global, regional ou setorial, sua origem pode ser: pública ou privada, por exigências de mercado ou estímulos governamentais; econômica, quando o objetivo é a realização de lucros; ou social, quando visa ao bem-estar da comunidade.

Os empreendimentos mineiros diferem dos projetos industriais tradicionais em vários aspectos:

- Cada jazimento tem características extremamente individualizadas, independentemente de semelhanças geológicas, topográficas e geográficas;
- Os empreendimentos mineiros têm um prazo de maturação muito longo, durante o qual utiliza recursos financeiros próprios, sem nenhuma entrada de recursos oriundos de instituições financeiras;

- As jazidas são recursos naturais e assim se localizam, muitas vezes, em locais longínquos, de difícil acesso e carentes de infra-estrutura;
- A vida do empreendimento mineiro é limitada, pois as jazidas, uma vez exauridas, determinam o fim da atividade industrial;
- Os recursos minerais são naturais e não renováveis e, como tais, precisam ser lavrados de uma maneira racional e planejada, que preserve ao máximo o meio ambiente.

Em síntese, os projetos de mineração são desenvolvidos por equipes multidisciplinares, passando por vários estágios de evolução, avaliação preliminar, prospeção e de pesquisa geológica detalhada da jazida, projeto básico de engenharia detalhado (ou executivo) seguido de implantação, pré-operação e operação. A figura 2 apresenta o fluxograma das etapas das operações desenvolvidas no projeto mineiro. A figura 3 mostra um fluxograma das etapas de um projeto de mineração e as exigências legais junto ao DNPM (Chaves, 1997 modificado pelos autores).

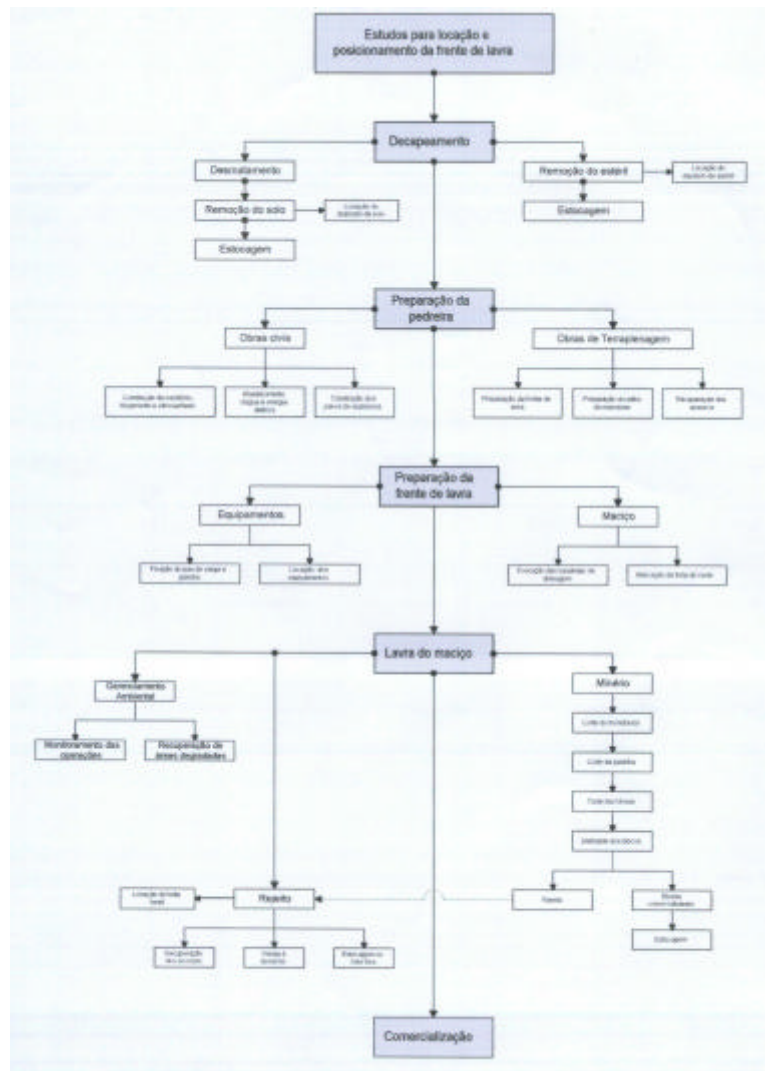


Figura 2 - Fluxograma das Etapas das Operações desenvolvidas no Projeto Mineiro. Fonte: Zaniboni e Vidal.

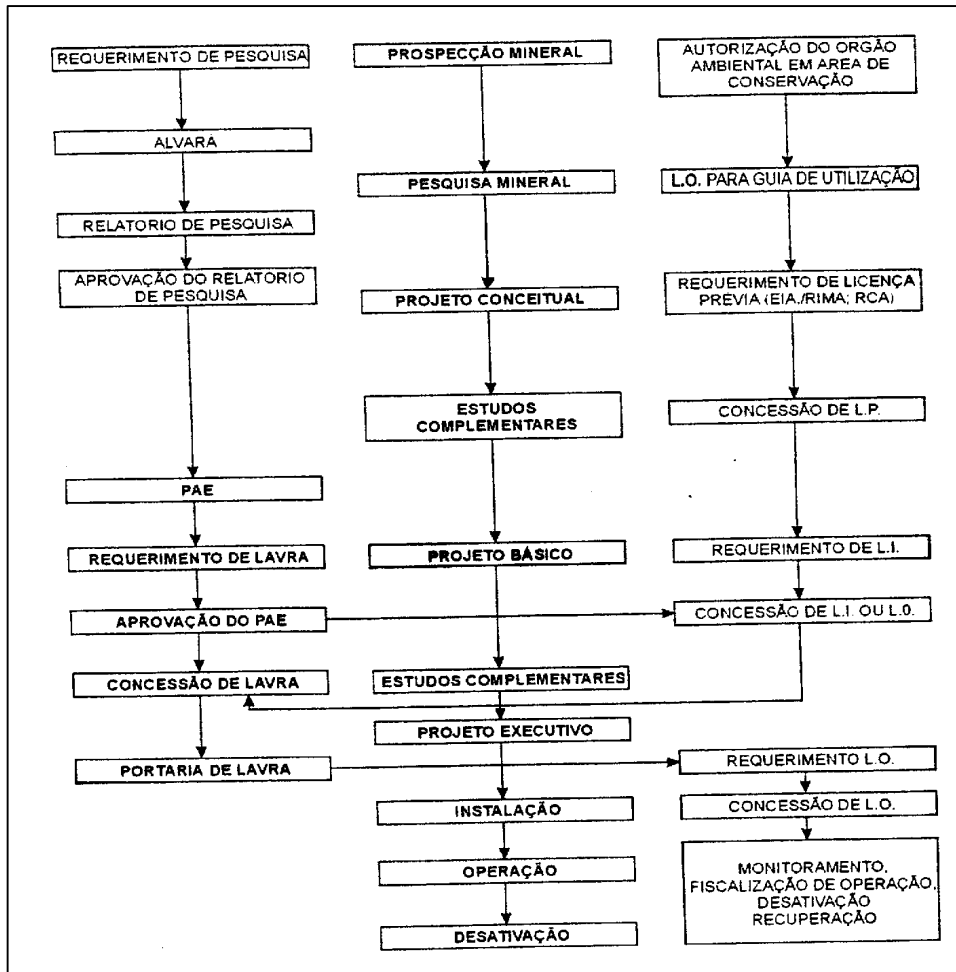


Figura 3 – Projeto de Mineração e as Exigências Legais
 Fonte: Chaves (1997)

MÉTODOS DE LAVRA

Lavra a Céu Aberto

Os métodos de lavra utilizados apresentam muitas vezes, diferenciações de rendimento e eficiência em virtude de aplicação de tecnologias inadequadas com condições geológicas e estruturais, acarretando com isso, variações acentuadas nos custos operacionais da extração.

A lavra a céu aberto pode ser realizada através dos cinco principais métodos utilizados e suas principais características (Figura 4): lavra por desmoronamento, lavra seletiva, lavra de matacões, lavra por bancadas; lavra por painéis verticais.

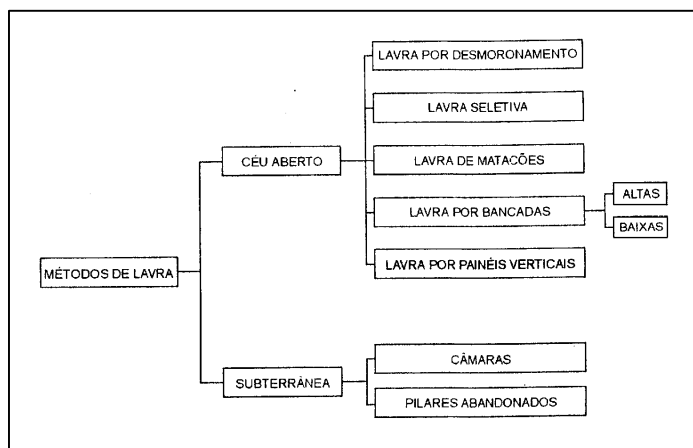


Figura 4 – Métodos de Lavra para Desmonte de Blocos de Rochas Ornamentais
 Fonte: Roberto (1998)

a) Lavra por Desmoronamento

Sua aplicação é limitada aos casos em que a rocha apresenta-se sob forma prismática delimitadas por falhas ou planos de estratificação subvertical, dispostos em afloramentos, onde os gradientes topográficos são muito altos (topografia acidentada). O desmonte é realizado através de explosivos, (pólvora negra ou cordel), sem critério. As condições de segurança, são extremamente críticas. Custo de produção: US\$ 50 a US\$ 110/m³e recuperação: < 40%.

b) Lavra Seletiva

Geralmente a configuração geral da pedreira é bem definida em todos os seus componentes, tais como: frentes de lavra, praças, rampas, áreas de manobra, bota-fora, etc. A geometria de cada frente fica condicionada ao andamento das fraturas que limitam a superfície. A produção é pequena, com recuperação muito baixa, necessitando de grandes áreas de "bota-fora". No corte primário, são utilizados, principalmente explosivos. Para o corte secundário, podem ser empregados outras tecnologias de corte.

c) Lavra de matacões

Os matacões são lavrados em duas etapas com o uso de explosivos (pólvora preta), aproveitando-se o plano de melhor separação e, a seguir, as partes resultantes são subdivididas e esquadrejadas por cunhas no próprio local. É uma lavra de baixo custo operacional e reduzido investimento inicial, possui baixa recuperação e, conseqüentemente, um aumento de produção de estéril, acarretando a necessidade de enormes áreas para a colocação do bota-fora. Custo de produção: US\$ 50 a US\$ 80/m³ e recuperação: 40% a 50%.

d) Lavra por bancadas

Este método é usado quando a pedreira encontra-se nas fases de lavra já bem desenvolvida e assume configurações geométricas regulares com altura de bancadas uniformes, podendo ser baixas ou altas. A geometria da cava é definida pelos seguintes parâmetros: altura dos bancos; largura das bermas; ângulo da face dos bancos e ângulo de talude.

Principais características da lavra por bancadas baixas

Quando sua altura é igual a uma das dimensões do bloco comercializável a jazida possui conformação tabular e planos de descontinuidade paralelas subhorizontais. Neste caso, o desenvolvimento da frente de lavra pode ser extenso e articulado, essencialmente nos casos de elevada produção; temos maior flexibilidade das frentes de lavra em função das feições estruturais presentes; seletividade baixa, com conseqüente redução da produção; maior estabilidade das frentes de lavra; maior segurança do trabalho; e menor impacto visual.

Principais características da lavra por bancadas altas

Quando sua altura é maior do que 8m, ou seja, é igual a um número múltiplo de uma das dimensões do bloco. Blocos de volumes grandes (1000m³) são subdivididas em volumes menores (100 m³) e estes em blocos comercializáveis de 10m³. Aplicável a rochas com grande heterogeneidade qualitativa e estrutural e de difícil recuperação ambiental.

e) Lavra por painéis verticais

A jazida é dividida em painéis verticais cuja espessura coincide com uma das dimensões do bloco, sendo que o limite inferior coincide com a cota da praça e a altura varia de acordo com o perfil do afloramento.

Lavra Subterrânea

Utiliza o método de câmaras e pilares abandonadas; pequeno impacto visual e não ocupa superfície territorial; controle de difícil estabilidade; formação de grandes vazios subterrâneos; problemas geo-mecânicos; risco maior de acidente de trabalho; e maior custo unitário.

Tecnologias de Lavras

A melhor escolha para a execução baseada nas operações que integram os ciclos operacionais da tecnologia de lavra é em função do tipo de morfologia da jazida, de suas reservas, das características mineralógicas, petrográficas e estruturais da rocha, da infra-estrutura local existente e do valor do mercado do bem mineral.

As tecnologias denominadas como tradicionais, podem ser divididas em dois grupos principais: tecnologias cíclicas e tecnologias de corte contínuo, incluindo as tecnologias avançadas de corte.

a) Tecnologias cíclicas

Ciccu (1989) e Caranassios (1993) explicam que os cortes necessários para isolar um volume de rocha são realizados através da sucessão de diversas operações, algumas parcialmente ou totalmente sobrepostas, que vão constituir as fases de um ciclo. Estas tecnologias baseiam-se, principalmente, na técnica de perfuração, e são caracterizadas por grande versatilidade e poder de adaptação em situações de atividades extrativas, as mais diversas. De modo prático, existe uma completa compatibilidade nos confrontos das diferentes tecnologias de lavra, mas nem sempre é prudente recorrer integralmente à sua utilização, preferindo-se muitas vezes adotar combinações entre elas.

A técnica de corte baseada na utilização de explosivos carregados em furos dispostos próximos entre si e que define um plano de corte encontra-se muito difundida e, de certa forma, preferida pela maioria das empresas voltadas à produção de blocos. Devido a sua versatilidade, facilidade de execução, condições favoráveis da rocha e custos normalmente inferiores, suplantam as técnicas alternativas para o caso de pedreiras cuja produção varia de média a baixa. Esta pode ser comparada técnica e

economicamente com as tecnologias cíclicas de perfuração contínua e massa expansiva. De acordo com os autores Bortolussi *et al.*(1988) e Cardu (1992), na Itália vem-se generalizando o uso do cordel detonante, um explosivo com velocidade de detonação, constituído pelo tetranitrato de penta-critritol (nitropenta), com velocidade variando de 6.800 a 7.200 m/s e possui diferentes gramaturas. Existe no mercado o NP-10 = 10g de nitropenta por metro e assim, sucessivamente NP-5 = 5g, NP-3 = 3g = 2g. NP-10 é o cordel que possui a maior energia de choque e, conseqüentemente, maior capacidade de fraturar a rocha dependendo do tipo da mesma. Recomenda-se sua utilização para granitos SS (acima de 25% de quartzo).

Ito *et al.* comentam que a detonação controlada através de cordel detonante, é uma técnica criada para fazer um acabamento final no desmonte da pastilha, parecendo como se a rocha fosse cortada com a faca, deixando o restante praticamente uniforme, sem “overbreak”. Segundo os autores, através da observação da face criada por esta técnica, uma linha de fissura maior é criada de furo a furo sendo este executados em paralelo no plano projetado do corte.

b) Tecnologia de Corte Contínuo

Segundo Ciccu (1980) e Caranassios (1993), explicam que as tecnologias de corte contínuo constituem-se basicamente naquelas cujas operações são efetuadas sem o uso predominante da perfuração e explosivo, principalmente com relação a rochas de origem carbonatadas (mármore), com destaque para o fio helicoidal e os cortadores a corrente. Outro tipo de tecnologia de corte contínuo é o “flame-jet”, utilizado nas pedreiras de granito para solucionar o problema da abertura de canais e rebaixos onde a falta de superfícies livres inviabiliza o uso de explosivos. A Figura 5 apresenta uma ilustração esquemática do corte com “flame-jet”, com respectivos parâmetros operacionais.



PARÂMETROS	
Temperatura da chama (°C).....	1.500 -2.000
Largura do corte (cm).....	10
Avanço do corte por passadas (mm)....	6
Velocidade de corte (m ² /h).....	0,5 – 1,5
Inclinação (graus).....	60
Consumo de ar comprimido (m ³ /min)....	10
Pressão do ar comprimido (Mpa).....	0,85
Combustível (m ³ /h).....	0,020 – 0,075

Figura 5: Corte com “Flame-Jet”
Fonte: Vidal (1995)

A técnica do corte com flame-jet, consiste no uso de uma câmara de combustão revestida de material refratário, na qual são inseridos simultaneamente o comburente (ar comprimido ou oxigênio em garrafa) e o combustível (querosene ou óleo diesel) nebulizado, que proporciona uma chama àquela produzida pelo maçarico oxiacetilênico. A temperatura de saída do gás é da ordem de 1.300 °C, ou mais, no caso da utilização de oxigênio como comburente. O processo de corte na rocha, isto é, a desagregação, não se obtém por fusão, mas sim pelo fato de a elevada temperatura promover a dilatação dos minerais, principalmente quartzo, que estando em situação de confinamento, não pode expandir-se deliberadamente, ocasionando, assim, o rompimento de acordo com as superfícies cristalográficas.

Tecnologia avançada de corte

Segundo Ciccu (1989) a atividade de extração das rochas ornamentais tem registrado um crescente progresso, no aperfeiçoamento das tecnologias tradicionais e na proposta de técnicas modernas caracterizadas por ótimas prestações e melhores condições de ambiente do trabalho. Em alguns casos significativos, as tecnologias inovadoras apresentaram custos inferiores e viabilidade econômica, melhorando ainda a precisão do corte e mantendo íntegra a qualidade da rocha. As novas tecnologias de cortes introduzidas a nível industrial nas pedreiras são, de um lado, aquelas baseadas no uso de elementos diamantados (fio e corrente diamantada) e, do outro, aquelas que utilizam jatos d’água a grande velocidade (puros ou com abrasivos).

Capuzzi (1983), descreve o procedimento do corte com fio diamantado na extração de rochas carbonatadas (mármore), apresentando as primeiras máquinas de corte com esta tecnologia e a diferença entre o sistema operacional das máquinas hidráulica e elétrica.

Bertolini *et al.*(1986) comentam a substituição da tecnologia do fio helicoidal através da evolução constante das tecnologias de abrasivos diamantados nas minas de Carrara, Itália, sob o ponto de vista técnico e aplicativo, para os cortes de paredes verticais e pisos horizontais com diferentes tipos de máquinas da época. Os autores destacam a máquina eletrodinâmica como sendo de última geração para o corte com fio diamantado e argumentam a necessidade de muito estudo na família de ligas de materiais com os abrasivos diamantados eletrodepositados e sinterizados, para o uso no corte das rochas silicatadas. A Figura 6 apresenta uma ilustração esquemática do corte com o fio diamantado.

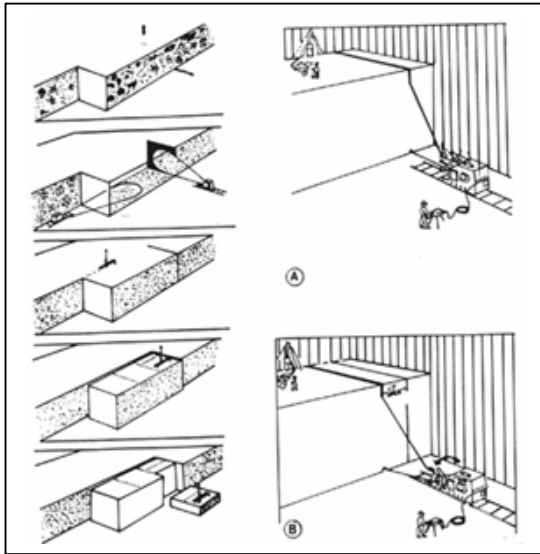


Figura 6 – Ciclo do Corte com Fio Diamantado.

O “wat jet” possui como característica principal a alta pressão do jato d’água, que varia de 100 a 300 MPa, sendo a precisão e rendimento proporcionais à pressão. A velocidade de corte pode atingir 3,5m²/hora em rochas silicosas e silicatadas. O mecanismo de corte consiste em fragmentar a rocha em partículas do tamanho aproximado dos grãos minerais, de acordo com as micro-fraturas dos cristais.

Os autores Bortolussi et al. (1989), Caranassios e Ciccu (1992) chamam atenção que, em comparação com as técnicas tradicionais, o fio diamantado garante um aumento na recuperação e uma melhor qualidade do produto, seja pela regularidade geométrica do corte, seja pela redução de danos no material, além de evitar os problemas de meio ambiente devido ao uso de “flame-jet” e de explosivos, principalmente, nos granitos sensíveis aos efeitos das detonações. A Tabela 1 apresenta os parâmetros técnicos entre o corte com fio diamantado e “flame-jet” para rochas tipo graníticas.

Tabela 1 – Parâmetros Técnicos entre o corte com o fio diamantado “flame-jet” para granitos.

Parâmetros Técnicos	Fio Diamantado	“Flame-jet”
Velocidade de corte (m ² /h)	1,5 - 6,0	1,0
Largura do corte (cm)	1,0 - 1,2	6,0 - 10,0
Desvio superficial (cm)	1,0 - 4,0	10,0 - 30,00
Consumo de água (m ³ /h)	3,0	-
Mão-de-obra (nº de homens)	1,0	2,0
Nível do ruído (dB)	70	130

Fonte: Digita - Universidade de Cagliari.

Bortolussi et al. (1998), apresentam uma revisão compreensiva das tecnologias existentes sendo suas aplicações relativas ao mármore e granito, dependentes das condições técnico-econômicas, de operação das etapas de lavra, incluindo sua localização, bem como das características dos produtos intermediários e finais.

A Tabela 2, apresenta uma comparação técnico-econômica das diferentes tecnologias existentes para lavra de granito cuja velocidade de corte média é de 4 m²/h, com o custo de corte unitário médio de US\$ 70.00 /m². Sabe-se que no caso dos mármore a velocidade de corte média é bem maior (11 m²/h) e o custo de corte unitário médio bem mais baixo (US\$ 20.00 /m²).

Segundo Bortolussi et al. (1988), a lavra das rochas ornamentais, em particular o granito, geralmente é feita utilizando combinações de diversas tecnologias com o objetivo de maximizar o resultado econômico e conferir a necessária flexibilidade ao ciclo produtivo. No entanto, métodos mais destrutivos, como aqueles baseados no uso de explosivo e do “flame-jet” são mais adequados para a execução dos cortes primários no que se refere ao destaque da bancada de grande volume, restando os outros métodos para a subdivisão sucessiva, e em particular, as operações de retalho e esquadreamento dos blocos. Parece não muito lógico, por exemplo, utilizar o “flame-jet” como uma técnica única para extração direta dos blocos do maciço, tendo em vista a chance de redução do volume utilizável, levando-se em consideração a extensão da zona danificada. Analogamente, sabe-se que é aconselhável evitar o uso do explosivo para subdivisão de volumes inferiores de 40 a 50 m³.

Tabela 2 – Comparação técnico-econômica das tecnologias existentes para a lavra de granito.

MODALIDADE OPERACIONAL E PRESTAÇÃO	PARÂMETROS TÉCNICOS					
	EXPLO	FH	FD	CC	PC	CMH
Velocidade de corte (m ² /h)	-	1-2	3-4	1-3	-	-
Largura do corte (mm)	-	80-100	11-12	30-50	-	-
Rugosidade (cm)	5-8	4-6	2-4	1-2	2-3	4-8
Espessura da zona de desperdício (cm)	5-10	10-20	-	-	-	-
Dedução comercial (cm)	10-18	14-26	2-4	1-2	2-3	4-8
Custo de corte unitário (US\$/m ²)	23-30	75-90	60-90	35-60	35-40	25-31
Valor perdido (*) (US\$/m ²) de acordo com a Qualidade da rocha: valor						
200 (US\$/m ²)	20-36	28-52	4-8	2-4	4-6	8-16
400 (US\$/m ²)	40-72	52-104	8-16	4-8	8-12	16-32
800(US\$/m ²)	80-144	104-208	16-32	8-16	16-24	32-64

Fonte: BORTOLUSSI et al. (1988)

Legenda:

EXPLO = Desmonte com explosivo

FH = Fio helicoidal

FD = Fio diamantado

CC = Cortador à corrente

PC = Perfuração contínua

CMH = Cunha mecânica ou hidráulica

(*) Coeficiente de utilização para uma área de corte de 50%

Principais Pedreiras

O Ceará, desde 1994 tem se destacado no mercado, por sua diversidade de litotipos, pois conta com cerca de 50 (cinquenta) tipos diferentes de rochas ornamentais e de revestimentos sendo os mais produzidos atualmente, de granitos: Branco Ceará, Branco Cotton, Branco Cristal Quartzo, Rosa Iracema, Verde Meruoca, Verde Ceará, Verde Ventura, Casa Blanca, Giallo Falécia, Red Dragon, Gree Galaxy, Juparaná Montiel; mármore: Bege Capri, Blue Marine, Bege San Marino, Nero Marquina e Pedra Natural: Calcário Laminado do Cariri, conhecido comercialmente como Pedra Cariri.

No Estado do Ceará observa-se que o NNW responde por 85% da extração de granitos e o Sul do Estado 10% pela Pedra Cariri. O Ceará é o 6º maior produtor de blocos e o 4º maior produtor de acabados no país.

COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

No Estado do Ceará pode-se destacar como tecnologia mais utilizadas a de corte por "flame-jet", por fio diamantado (a mais usada nas pedreiras) e ainda, corte através de perfuração e explosivos. Recentemente, algumas pedreiras vêm utilizando a tecnologia de massa expansiva no desmonte de rochas ornamentais, uma técnica de produto expansivo, aplicado no interior dos furos, que funciona através de reação química, quando misturado com água.

As empresas cearenses que estão adotando a tecnologia de corte com fio diamantado, como é o caso da GRANISTONE (Santa Quitéria), tiveram melhor desempenho e produtividade nas pedreiras. No caso da GRANOS (Meruoca), além da aplicação do fio diamantado, está sendo utilizada a técnica da argamassa expansiva obtendo uma recuperação de 82%, na pedra do granito "Meruoca Clássico". No caso particular desse granito com bancadas baixas, a tecnologia da massa expansiva é a melhor alternativa em substituição à perfuração com explosivos. No entanto, para o caso de bancadas altas esta alternativa de massa expansiva fica inviável técnica e economicamente.

CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada, a partir dos dados levantados, através de bibliografias e estudo de campo, as principais conclusões, advindas do presente trabalho, são as seguintes:

- Inexistência ou desconhecimento de tecnologia que permita condicionar a rocha ornamental ao insumo mineral especificado pela indústria;
- Inexistência de adequada infra-estrutura (estradas, energia, água, escolas, posto de saúde, etc.) para implantação e/ou ampliação dos empreendimentos minerais no Estado;
- Elevados riscos financeiros, especificamente, para as rochas ornamentais comercializadas no

mercado internacional, que se caracterizam pela grande e contínua oscilação nos preços;

- Pequena disponibilidade de recursos financeiros;
- Incentivos fiscais inexistentes ou de pouco impacto, numa região que não permite ao minerador cearense concorrer com a produção ofertada de outras regiões;
- Deficiência no fomento e fiscalização da produção mineral por insuficiência de pessoal técnico nos órgãos oficiais;
- Recessão na construção civil (o principal mercado consumidor dos produtos de rochas ornamentais (cerca de 75%) - em pisos revestimentos e trabalhos estruturais e da utilização na arte funerária (15%);
- Descapitalização das empresas;
- Pequena oferta de matéria-prima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. R. A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. Tecnologia de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais. Fortaleza: FIEC/IEL, vol. 3, p.11-15, 1996.

BORTOLUSSI, A. et al. Escavazione e preparazione du blocchi di granito. MARNI GRANITI, PIETRE, Carrara, n. 162, p. 17-33. 1989.

CHAVES, P. Arthur. Gerenciamento de Projetos de Mineração, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CICCU, Raimondo; VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. Extração de rochas ornamentais. Módulo do Curso de Especialização em Tecnologia de Extração & Beneficiamento de Rochas Ornamentais. Fortaleza, 1999.

CICCU, Raimondo; Coltivazione e Valorizzazione dei lapidei silicei quarrying and processing of eruptive rocks. ATTI DELLE GIORNATE DI STUDIO, Convegno Internazionale Su: Situazione e Prospettive Dell'Industria Lapidea, A.N.I.M., Cagliari, 1989. Anais, Cagliari, 1989, p. 165-177.

DUARTE, Giovanni William. Método de lavra determina a eficácia do rendimento. Rochas de Qualidade, São Paulo, n. 138, p. 91 -110, 1998.

ROBERTO, Fernando Antonio da Costa. Rochas ornamentais do Ceará. Geologia, Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Mercado. Fortaleza, 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Ceará – UFCE.

SOUSA, W. Triqueiro de. - Impactos dos Métodos de Lavra a céu aberto no Meio Ambiente, Curso de Controle Ambiental na Mineração. DNPM/CNPq/UFOP, Ouro Preto. 1995.

SOUZA, Petain Ávila de. - Avaliação Econômica de Projetos de Mineração – Análise de Sensibilidade e Análise de Risco, Belo Horizonte, 1995.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; STELLIN JÚNIOR, Antonio. A indústria extrativa de rochas ornamentais

no Ceará, USP, São Paulo, p. 1, 1995. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VIDAL, Francisco Wilson Holanda. Perspectiva do Setor Mineral de rochas ornamentais. Fortaleza, 1994.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. Estudo dos elementos abrasivos de fios diamantados para a lavra de granitos do Ceará. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.5-6, 1999.

BERTOLINI, R. *et al.* Le moderne tecnologie nella estrazione lapidea nazionale ed. internazionale. Convegno internazionale la cava nel 2000. Tra innovazione tecnologica e nuove dinamiche di mercato. In: FEIRA INTERNAZIONALE MARMI E MACCHIN CARRARA, 7., 1986, Carrara.

BORTOLUSSI, A. *et al.* Improved Technology and Planning in Modern Stone Quarrying. In: SYMPOSIUM ON MINE PLANNING AND EQUIPMENT SELECTION, 1988, Balkema. Anais... Rotterdam, 1988. p. 107 – 119.

CARANASSIOS A. Applicazione di tecnologie avanzate per il taglio del granito. 1993. 368f. Tesi (dottorato) - Università Degli Studi di Cagliari, Cagliari, 1993.

CARANASSIOS, A.; CICCUCO, R. Tecnologia de extração e valorização das rochas ornamentais. Rochas de Qualidade, São Paulo, n. 109, p.58- 77, 1992.

CAPUZZI, Q. Una tecnologia nella escavazione dei marmi apuani: Le Tagliatrici a filo diamantato. Atti delle Giornate di Studio, Il CONVEGNO NAZIONALE SU: LE ATTIVITA ESTRATTIVE E LA PROBLEMATICA DEL TERRITORIO, A.N.I.M., Bergamo, 1983. Anais... Bergamo, 1983 24-26, novembro 1983.

STELLIN JÚNIOR, A.; CARANASSIOS. A Extração de rochas ornamentais. Brasil Mineral, São Paulo, n. 89, p. 30-34, 1991.

ITO, I. *et al.* Rock breakage bu smooth blasting. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 2, Belgrade, 1970. Proceedings. Paper n. 5-6.

CARDU, M. Il Método della miccia detonante per il taglio del granito: In: CONFERENZA EUROPEA SULLE CAVE - EUROCAVE, A.N.I.M., 1., 1992, Saint Vincent. Anais... Saint Vincent, 1992. p. 184 - 187.

PEITER, C & CHIODI FILHO, C. Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ABIROCHAS, 2001.

PEDREIRA ESCOLA: CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA

Hélio Carvalho Antunes de Azevedo¹ e Ernesto Fernando Alves da Silva²

¹ Cordenador Geral do Projeto Pedreira –Escola .

² Cordenador de Treinamentos

CBPM – 4ª Avenida, 460 – CAB – CEP 41.745-000 – Salvador - BA
Fone: (71)370-7510 – Fax: (71)370-7548 – E-mail: hazevedo@cbpm.com.br

RESUMO

O presente trabalho relata a experiência de implantação da primeira pedreira-escola ibero-americana no Município de Ruy Barbosa, Bahia. Trata-se de um projeto iniciado em abril de 2001, que objetiva promover a formação, treinamento e aperfeiçoamento de mão-de-obra operacional, gerencial e empresarial, bem como a pesquisa geológica e o desenvolvimento tecnológico visando o segmento de extração de rochas ornamentais. É um projeto do Governo do Estado da Bahia, através da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM/Secretaria de Indústria, Comércio e Mineração - SICM, em parceria com o Governo Federal, através do Centro de Tecnologia Mineral do Ministério da Ciência e Tecnologia – CETEM/MCT e apoio da Secretaria de Minas e Metalurgia do Ministério de Minas e Energia – SMM/MME, através do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, e do SIMAGRAN-BA com suporte internacional do programa CYTED – *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Em agosto de 2002 foi inaugurada a sede da escola e até dezembro do mesmo ano será finalizada a preparação da pedreira (acessos, áreas de estocagem e movimentação de blocos e rejeitos, instalações auxiliares e abertura da primeira frente de lavra) em uma jazida cedida pela Mineração Corcovado. O material a ser produzido na pedreira é denominado granito *Beija-Flor*, e trata-se de uma rocha migmatítica que possui uma boa penetração no mercado. Nesses locais acontecerão a demonstração e aprendizado prático de técnicas de pesquisa de jazidas, extração de blocos, estendendo-se até a comercialização do produto final, incluindo neste contexto o mapeamento de detalhe da jazida, a abertura e o desenvolvimento de frentes de lavra, a operação e manutenção de equipamentos, demonstração de novas tecnologias, além da segurança e higiene no trabalho e dos aspectos ambientais. Espera-se que esta pedreira sirva de modelo para outras não apenas no Brasil mas, também, em outros países ibero-americanos. Os treinamentos da Pedreira-Escola, em caráter experimental, iniciaram-se em março de 2003 com o curso Planejamento de Lavra de Rochas Ornamentais. A seguir, no período de julho a setembro de 2003 foi realizado o curso Operação e Manutenção de Equipamentos e de Sistemas de Perfuração Pneumática de Rochas Ornamentais.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais e teve em 2001 uma produção de 5,2 milhões de toneladas, com cerca de 500

variedades comerciais. A maior parte dessa produção está localizada na região sudeste do país, principalmente nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, com uma indústria mais desenvolvida para o setor. Destaca-se, ainda, pelas suas imensas reservas e pela variedade e beleza cromática de seus materiais, especialmente granitos. O Estado da Bahia está passando também a ser um dos grandes produtores nacionais. Nestes últimos 11 anos, o continuado apoio do governo do estado ao setor, atuando em parceria com as empresas produtoras, levou a Bahia a ocupar o 3º lugar na produção nacional de granitos e a se firmar como um dos principais exportadores do país. De fato, dois terços do seu território de 560 mil km² são extremamente favoráveis à prospecção e pesquisa de granitos, o que, aliado ao bom nível de conhecimento geológico disponível, às boas condições de infra-estrutura básica e à diversidade de rochas e de tipos comerciais em produção, tornam a Bahia um local atraente para investimentos neste setor.

De modo diferente ao que ocorre nos outros estados, de destacada importância no setor de rochas ornamentais, em particular o estado do Espírito Santo, os indicadores oficiais registram um pequeno número de empresas de beneficiamento de mármore e granitos atuando no estado, e um número modesto de teares e talha-blocos (inferior a 60), demonstrando, dessa forma, ser a Bahia um mero produtor e exportador de blocos brutos, e ainda assim em quantidades muito aquém das possíveis, pela capacidade de extração das empresas operantes e pela potencialidade geológica existente. Esse panorama é aplicável a muitos outros estados do Brasil, não apenas ao da Bahia.

As causas desse panorama são variadas e vão desde a falta de investimentos privados às carências de tecnologia de pesquisa geológica e de desenvolvimento tecnológico, à falta de conhecimentos das atividades de mineração e pesquisas específicas sobre as técnicas de lavra aplicáveis às rochas ornamentais, à falta de utilização de equipamentos modernos e, especificamente, à falta de mão-de-obra qualificada, operacional, gerencial e até mesmo empresarial para o setor.

OBJETIVOS

Em consonância com a imensa potencialidade do estado da Bahia para a exploração e a produção de rochas ornamentais, bem como a grande variedade cromática de suas rochas, fator de atratividade para investimentos privados, e em parcerias com: o Simagran - Sindicato dos Produtores de Mármore, Granitos e Similares do Estado da Bahia, a Mineração

Corcovado e o Cetem - Centro de Tecnologia Mineral, a CBPM implantou e opera, na região de Ruy Barbosa, maior pólo produtor de granitos da Bahia, o Projeto Pedreira-Escola, que tem os seguintes objetivos, dentre outros:

- Formar e capacitar mão-de-obra operativa, técnica e gerencial para o setor de rochas ornamentais baiano e brasileiro;
- Pesquisar e incorporar inovações tecnológicas no campo da extração de rochas ornamentais;
- Tornar-se um laboratório de estudos conjuntos com universidades e centros de pesquisa, nacionais e internacionais, no campo de rochas ornamentais;
- Proporcionar aos fabricantes de equipamentos e empresas de serviço um local apropriado para demonstração de utilização de novas tecnologias e equipamentos na extração, manuseio e aparelhamento de blocos de rochas ornamentais.

A aplicação destes objetivos ,como já enfatizado, transcende a Bahia, pretendendo, através de parcerias e solicitações, abrigar ações, estudos, pesquisas e treinamentos para o setor nacional de rochas ornamentais.

INFRA-ESTRUTURA

No seu estágio atual, o Projeto obteve os seguintes resultados:

- Detém uma jazida de granito, (granito Beija Flor), distante 15 km da sede do projeto, cedida pela Mineração Corcovado, preparada em sua infra-estrutura básica com o auxílio do Cetem e com painéis de exploração abertos e formatados para os treinamentos práticos;
- Já adquiriu seus equipamentos básicos (máquina de fio diamantado marini, perfuratrizes pneumáticas manuais, perfuratrizes pneumáticas de coluna, sonda rotopercussiva boart longyear, jet flame, compressores de 360 e 930 pcm, grupo gerador, lança para movimentação de blocos, além de viaturas);
- Dispõe de instalações construídas na cidade de Ruy Barbosa, totalizando 400 m², onde funcionam: prédio 1 - gerência e oficinas; prédio 2 - hospedaria, refeitório, salas de aula, biblioteca e sala de lazer;
- Dispõe ainda de uma programação básica de cursos e treinamentos, estruturada e estabelecida em sintonia com as necessidades manifestadas pelos empresários do setor.

CURSOS E SEMINÁRIOS

Os cursos da pedreira-escola são profissionalizantes nas diferentes atividades de pesquisa, planejamento de lavra e funções de

operação de uma pedreira de rochas ornamentais, e estabelecidos de acordo com as sugestões e necessidades manifestadas pelas empresas e entidades do setor de rochas ornamentais;

São práticos, de curta (40 horas) a média duração (100-300 horas), buscarão não só formar operadores e encarregados de manutenção de equipamentos, como também técnicos, gerentes e empresários para o setor;

Serão ministrados por uma equipe de instrutores constituída por geólogos e engenheiros de minas com boa prática em mineração e extração de rochas ornamentais e por instrutores disponibilizados pelos parceiros fabricantes de equipamentos como ATLAS Copco, Chicago Pneumatic, Sandvik, Boart Longyear, entre outros;

Serão igualmente sintonizados com programas de especialização de universidades nacionais e com parcerias e ações desenvolvidas com centros, nacionais e internacionais, de pesquisas e de formação e treinamentos profissionalizantes.

E, de acordo com o plano temático e programação estabelecidas para o biênio 2004/2005, em princípio abrangerão os seguintes temas:

ÁREA I: Pesquisa Geológica & Estudos de Viabilidade & Planejamento de Lavra

- Prospecção e Pesquisa de Áreas Para Exploração de Rochas Ornamentais.
- Análise da Viabilidade Técnico-Econômica de Exploração e de Lavra de Granitos.
- Planejamento de Lavra de Granito. Mecânica de Rocha Aplicada à Lavra de Rochas Ornamentais. Amostragem Industrial em Áreas de Granito - Viabilização da Exploração Racional.
- Detecção e Análise de Fraturas por Ultra-som e Radar Penetrante (GPR).

ÁREA II: Produção de Rochas Ornamentais

- Metodologias e Técnicas na Produção de Rochas Ornamentais.
- Abertura e Desenvolvimento de Frentes de Lavra de Granitos.
- Operação e Manutenção de Equipamentos Básicos:
 - 1 - Grupos Geradores; 2 – Compressores; 3 - Perfuratrizes Pneumáticas (Marteleto Portáteis); 4 - Perfuratrizes de Coluna; 5 - Sonda Rotativa – Boart Longyear; 6 - Lança de Movimentação de Blocos (Pau de Carga).
- Operação e Manutenção de Equipamentos de Corte e Extração de Rochas Ornamentais:

1 - Máquina de Fio Diamantado; 2 - Jet Flame.

- Operação e Manutenção de Equipamentos de Movimentação e Transporte de Blocos e Rejeitos:

1 - Pá-Carregadeira; 2 - Trator de Esteira; 3 - Eletricidade Básica de Circuitos Operativos e Mecânica de Prevenção e Conservação de Equipamentos.

- Processos e Técnicas Especiais de Extração de Rochas Ornamentais.

ÁREA III: Administração & Gestão & Saúde e Segurança

- Planejamento e Gestão de Empreendimentos de Extração de Rochas Ornamentais

- *Elaboração do Plano de Negócios*
- *Administração de Pedreiras e Gerência de Produção*

- Saúde e Segurança do Trabalho
- Legislação e Gestão Ambiental

ÁREA IV: Atividades e Treinamentos Especiais & Pesquisas Aplicadas

- Seminários e Sinopses de Treinamentos para Empresários e Técnicos.
- Demonstração de Novas Técnicas & Equipamentos e de Materiais & Insumos.
- Cursos e Demonstrações Itinerantes de Técnicas & Equipamentos & Materiais.
- Pesquisas Aplicadas

As atividades de treinamento da Pedreira-Escola, em caráter experimental e piloto, iniciaram-se em março de 2003 com o curso: PLANEJAMENTO DE LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (10 - 14 março 2003) e continuaram com o primeiro curso público sob o título de: OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS E DE SISTEMAS DE PERFURAÇÃO PNEUMÁTICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.

Este último curso experimental enfocou a operação e a manutenção de equipamentos e sistemas de perfuração de rochas ornamentais, profissionalizou perfuradores de rochas e encarregados de manutenção de equipamentos e sistemas, teve 300 horas de duração sendo: 200 horas de práticas e 80 horas de ensinamentos teóricos complementados com testes e avaliações práticas e teóricas. Foi realizado na cidade de Ruy Barbosa, nas instalações da pedreira-escola e na jazida de granito Beija-Flor, no período de 15 de julho a 28 de setembro, com uma frequência de 18 aprendizes nos módulos I e II e 9 aprendizes (técnicos) no seu módulo III, este mais especializado e dedicado à avaliação de custos e rendimentos e à utilização de sistemas computacionais de análise.

Seu conteúdo programático abordou os seguintes tópicos:

MÓDULO	CONTEÚDO	DURAÇÃO
I	Conhecimentos gerais e de nivelamento; conhecimento e características dos equipamentos e sistemas; componentes e acessórios utilizados; montagem e desmontagem de equipamentos (perfuratrizes e sonda) sistemas e componentes, manutenção preventiva de equipamentos e sistema.	50 horas, sendo 25 de práticas e 5 de avaliações.
II	Operação de compressores; operação de sonda Boart Longyear; operação de perfuratrizes manuais; operação de perfuratrizes de coluna; manutenção preventiva de equipamentos e sistemas de perfuração; controles de rendimento e análises de performance - noções de segurança de trabalho; riscos, recuperação e preservação ambiental.	200 horas, sendo 160 de práticas e 10 de avaliações.
III	Controle de rendimento e análise de performance II; otimização de equipamentos e sistemas (análise de custos & benefícios); sistema de controle operativo de pedreiras - Sicop - I.	50 horas, sendo 15 de práticas e 5 de avaliações.

A partir deste curso amplo e do material didático elaborado estão sendo dimensionados e estruturados cursos mais rápidos e expeditos, sintonizados com o programa básico do projeto e na linha da operação e manutenção de equipamentos.

Complementando as atividades de treinamento nos próximos seis meses o projeto pedreira escola estará programando os seguintes cursos e seminários:

Cursos:

- TECNOLOGIA DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS A FIO DIAMANTADO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTO; 106 horas, participação de fabricantes de equipamentos e de fios diamantados, novembro de 2003, 20 vagas.
- AMOSTRAGEM INDUSTRIAL DE ÁREAS DE GRANITO, dezembro 2003 ou janeiro 2004, 30 dias, 8 vagas (geólogos e engenheiros de minas e técnicos de mineração).
- PROSPECÇÃO, PESQUISA E LAVRA EXPERIMENTAL DE ROCHAS ORNAMENTAIS, dezembro 2003 ou fevereiro

2004, 20 vagas (geólogos, engenheiros de minas).

Seminários Técnico-Empresariais:

- TECNOLOGIA DE CORTE DE ROCHAS A FIO DIAMANTADO (28 de Novembro – 2003).
- EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - OTIMIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS NO TRABALHO
- EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO;
- EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - GESTÃO AMBIENTAL E TERRITORIAL

ASSISTÊNCIA TÉCNICA NA EXPLOTAÇÃO DE QUARTZITO EM PIRENÓPOLIS (GO).

Antônio Rodrigues de Campos¹ e Marco Antônio Rezende Silva²

¹Pesquisador, CETEM/MCT. Av. Ipê, 900 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão – 21.941.590 – Rio de Janeiro – RJ. E-mail: acampos@cetem.gov.br. Tel: (21) 3865-7220. Fâx: (21)2260-9835.

²Consultor autônomo.

RESUMO

O município de Pirenópolis é o principal produtor de quartzitos no estado de Goiás, utilizados como rochas de revestimento. Pirenópolis é uma cidade histórica e turística, tendo sido tombada pelo Patrimônio Histórico Nacional em 1988.

A exploração de lajes de quartzito em Pirenópolis-GO vem desde o início da fundação da cidade, sendo matéria prima fundamental para a construção civil, no revestimento de pisos e paredes, e mais especificamente em revestimento de pisos laterais externos de piscinas residenciais e de clubes, devido à sua característica de não absorver muito calor e de não ser derrapante.

A lavra de quartzito, em Pirenópolis, ao longo das décadas, tem ocorrido com baixa recuperação, gerando um percentual elevado de rejeito nas pedreiras. Toda a exploração do quartzito é feita através de microempresas ou trabalhadores autônomos.

As operações de desdobramento da rocha em placas, o manuseio de material e o transporte dos produtos, dentro da pedreira, são feitos de forma manual.

O objetivo do trabalho foi preparar melhor os mineradores em relação ao manuseio e uso racional de explosivos, diminuição de perdas de material durante as detonações, melhoria nas técnicas de desmonte de rochas e da qualidade dos produtos da lavra, diminuição do impacto ambiental decorrente das operações de desmonte e orientação na disposição e aproveitamento de rejeitos da lavra.

O desenvolvimento dos trabalhos se deu em três etapas: um levantamento prévio dos problemas técnicos e ambientais existentes; execução do projeto; e uma etapa de acompanhamento, todas as etapas sendo realizadas em períodos distintos.

Os resultados alcançados abrangeram aspectos econômicos e técnicos, tendo em vista que foi possível detectar melhorias no planejamento das operações diárias nas pedreiras, redução de custos com explosivos, melhorias das condições de trabalho nas frentes de lavras e na qualidade do produto explorado; além de alternativas dadas para o aproveitamento dos rejeitos de lavra e exportação dos produtos beneficiados.

INTRODUÇÃO

O projeto surgiu para atender a uma solicitação do Ministério do Meio Ambiente preocupado com a extensão dos impactos ambientais associados às atividades de mineração na região.

O presente projeto foi patrocinado pelo SEBRAE/GO, por quatorze associados da AMIP (Associação dos Mineradores de Pirenópolis) e pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente).

Nascida de um pequeno arraial minerador do início do século XVIII, e incrustada aos pés da Serra dos Pireneus, Pirenópolis constitui-se hoje em um dos mais ricos acervos patrimoniais da região Centro-Oeste, tendo sido tombada pelo Patrimônio Histórico Nacional em 1988. Encontra-se localizada a 150 km de Brasília e 120 km de Goiânia (figura 1).

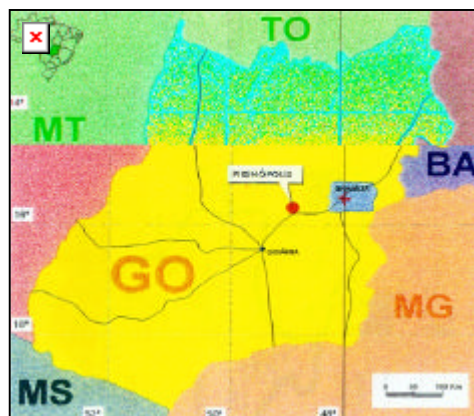


Figura 1 – Localização de Pirenópolis
Fonte: Projeto Pirenópolis (GO) - Fundação Alexander Brandt (1997)

Pirenópolis caracteriza-se por estar localizada em uma região de quartzito, onde a lavra desse material tem sido fonte significativa de divisa para o município, juntamente com o turismo.

Historicamente, a mineração sempre se fez presente em Pirenópolis, no ciclo do ouro, na exploração posterior de óxidos de titânio e, por último, na extração e beneficiamento de quartzito lamelar. A exploração de lajes de quartzito vem desde o início da fundação da cidade, sendo matéria-prima fundamental para a construção civil, no revestimento de pisos e paredes de estruturas urbanas, e mais especificamente em revestimento de pisos laterais externos de piscinas residenciais e de clubes, devido à sua característica de não absorver muito calor e de não ser derrapante.

PROBLEMAS DIAGNOSTICADOS

Antes da elaboração do projeto foram realizadas visitas técnicas às pedreiras de Pirenópolis, com o objetivo de identificar os principais problemas existentes (técnicos e ambientais) na exploração da rocha ornamental (quartzito), nesse município.

Durante a realização das visitas técnicas às pedreiras, constatou-se, no local, que a utilização de explosivos, além de não ser tecnicamente adequada, provocando grandes perdas de material, vinha sendo feita de maneira insegura, gerando riscos para os trabalhadores e para a população circunvizinha.

Dentre os problemas diagnosticados pela equipe, por ocasião das visitas técnicas, destacaram-se como principais, os seguintes:

- Grande perda de material nas atividades de desmonte de rochas que causam um visual bastante desagradável do ponto de vista ambiental, além dos prejuízos que representam em termos econômicos para as empresas.
- Segundo relatório da Fundação Alexander Brandt, a lavra de quartzito, em Pirenópolis, ao longo das décadas, tem ocorrido com baixa recuperação, gerando um percentual elevado de rejeito, em torno de 60%. A quase totalidade dos rejeitos provenientes da lavra ("bota-fora") permaneceu nas pedreiras durante todo esse tempo, formando enormes entulhos (figura 2).



Figura 2 – rejeitos de lavra ("bota-fora") na Pedreira da Prefeitura, formando volumosos entulhos e causando grande impacto ambiental.

- Muita carência, por parte dos mineradores, de um melhor conhecimento sobre manuseio de explosivos, tipos existentes, capacidades de detonação dos mesmos, bem como as melhores formas de aplicação desses explosivos nas operações de desmonte.
- Deficiência técnica nos métodos de exploração de blocos ou placas de quartzito nas pedreiras em atividade, causando, além das perdas de material, gastos excessivos com explosivos.
- Baixa produtividade na extração de placas, lajes e outros produtos, devido às inadequadas técnicas de desmonte empregadas e aos manuseios, também inadequados, dos rejeitos de lavra ("bota-fora") nas frentes de trabalho ou cavas. Na figura 3 pode-se

observar, na parte superior, rejeitos de lavra depositados em cima da rocha que ainda vai ser desmontada. Para a realização das operações de desmonte, estes rejeitos terão que ser transportados para outros pontos, na pedreira, e isto representa, também, custos.



Figura 3 – Rejeitos da lavra depositados em cima da rocha que ainda vai ser desmontada.

- Deficiências nas detonações realizadas, as quais, na maioria das vezes, eram feitas sempre da mesma forma, sem levar em conta as características da rocha no local em questão. Isto conduzia à realização de detonações que não alcançavam nenhum resultado positivo, provocando perdas consideráveis de material e desperdícios desnecessários de explosivos.
- Outras formas de disposição final dos rejeitos da lavra ("bota-fora") provocam outros tipos de impacto ambiental. Esses rejeitos, às vezes, são colocados nas bordas dos morros onde estão localizadas as pedreiras, de onde acabam rolando pelas encostas e chegando aos leitos dos rios vizinhos, contribuindo, eventualmente, para o assoreamento dos mesmos, tal como vem acontecendo com o Rio das Almas, que bordejia uma grande pedreira da região, que é a Pedreira da Prefeitura (figura 4);



Figura 4 – Rejeitos da lavra, rolando pelas encostas da pedreira, em direção ao Rio das Almas.

- As serrarias também têm a sua participação na degradação ambiental, não só pelas aparas de rochas que são geradas em grande quantidade, e que representam perdas, mas também pelos finos

gerados pelo disco de corte diamantado nessas serrarias e que são descartados por meio dos efluentes, sem um tratamento adequado; e

- Com base no diagnóstico feito, o Centro de Tecnologia Mineral -CETEM elaborou uma Proposta de Trabalho, visando melhorias técnicas nas atividades de mineração locais, que foi apresentada e discutida com o MMA, a AMIP e o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Pirenópolis e por esses órgãos aprovada.

OBJETIVOS

Com a aprovação da proposta, os objetivos do presente trabalho foram:

- melhorias das técnicas de manuseio e uso de explosivos no preparo das detonações;
- diminuição de custos com explosivos;
- diminuição de perdas de material nas operações de desmonte de rochas; e
- diminuição do impacto ambiental decorrente dessas atividades.

AÇÕES DESENVOLVIDAS

O desenvolvimento dos trabalhos constantes no projeto se deu em duas etapas:

Etapa I

Esta etapa foi a de execução do projeto, com a permanência da equipe do CETEM em Pirenópolis durante duas semanas.

Inicialmente, para uma melhor condução da Assistência Técnica prestada pelo CETEM e um melhor acompanhamento por parte dos trabalhadores e mineradores de Pirenópolis, foi distribuída aos participantes uma apostila, elaborada para execução dessa etapa, contendo informações técnicas, conceitos e definições básicas referentes a explosivos e técnicas de desmonte de rochas, em um nível o mais acessível possível, levando em conta a heterogeneidade, em termos de nível escolar, dos participantes. As aulas teóricas foram realizadas no período noturno, para que os mineradores e trabalhadores pudessem comparecer em maior número possível, sem prejudicar a execução de suas atividades normais diárias.

Nesse período foram ministradas novas técnicas de desmonte de rochas, baseadas em técnicas de desmonte escultural e adaptadas para o caso específico do quartzito de Pirenópolis. Essas técnicas consistiram, basicamente, na criação de frentes de lavra livres no maciço, bem como no escalonamento de carga (explosivos) nas operações de carregamento dos furos, para as detonações. Com a aplicação destas técnicas, houve um melhor aproveitamento da rocha, com a produção de lajes de tamanhos maiores (figura 5), diminuindo, conseqüentemente, as perdas de material originadas com a quebra excessiva e desnecessária da rocha.



Figura 5 – Lajes maiores (mesas) que passaram a ser produzidas, em grande quantidade, após a realização da Assistência Técnica.

A figura 6 mostra, uma detonação feita com a aplicação das novas técnicas, na qual não houve praticamente quebra excessiva de material. Pelo contrário, as lajes são de tamanho grande.



Figura 6 – A figura mostra as lajes de grandes dimensões obtidas com detonação realizada aplicando as novas técnicas de desmonte.

Foram introduzidos, ainda, conceitos de variação textural da rocha, além da abordagem de aspectos da própria medicina e segurança do trabalho, particularmente aqueles relacionados à ergonomia e riscos de contaminação por sílica.

Etapa II

Esta etapa se constituiu na fase de acompanhamento do projeto. Ela teve por objetivo verificar os resultados alcançados após a realização da assistência técnica, e também observar se as tecnologias repassadas aos trabalhadores foram ou estavam sendo implementadas pelas empresas às quais eles pertencem. Essa fase do projeto objetivou, ainda, dirimir algumas dúvidas dos participantes do projeto, e realizar, caso fosse necessário, alguns experimentos complementares.

No caso de Pirenópolis, constatou-se que houve bastante assimilação, por parte dos mineradores participantes, da tecnologia que foi repassada a eles, como será visto posteriormente.

Nessa fase de acompanhamento, atendendo a pedidos de alguns mineradores, foram realizados alguns experimentos complementares, com a realização de diversas detonações, utilizando outros tipos de explosivos de mais baixo custo.

Foram realizados ainda testes complementares com nitrocarbonitrato de uso industrial e misturas de ANFO (nitrato de amônia e óleo diesel). Os testes foram realizados na Pedreira da Prefeitura, onde várias cavas ou "pias" são exploradas por diferentes mineradores.

A utilização do nitrato de amônia com óleo diesel ou a linha industrial de nitrocarbonitrato só tinham sido utilizadas, até então, pelos mineradores de Pirenópolis, em operações de desmonte de material estéril, mas nunca para a produção de material vendável.

O objetivo desses testes foi mostrar que, com a nova técnica de detonação, seria viável a utilização desses explosivos de baixo custo, também nas operações de desmonte da rocha sã (quartzito comercial).

Convém destacar que a presença da equipe do projeto durante a execução desses testes foi apenas de caráter orientativo, pois a realização dos mesmos ficou a cargo dos mineradores/trabalhadores, liderados por Udaumir Dias Miranda (Empresa Rei das Pedras) e Mário Celso Fernandes (Pedreira Santa Marta), acompanhados pelos demais colegas participantes do grupo.

Durante esse período de acompanhamento do projeto, foram realizadas também várias reuniões com os participantes do projeto e responsáveis pelas empresas, para avaliação dos resultados obtidos, após a realização da Assistência Técnica prestada pelo CETEM. Os itens de maior destaque e mais mencionados pelos mineradores nessas reuniões foram os relacionados com a redução no consumo de explosivos por m³ de rocha extraída, tipo de explosivo utilizado (novas aplicações), alta redução de custo global de desmonte e o aumento de produtividade e qualidade dos produtos obtidos. As reuniões com os mineradores participantes foram feitas na sede da Associação do Banco do Brasil e na sede da Pedreira Santa Marta. Foram realizadas, também, reuniões, em separado, com os empresários ou responsáveis pelas empresas envolvidas. Estas reuniões foram realizadas nas dependências do hotel (Pousada) e na sede da Pedreira Santa Marta, e contaram com as presenças de representantes da Prefeitura, do Presidente e Vice-presidente da Associação dos Mineradores de Pirenópolis. Nestas reuniões com os empresários, tratou-se mais do assunto referente ao aproveitamento dos rejeitos da lavra, pois envolviam investimentos razoáveis a serem feitos.

RESULTADOS ALCANÇADOS

Os resultados alcançados podem ser vistos sob dois aspectos fundamentais: o aspecto técnico e o aspecto econômico.

Aspecto Técnico

A Assistência Técnica realizada possibilitou aos mineradores, entre outras melhorias, condições para um melhor planejamento dos trabalhos; prova disto foi o surgimento de uma planilha de controle técnico-econômico, desenvolvida por um representante de uma das empresas participantes, com base nos ensinamentos transmitidos durante a Assistência Técnica. Antes mesmo da finalização dos trabalhos de Assistência Técnica realizados pelo CETEM, na primeira etapa, esta planilha já estava sendo usada pelo responsável da produção daquela firma, nas suas tarefas diárias na pedreira.

A adoção das novas técnicas de uso de explosivos passadas aos mineradores gerou um melhor aproveitamento do quartzito, diminuindo, conseqüentemente, as perdas na lavra. A carga explosiva passou a ser escalonada, ou seja, alternando carga explosiva com material inerte (pó de pedra ou areia), dentro do furo.

Na fase de acompanhamento do projeto (etapa II) pôde-se verificar que, em algumas frentes



de trabalho, nas pedreiras, as áreas de serviço já estavam mais limpas e o trabalho mais organizado (figura 7). Esta forma de trabalhar contribui, com certeza, para aumentar a produtividade e evitar acidentes de trabalho.

Figura 7 – Mostra, ao fundo, uma frente de trabalho na pedreira, mais limpa e mais organizada, após a realização da Assistência Técnica.

Pôde-se verificar, também, algumas mudanças na forma de remanejamento dos rejeitos da lavra, contribuindo para a diminuição de custos e tornando o ambiente do trabalho, de um modo geral, mais agradável.

Após a realização do projeto, os mineradores e trabalhadores autônomos já passaram a aproveitar e comercializar, na cidade de Pirenópolis, parte destes blocos (tocos), gerando uma pequena renda extra. Para a retirada dos rejeitos das frentes de lavra, já começaram a utilizar, quando possível, meios mecânicos de transporte, diminuindo, um pouco, o

risco de acidentes e o trabalho braçal. Essa forma de operar sugerida pela equipe do projeto, resultou em diminuição de custos e aumento de produtividade, pois as áreas de trabalho passaram a ser liberadas mais rapidamente, enquanto os trabalhadores, ao invés de estarem carregando pedras (rejeitos) nos carrinhos de mão, poderão deslocar ou desmontar mais rochas nas pedreiras.

Aspecto Econômico

É importante ressaltar que o ganho em produtividade, após a realização do projeto, gerou uma situação bastante interessante, pois os empresários tiveram que baixar o preço que era pago aos trabalhadores como incentivo para a produção das chamadas "mesas", que são placas com dimensões iguais ou superiores a 1 m², de R\$ 10,00 para R\$ 5,00/peça, devido à grande quantidade de mesas que passou a ser produzidas, em função da aplicação das novas técnicas de desmonte aplicadas pelos mineradores.

A título de ilustração, uma empresa que produzia 2 a 3 mesas/mês passou a produzir de 20 a 23 mesas/mês, após os trabalhos da Assistência Técnica, conforme informou um dos representantes da Pedreira Santa Marta, Sr. Mário de Almeida Fernandes, e do representante da empresa "Só Pedras". Esta informação também está documentada em carta enviada pelo minerador. Ressalte-se que o número de mesas produzidas é um dos parâmetros de controle da empresa, o qual está associado ao aumento de produtividade e qualidade do produto (maior valor agregado). Paralelamente, a produção dos outros tipos de produtos também cresceu na mesma proporção, o que ocasionou aumento dos estoques de todos os produtos nos pátios das empresas, segundo informação dos próprios mineradores durante as reuniões, proporcionando possibilidades de atendimentos a outras demandas de mercado.

Através de informação recente, recebida pelo CETEM, e fornecida por uma das empresas participante do projeto, a mesma já está conseguindo os primeiros contratos de exportação dos seus produtos para a Espanha, tendo já enviado algumas remessas para aquele país.

A alternativa de substituição do tipo de explosivos, passada aos mineradores pela equipe do projeto, resultou em ganhos econômicos, uma vez que o preço desses explosivos sugeridos pela equipe do projeto é substancialmente inferior ao explosivo que vinha sendo utilizado. A redução de custo seria em torno de 50%; informação documentada também em cartas enviadas por alguns mineradores.

Para uma mesma produção, ocorreu uma redução muito significativa no consumo de explosivos. Com o escalonamento da carga explosiva com material inerte (pó de pedra ou areia), resultou uma redução em torno de 40% no consumo de explosivos, sem prejudicar a produtividade e a qualidade dos blocos extraídos.

Ocorreu um aumento substancial na produção, em função da aplicação das novas técnicas de desmonte. À medida que se conseguem blocos maiores, geometricamente perfeitos (figura 8), com melhor quantidade de explosivo, ocorrerá um melhor aproveitamento do material, em função da quantidade e qualidade das placas a serem produzidas, com conseqüente diminuição de perdas e menores custos.



Figura 8 – Bloco grande, de forma geométrica bem definida, que foi obtido com a elaboração de um “plano de fogo” adequado.

De uma maneira geral, houve aumento na produtividade, melhoria na qualidade dos produtos explotados, redução de custos operacionais e uma melhor depredação das pedreiras, devido ao melhor nível técnico alcançado pelos mineradores que participaram das atividades da Assistência Técnica desenvolvida pelo CETEM.

CONSIDERAÇÕES SOBRE APROVEITAMENTO DOS REJEITOS

Deve ser lembrado que o quartzito, por ser um bem mineral, é uma riqueza não renovável, daí a necessidade de um aproveitamento o mais eficiente possível, em função da responsabilidade para com a nossa geração e com as gerações futuras.

Durante o período de treinamento, procurou-se passar estes conceitos aos participantes, tentando conscientizá-los da importância da preservação do meio ambiente na execução dos seus trabalhos diários de produção.

Com um melhor aproveitamento do quartzito, pela aplicação das novas técnicas de utilização de explosivos e de desmonte de rochas, foi possível a diminuição das perdas de material nas pedreiras e o

impacto ambiental causado pelas operações de desmonte. Se houver uma continuidade nesta linha de trabalho, esta nova mentalidade ambiental pode ser melhor implementada, e muitas outras formas de impacto ambiental podem ser mitigadas, como por exemplo evitar um possível assoreamento de rios, como o Rio das Almas, que está bem próximo a uma grande área de mineração, a Pedreira da Prefeitura (figura 4).

Em relação à grande quantidade de rejeitos produzidos na Lavra, que é responsável pela maior poluição nas pedreiras, foram realizadas reuniões com os mineradores responsáveis pelas empresas e representantes da Prefeitura local, aos quais foram mostradas várias alternativas de aproveitamento desses rejeitos, desde o seu aproveitamento na produção de areia e brita para construção civil, passando pela utilização na indústria vidreira, até a sua utilização como fundente na indústria siderúrgica. Foram mostrados vários exemplos de outras localidades no Brasil que já processam rejeitos de quartzito (como o de Pirenópolis) na produção de bens vendáveis, principalmente na região metropolitana de São Paulo.

CONCLUSÕES

A Assistência Técnica prestada pelo CETEM aos mineradores de Pirenópolis, referente a técnicas de desmonte de rochas e de utilização de explosivos, proporcionaram aos mesmos:

- explorar blocos ou placas de quartzito, com melhor qualidade;
- aumentar a produtividade das operações de extração;
- diminuir o impacto ambiental decorrente das operações de desmonte;
- diminuir custos operacionais;
- melhor orientação no possível aproveitamento dos rejeitos de lavra; e
- conquistar novos mercados.

Além disso, o Treinamento e Consultoria Técnica prestados pelo CETEM aos mineradores de Pirenópolis, propiciaram a união desses mineradores, que passaram a se ajudar, mutuamente, na solução dos seus problemas comuns.

Durante toda a fase de execução do projeto, houve uma interação muito boa entre os mineradores participantes e toda a equipe do projeto. Isto facilitou, e muito, a condução do mesmo, tanto nas atividades práticas nas pedreiras, quanto por ocasião das palestras.

Os mineradores foram atendidos em suas dúvidas, durante todo período de permanência da equipe do CETEM, em Pirenópolis. Prova disso é que, nos intervalos entre as atividades programadas para cada dia do projeto, os mineradores foram sempre recebidos e atendidos nas dependências do hotel, para esclarecimento de todas as suas dúvidas. O mais importante dessa forma de interação é que os mineradores se motivavam cada vez mais para o aprendizado, contribuindo para um bom

aproveitamento nas atividades constantes da Programação de Treinamento. Documento encaminhado ao SEBRAE/GO pela AMIP (Associação dos Mineradores de Pirenópolis) e cartas de alguns mineradores enviadas ao CETEM e ao SEBRAE/GO, demonstram a satisfação dos mineradores com os trabalhos de Assistência Técnica desenvolvidos pelo CETEM, na região.

Conforme pensamento da equipe do projeto, mais importante do que transmitir uma técnica de desmonte de rocha é fazer com que as pessoas acreditem nessa técnica, conseguindo analisar suas potencialidades e suas limitações.

Concluiu-se que através de um aspecto conceitual, simples e prático (através das palestras noturnas) e ter conseguido demonstrá-lo no campo (através das atividades práticas nas pedreiras), conseguiu-se ganhar a confiança dos participantes e fazer com que, eles mesmos, chegassem a extrapolações técnicas para detonações futuras e seus prováveis resultados.

Por meio da disseminação dos conceitos básicos da medicina e segurança no trabalho, associados as normas do Ministério do Exército para transporte, armazenamento, manuseio e destruição de explosivos (Regulamento R-105), foi possível conseguir uma melhor conscientização dos mineradores sobre os riscos de acidentes no manuseio com explosivos nas suas atividades minerárias, com conseqüente melhoria das condições de segurança e saúde, na condução dos seus trabalhos.

BIBLIOGRAFIA

Projeto Pirenópolis (GO) – Ordenamento, Gestão Ambiental e Melhorias Tecnológicas da Atividade Minerária – Projeto BRA/84/016. Fundação Alexander Brandt, abril/1997.

A INDÚSTRIA EXTRATIVA DA PEDRA CARIRI NO ESTADO DO CEARÁ: PROBLEMAS X SOLUÇÕES

Francisco Wilson Holanda Vidal¹ e Manoel William Montenegro Padilha²

¹ Eng de Minas, DSc. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT
ABIROCHAS – Rua Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Bairro Aldeota – 60.120-002 – Fortaleza-CE.
Fone: (85) 246-2600 Fax: (85) 246-0262 E-mail: abirochas@secrel.com.br
²Geólogo, Pós Graduado em Geologia Exploratória e Rochas Ornamentais – CODECE/SDE – Rua General
Albuquerque Lima S/N – Centro Administrativo Virgílio Távora – Fortaleza –CE, fone (85)488-2927, FAX (85)
2181476- E-mail: manoelwilliam@sde.ce.gov.br

RESUMO

As principais ocorrências/jazidas minerais de calcário laminado (“Pedra Cariri”) no estado do Ceará localizam-se nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, encravados na Chapada do Araripe, ocorrendo de modo laminado. Esses calcários são utilizados sob a forma de lajes quadradas e utilizadas principalmente em pisos. Apresentam uma coloração predominante amarela, granulação fina a média e foliação bem desenvolvida. Desde os idos dos anos 40, com o advento da exploração da gipsita na região é extraído o calcário laminado, porém nos últimos anos, foi observado um acréscimo considerável na escala de produção desse material rochoso nesses municípios. Nas pedreiras da “Pedra Cariri”. A lavra é conduzida de forma rudimentar, sem os levantamentos técnico-econômicos necessários, provocando vários impactos ambientais e desperdício de material. Neste trabalho apresentam-se aspectos da geologia regional e local, reservas, caracterização tecnológica deste calcário, mediante os resultados obtidos através dos levantamentos geológicos básicos, trabalhos em escalas regionais e relatórios de pesquisa na região. Uma das propostas seria a mitigação dos problemas ambientais provocados, os aspectos legais e tecnológicos, de modo a diagnosticar medidas que possibilitem o aproveitamento racional da “pedra cariri”. Considerações finais sobre as atividades implementadas e outras que venham a ser pelos governos municipais, estadual e federal e futuras metas também são contempladas.

tenham sido originados em ambientes lateralmente adjacentes (Mendes, *op. cit.*). Oliveira (1998) dividiu em duas partes a Geologia Regional, separando os aspectos geo-estruturais dos lito-estratigráficos. No que se refere à atividade de lavra e beneficiamento da Pedra Cariri na região dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, está sendo desenvolvida aleatoriamente sem nenhum plano técnico de extração para posterior beneficiamento. A etapa de lavra é desenvolvida por produtores, ainda sem nenhuma mecanização. Após essa etapa, as placas selecionadas são transportadas para as unidades de corte, onde são esquadrejadas em dimensões compatíveis com o mercado consumidor. Toda a cadeia produtiva, que vai da lavra ao beneficiamento (esquadrejamento) acarreta uma perda de material em torno de 70%, embora já existam algumas empresas que apresentam uma lavra semimecanizada sem, contudo, respeitarem as características geológicas das jazidas. Aborda ainda algumas ações desenvolvidas nestes municípios pelo governo estadual, através da CODECE/ NUTEC e SECITECE.

INTRODUÇÃO

As atividades de mineração do calcário laminado comercialmente conhecido no setor de rochas ornamentais e de revestimento, com o nome de Pedra Cariri no estado do Ceará estão inseridas em 2 (dois) municípios (Figura 1). O município de Nova Olinda é o principal produtor do estado, juntamente com o município de Santana do Cariri. A região que delimita a Bacia Sedimentar do Araripe tem sido alvo, ao longo dos últimos 30 anos de estudos geológicos e tecnológicos, com a finalidade de se obter dados, visando o aproveitamento econômico, de algumas formações que compõem o pacote sedimentar. Na análise estratigráfica regional adotou-se a proposta apresentada por Beurlen (1971), a qual consagra a nomenclatura das rochas regionais, localizando também, com o princípio de superposição de Mendes (1984) e a lei de Fácies Sedimentar sem discordância, de qual conclui-se que

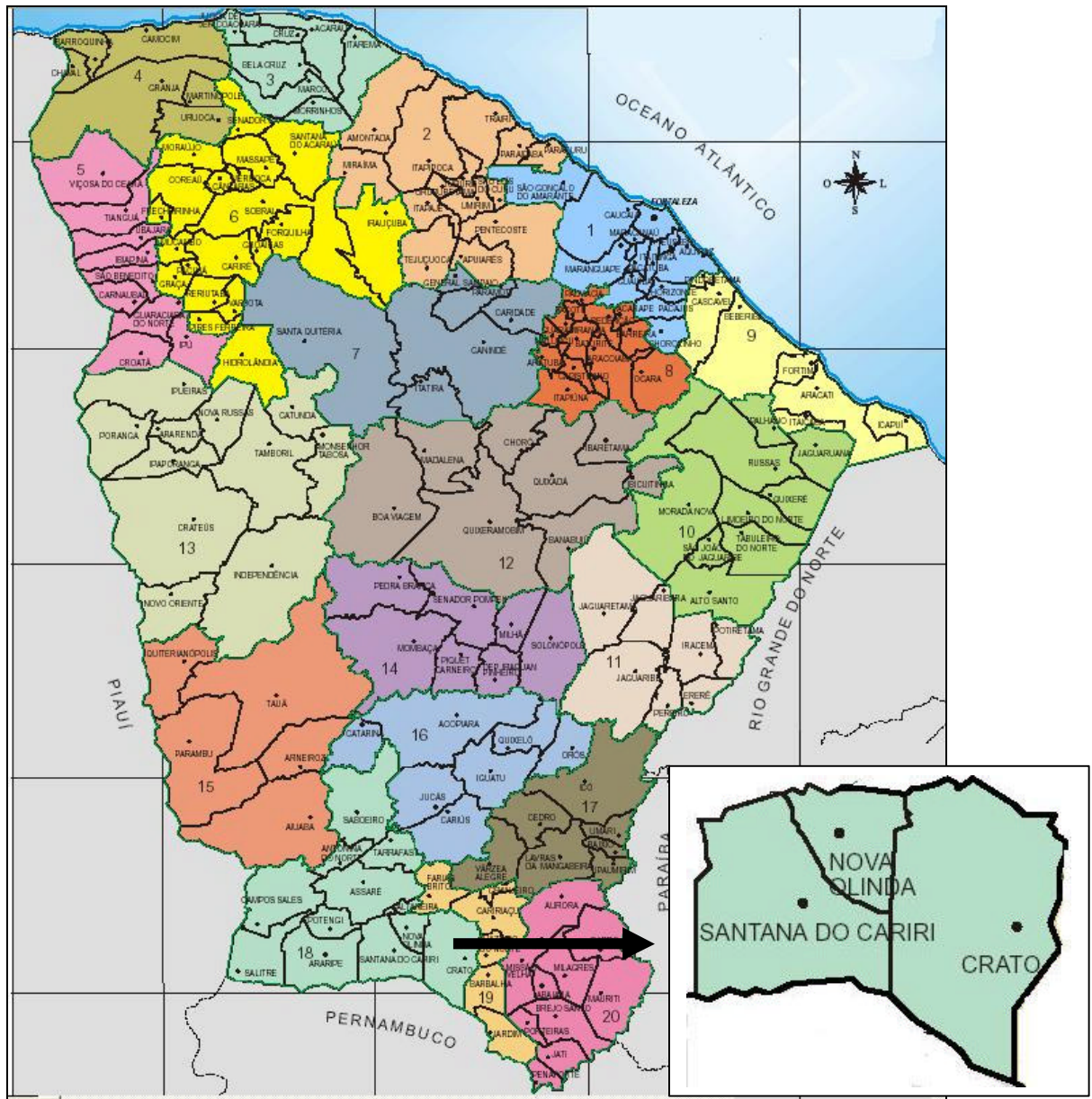


Figura 1 – Mapa do Estado do Ceará

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Geologia Regional

A região que delimita a Bacia Sedimentar do Araripe tem sido alvo, ao longo dos últimos 30 anos de estudos em escalas regional e local, com resultados e reflexos na relativa uniformidade conceitual de sua formação e origem, o que tem facilitado os demais trabalhos de cunho local, elaborados com a finalidade de se obter dados para o aproveitamento econômico de algumas das formações que compõem o pacote sedimentar.

Na análise estratigráfica regional adotou-se a proposta apresentada por Beurlen (1971), a qual consagra a nomenclatura das rochas regionais, balizando também, com o princípio de superposição de Mendes (1984), e a lei de fácies de Walter para a qual se existe uma sucessão deposicional vertical contínua de fácies sedimentares sem discordância, conclui-se que tenham sido originados em ambientes lateralmente adjacentes (Mendes, *op. cit.*).

Com relação às rochas do embasamento cristalino, serão citadas, apenas para completar a coluna estratigráfica regional, tendo em vista sua pouca importância no contexto circunscrito ao local de interesse.

Embasamento Cristalino

Como foi dito anteriormente selecionou-se alguns trabalhos de caráter regional de autores mais importantes destacando-se (Moraes, Barros, Dantas, Brito Neves, 1960, 1964, 1974, 1975 *in* Gomes *et al.* 1981). Os três primeiros autores atribuem ao Pré-Cambriano indiferenciado uma seqüência basal, gnáissica, com exposições na porção norte da Bacia do Araripe, nos municípios de Assaré e Farias Brito.

Cruz e França (1970, *in* Gomes *et al.* 1981) estabeleceram a seqüência de rochas Pré-Cambrianas, tendo como unidade basal os anatexitos da região de Lima Campos e Assaré, seguidos dos migmatitos da região de Dom Quintino e da seqüência gnáissica de Trindade.

Dantas (*op. cit.*) denominou de Complexo Gnáissico-Migmatítico do Pré-Cambriano Indiviso a área a norte e a nordeste da Bacia do Araripe, constituído de gnaisses leucocráticos, gnaisses brechóides e gnaisses-migmatíticos, todos de origem granitóides subordinadamente intrafoliados e veios aplíticos.

Gomes (*op. cit.*) denomina de Complexo Trindade as rochas circunvizinhas a Bacia do Araripe, constituídas por uma associação polimetamórficas predominantemente gnáissico-granítica-migmatítica. Com relação a petrografia predominam os gnaisses, seguidos dos granitos e migmatitos homogêneos e em menor escala, lentes de quartzitos, mármores, ortoanfibolitos, metabasitos e zonas de rochas cataclásticas.

Bacia Sedimentar

Localizada em parte nos Estados do Ceará, Piauí, Paraíba e Pernambuco, a Bacia do Araripe é a mais extensa das Bacias interiores do nordeste do Brasil, com área de 9.000 Km² disposta no sentido leste-oeste por cerca de 180 Km e 70 Km norte-sul, no seu trecho mais largo.

Sua origem está relacionada ao evento da abertura do oceano Atlântico Sul seguido de movimentação tectônico-magmático que dividiu o Supercontinente de Pangea, possibilitando a formação de grandes depressões tafrogênicas, ocupadas por deposições de seqüências meso-oceânicas (Almeida *et alli.*, 1984).

Formação Cariri

Coube a Smaal (1913, 1914) o primeiro estudo da Bacia do Araripe, posicionando os sedimentos paleozóicos da Formação Cariri sobrepostos ao embasamento cristalino, denominando-os de arenitos conglomeráticos.

A denominação de Formação Cariri proposta por Beurlen (1962, 1963) e atualmente aceita ocorre em exposição entre as cidades de Juazeiro do Norte e Milagres com espessura variando entre 25 a 50m, descrita como arenito conglomerático feldspático, branco-amarelado, localmente silicificado, fraturado, apresentando estratificação cruzada, granulação média a grossa.

Anjos (1963, *in* Brito, 1990) propôs nova nomenclatura chamando de Formação Mauriti, no que foi seguido por Veiga (1966, *in* Brito *op. cit.*).

Formação Missão Velha

A primeira denominação atribuída a esta unidade foi dada por Small (1913, *in* Beurlen 1962) com o nome de arenitos Inferior do Araripe, sotoposta aos arenitos da Formação Cariri.

Beurlen (1963) chamou de Formação Missão Velha, exposições ao longo da porção leste da Bacia e por todo o vale do Cariri. Constituída predominantemente por arenitos argilosos, cores vermelhas, friáveis, sem silicificação, com troncos fossilizados.

Caldasso (1967) considerou como Formação Missão Velha de Beurlen (1962, 1963), apenas os arenitos superiores estabelecendo correlação com a Formação Sergipe do Recôncavo, dado as semelhanças litológicas e presença de madeiras fósseis.

Nos trabalhos de Assine (1992), o autor restringe os sedimentos da Formação Missão Velha, a um pacote de espessura de 200m, composto somente de arenitos com troncos silicificados, sobrejacentes aos folhelho da Formação Brejo Santo.

A litoestratigrafia da Formação Missão Velha apresenta na base os arenitos conglomeráticos, cinza avermelhados, com fragmentos de feldspato e rochas

do embasamento cristalino. Na porção intermediária passam a arenitos finos lenticulares, carbonáticos com estratificação cruzada. O topo da Formação desenvolve folhelho arenoso fossilífero, cinza-esverdeado carbonático e friável.

Formação Santana

Os primeiros estudos referentes a Formação Santana foram desenvolvidos por Small (1913 *in* Lima, 1979), tendo denominado de Calcário Santana a seqüência de margas e calcários confinados entre duas seqüências de arenitos e tendo como base uma rochas conglomeráticas.

Beurlen (1962) propôs a subdivisão da Formação Santana, porém sem atribuir nomes, identificando os calcários inferiores laminados, gipsita e no topo os calcários superiores margosos.

Beurlen (1963) modificou sua argumentação anterior, após a descrição de Formação Crato sotopostos a Formação Santana. Esta formada por uma camada de gipsita, sobrepostas por margas e argila, com intercalações de conceições calcárias.

Beurlen (1971) em sua última proposta de modificação sugeriu nova alteração, numa tentativa de unificar uma nomenclatura mais abrangente para a Formação Santana, subdividindo-a em três membros; Inferior constituído de calcário e siltitos laminados denominados Membro Crato; Membro Ipubi, intermediários, constituídos de gipsita, calcários e margas, fossilífero e Membro Romualdo, superior, formado por argilas, siltitos com conchostráceos e Craginia.

Membro Crato

Os calcários laminados que constituem o Membro Crato, estão em contato inferior gradual com os folhelhos interestratificados da Formação Missão Velha, cor amarela a creme e no topo com os evaporitos do Membro Ipubi (gipsita) e lentes arenosas carbonáticas.

Membro Ipubi

Posicionado acima do calcário do Membro Crato, encontra-se uma seqüência de folhelhos pretos ou verdes (betuminoso) os evaporitos formadores de sulfato de cálcio (gipsita) e lentes arenosas carbonáticas, podendo atingir uma espessura entre 11 e 12m somente a camada de gipsita.

Membro Romualdo

Os folhelhos do Membro Romualdo estão depositados diretamente sobre os evaporitos do Membro Ipubi, com intercalações de finas camadas de calcário, margas, gipsita e arenitos.

Hospeda grande quantidade e variedade de fósseis em folhelhos, de cor cinza a verde, carbonáticos, laminação plano paralela com concreções carbonáticas, representada por bivalves, peixes, gastrópodes, ostracodes, vertebrados, etc.

Formação Exu

Small (*in* Beurlen 1962) atribuiu o nome inicial de Arenito Superior do Araripe, finalizando, a seguir, de Formação Exu. Sua posição no topo de toda a chapada com espessura de até 300m corresponde a um arenito de cor avermelhada, matriz argilosa, textura fina à média com grande presença de seixos de quartzo de até 5cm.

Arenitos Conglomeráticos

Englobam os arenitos, da seqüência basal da Bacia do Araripe (Formação Cariri) um pouco da seqüência intermediária (Formação Missão Velha e Formação Cariri) e seqüência superior (Formação Exu).

Arenitos Conglomeráticos Basais

Formam a base da seqüência sedimentar, predominam na coloração branca, cinza amarelada, granulometria grossa a média, algo silicificado feldspático a caoliníticos. Apresenta níveis conglomeráticos de 3cm, podendo atingir medidas métricas.

Arenitos Conglomeráticos da Seqüência Intermediária

São encontrados em exposição a sudoeste de Nova Olinda nas localidades de Angico e Sítio Beleza. Apresentam coloração cinza avermelhada, matriz fina silicosa de quartzo e feldspato róseo e alterado na forma de caulim formando pequenas massas esbranquiçadas.

Arenitos da Seqüência Superior

Capeando todo o pacote sedimentar da Chapada do Araripe, sua ocorrência se destaca, ao longo de toda a borda da escarpa, constituída por terrenos da Formação Exu.

Predomina o arenito conglomerático de cor rosa a roxa, apresentando intensa litificação, textura média a grossa com nódulos de quartzo subarredondados de até 8cm de diâmetro, matriz argilosa e cimento silicoso, com estratificação cruzada de médio porte do tipo acanalada e tangencial com 7 a 8m de extensão e 60cm de espessura.

Calcários e Margas

Posicionados estratigraficamente na porção basal da Formação Santana os carbonatos (calcários e margas), englobados no Membro Crato, constituem os depósitos sedimentares mais abundantes.

Os calcários laminados possuem cor amarelo a creme predominantemente, em alguns pontos cinza. Em estratos milimétricos a centimétricos podem atingir uma espessura de 16m e desenvolvem estratificação plano-paralela horizontal em todo o pacote.

Outros tipos de calcário ocorrem em camadas intercaladas a folhelhos e margas na cor amarelo fossilífero (ostracodes e conchostráceos), provavelmente pertencentes ao Membro Romualdo (Formação Santana).

Folhelhos

Os folhelhos da Bacia Sedimentar do Araripe são de relativa importância, tendo em vista sua diversidade e abundância de fósseis representados por gastrópodes, bivalves, vegetais e vertebrados (peixes, quelônios, etc.).

Posicionados na base da camada de gipsita, ocorrem folhelhos betuminosos de cor preta, fossilíferos, carbonatados e odor facilmente identificado de enxofre, com espessura podendo atingir 4m.

Gipsita

Associada a folhelhos pirobetuminosos lenticulares, calcários, margas e arenitos conglomeráticos, encontram-se camadas de gipsita entre 8 a 10cm de cor branca a cinza clara, maciça, primária, fibrosa, podendo atingir todo o pacote até 30m. Sua localização se dá no intervalo evaporítico correspondendo ao Membro Ipubi da Formação Santana.

Depósitos Cenozóicos

São encontrados depósitos de "talus" constituídos de seixos rolados e matações originários do arenito do topo da Bacia, com distribuição irregular ao longo do sopé de toda a Chapada.

Depósitos Aluvionares

São encontrados restritos a calha do rio Cariús e seus afluentes, recobrimdo parte dos calcários laminados da Formação Cariri, Unidade Gnáissica-Migmatítica e os sedimentos do Membro Crato da Formação Santana.

Geologia Local

Das Formações anteriormente mencionadas a que dispõe de rochas carbonáticas relativamente espessa e em grande quantidade destaca-se a Formação Santana.

Formação Cariri

Corresponde aos arenitos basais da seqüência sedimentar, sendo composta por arenitos conglomeráticos, feldspáticos, branco-amarelados, imaturos, grão médio a grosso, fraturado, poroso, localmente silicificado, apresentando estratificação cruzada.

Formação Missão Velha

A Formação Missão Velha encontra-se sotoposta aos arenitos da Formação Cariri, com contato inferior de difícil delimitação. Em relação ao limite superior, os contatos com os calcários

sobrejacentes, são parcialmente encobertos em alguns locais pelos taludes das pequenas encostas.

É compostos por arenitos intermediários, na base por arenitos conglomeráticos, cinza-avermelhados, imaturos, com fragmentos de feldspatos e rochas do embasamento, ora dispostos caoticamente, ora apresentando granodrecrescência ascendente, que gradam para arenitos finos lenticulares, carbonáticos com estratificação cruzada.

Formação Santana

Nas áreas pesquisadas, os sedimentos da Formação Santana representam, em termos percentuais, mais de 80% dos litótipos. Nesta unidade é onde se localizam as frentes de lavra (talhados).

Membro Crato

Os calcários laminados parecem equivar ao Membro Crato da Formação Santana (Beurlen, 1963), finalizam o último ciclo granodrecrescente da Formação Missão Velha, numa passagem gradual de folhelhos interestratificados a calcários laminados, amarelos a creme, muito duros, fossilífero, apresentando dendritos, de óxido de manganês e calcita recristalizada, com subordinadas intercalações de folhelhos cinza-esverdeado, calcífero, laminado e friável.

Os sedimentos desse membro afloram em relevos de colinas alongadas de topo plano e flancos escarpados, em média com 5 a 15m de altura, com melhores exposições em locais já trabalhados.

"Matracão"

Trata-se de denominação popular usada pelos trabalhadores das frentes de lavra ("talhados") para camadas localizadas entre os estratos de calcário laminado, com espessura variando de 10 a 30cm.

Macroscopicamente apresenta coloração creme escura a marrom maciça, cimento silicoso, laminação plano-paralela, com textura fina a média. Atualmente esse material é utilizado no artesanato mineral, mesas, divisórias, etc.

Por apresentar elevada impermeabilidade, é usada como indicação de que, o calcário laminado abaixo apresenta pouca alteração, resultando num produto final de boa qualidade e melhor aceitação no mercado.

Nos trabalhos de deslocamento do calcário laminado feito com o auxílio de alavancas, marretas, cunhas e outros utensílios, o "matracão" não é aproveitado. Isso ocorre devido à dificuldade no seu desdobramento para obtenção de lajotas.

Membro Ipubi

Por sobre os calcários do Membro Crato encontram-se em associação com folhelhos pretos ou verdes, os evaporitos, que se restringem a sulfato de

cálcio e lentes arenosas carbonáticas da seqüência intermediária. Com espessura máxima de 12m, as camadas de gipsita são lenticulares e contíguas lateralmente com folhelhos cinza-esverdeados ou arenitos carbonáticos.

Segundo Ponte (1992), no entanto, esse membro corresponde ao que se convencionou chamar da Seqüência *Pós-rifte*, de sistema transicional evaporítico e marinho raso.

Membro Romualdo

Sobrepondo-se ao Membro Ipubi, têm-se uns perfis de folhelhos onde se intercala a litologias como: margas, gipsitas e arenitos (seqüência intermediária), correspondendo ao Membro Romualdo.

O contato inferior é sempre com os calcários laminados e a gipsita da Formação Santana. O contato superior é encoberto por solos ou depósitos de talus, advindo da erosão dos arenitos capeadores da Formação Exu.

Depósitos Aluvionares

Ocorrem de maneira razoavelmente pronunciada, encontrada principalmente nas aluviões do vale do Rio Cariús, e seus afluentes, recobrimdo parte da Unidade Gnáissica-Migmatítica, os calcários laminados da Formação Cariri e os sedimentos do Membro Crato da Formação Santana. As coberturas são constituídas por cascalhos, areia grossa a fina e argila, com espessura local de até 2m.

RESERVAS

Segundo dados do DNPM, atualizados até 31/12/2000, a reserva do calcário laminado é cerca de 97 milhões de metros cúbicos, equivalentes a 241

milhões de toneladas, abrangendo os municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Caracterização Tecnológica

➤ Tabela comparativa entre Nova Olinda x Santana do Cariri

ENSAIOS	NOVA OLINDA	SANTANA DO CARIRI
Massa Específica Aparente Saturada	2,438Kg/m ³	2,418 Kg/m ³
Massa Específica Aparente Seca	2,385Kg/m ³	2,412Kg/m ³
Porosidade Aparente	9,19%	9,60%
Absorção D'Água	3,91%	3,25%
Impacto de Corpo duro	Fissuras – 40.00cm Ruptura – 45.00cm	Fissuras – 58.8cm Ruptura – 63.8cm
Desgaste por Abrasão (AMSLER)	Percurso: 500m – 2,01mm Percurso: 1000m – 4,96mm	Percurso: 500m – 4,00mm Percurso: 1000m – 8,33mm
Resistência à Flexão	16,2Mpa	16,4Mpa
Resistência a Compressão	30,9Mpa	20,9Mpa
Análise Química e Físico-Química	Óxido de cálcio (CaO) – 49,52%	Óxido de cálcio (CaO) – 52,18%

➤ Classificação e composição mineralógicas

As características do calcário laminado foram confirmadas nos resultados de análises químicas e petrográfica de doze amostras selecionadas e coletadas em duplicata, bem situadas estratigraficamente em quatro das treze pedreiras estudadas, quando comparadas com as descrições macroscópicas, inseridas no Perfil Geológico Esquemático (Figura 2).

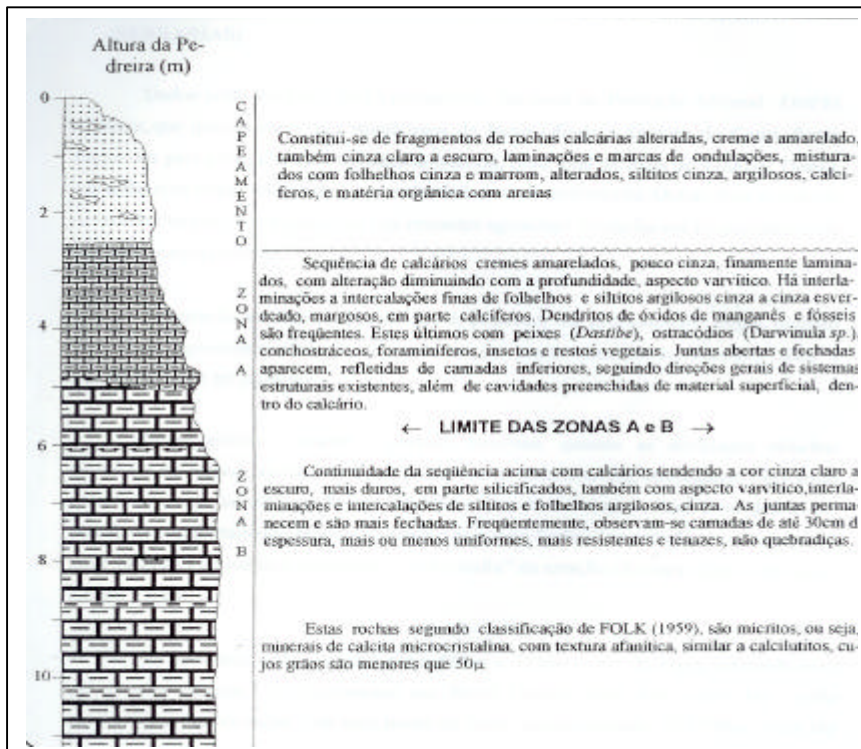


Figura 2 – Perfil Geológico Esquemático das pedreiras de calcário laminado com 3 distintas seções litológicas: capeamento, zonas A e B (escala vertical, aproximada 1:80) Fonte: OLIVEIRA (1998)

A seqüência litológica ali observada é composta por calcários de coloração creme a cinza amarelado (na parte superior da área de exposição) e cinza esverdeado (na parte inferior, principalmente na pedreira do Sítio Tatajuba). É possível que as tonalidades creme e amarelo decorram de maior ação meteórica, no estágio atual da superfície, próxima dos níveis de operações das pedreiras.

Em algumas dessas pedreiras, encontram-se camadas relativamente pouco espessas, com níveis de fósseis (por sinal, muito procurados para comércio ilegal) têm denominação de lajões do besouro, dos peixes, do bacalhau etc.

Há ainda camadas com espessura variável de 20cm a 35cm, denominadas de “matração”, muito duras e por isso muito resistentes, cujo material é usado na confecção de tampos de mesa, prateleiras de estantes, ladrilhos em forma de tacos de madeira (20cm x 5cm x 1,5cm).

Este material, geralmente, encontra-se na parte média (Zona A) ou inferior (Zona B) da seqüência do calcário laminado.

São calcilitos, pois a sua textura é afanítica, micro a criptocristalina, designados de micritos, segundo critério de classificação de FOLK (1959 *apud* SUGUIO, 1980).

Uma comparação entre os dados dessas análises (Tabela) revela que eles têm valores muito próximos, apesar de uso de distintas maneiras de os classificar: aquelas com maior precisões e mais apuradas que estas, cuja composição modal se deu por estimativa visual, mais sujeita a erros sistemáticos do observador.

- Comparação de dados analíticos químicos e petrográficos

Amostra	CaCO ₃		MgCO ₃		Carbonatos totais	
	Abs	Rel	Abs	Rel	Abs	Pet
01	94,49	96,42	2,95	3,01	98,00	97,00
02	95,49	98,69	1,06	1,10	96,75	97,00
03	91,48	95,79	3,38	3,54	95,50	99,00
04	94,99	97,68	1,90	1,95	97,25	93,00
05	91,98	95,56	3,59	3,73	96,25	99,00
06	93,49	96,88	2,53	2,62	96,50	97,00
07	91,73	96,30	2,95	3,10	95,25	94,00
08	92,49	97,10	2,32	2,44	95,25	98,00
09	93,73	96,38	2,95	3,03	97,25	97,00
10	93,75	96,65	2,74	2,82	97,00	98,00
11	96,49	98,21	1,48	1,51	98,25	100,00
12	94,25	97,16	2,32	2,40	97,00	96,00

Abs – Valores extraídos da Ficha de Análises Químicas
 Legenda: Rel – Valores calculados sobre os de Carbonatos totais da mesma ficha
 Pet – Valores extraídos das Fichas de Análises Petrográficas

Esta tabela, além de comparar os dados obtidos diretamente, mostra valores de carbonatos de cálcio/magnésio em relação ao total de carbonatos nas análises químicas, objetivando a classificação do(s) tipo(s) de carbonatos existentes.

- Usos da matéria-prima

A constituição das rochas calcárias deve ser fator para uso ou não em setores primário e secundário de produção da economia. Mas, cerca de 1/3 do que é produzido provém de caieristas (LIMAVERDE *et al.*, 1987) que não seguem normas técnicas para seus produtos. Só as grandes empresas o fazem pela responsabilidade ante seus compradores.

LIMAVERDE *et al.* (op. cit.) arrolam diversos usos de carbonatos (exceto calcário), de acordo com o mineral, descrevendo sucintamente as aplicações de calcita e aragonita (cálcio), dolomita (cálcio e magnésio), magnesita e rodocrosita (magnésio), siderita (ferro), smithsonita (zinco), viterita (bário), estroncionita (estrôncio), cerussita (chumbo), malaquita e azurita (cobre) e trona (sódio).

Os carbonatos são rochas abundantes no Brasil, tanto as de origem cristalina como as de procedência sedimentar, sendo que, no Nordeste, todos os estados têm reservas, concentrando-se 80,1% da produção regional de 1983 em três deles: Ceará (27,6%), Rio Grande do Norte (26,9%) e Bahia (25,6%), segundo os autores ora citados.

Tecnologia da Lavra

O método de lavra usado na região de Nova Olinda e Santana do Cariri para exploração do calcário laminado do Cariri é desenvolvido a céu aberto de forma seletiva. A geometria de cada frente fica condicionada (empiricamente) a zonas de capeamento, segundo as unidades estratigráficas de classificação das rochas. A técnica de lavra utilizada, em sua grande maioria, é conduzida sem nenhuma mecanização, de forma manual para a produção de placas e posterior beneficiamento de ladrilho visando seu uso como piso e revestimento, em obras na construção civil. As fotos 1 e 2 estão mostrando o método de extração rudimentar. As fotos 3 e 4 mostram a tecnologia com máquina de corte com disco diamantado utilizado em algumas frentes de lavra da região.



1



2

FOTO 1 e 2 – Método de Extração Rudimentar



3



4

FOTO 3 e 4 – Tecnologia com Máquina de Corte com fio diamantado.

Normalmente para as frentes de lavra são delimitados pátios com cerca de 20m², onde é feita, inicialmente, uma limpeza da cobertura do solo para a retirada de vegetação rasteira e argilas depositadas sobre o minério de calcário até que se encontre a rocha sem muita alteração. Como a própria formação é laminar, são utilizadas talhadeiras para criar, entre uma camada e outra, um espaço para colocação de alavanca que é erguida até o rompimento da placa (foto 5), podendo ocorrer a quebra nas partes de fraturas de um local alheio a vontade do operador. Os produtores que trabalham na lavra utilizam apenas ferramentas rudimentares tais como: pichotes, talhadeiras, alavancas, marretas, etc. Tal manuseio resulta na obtenção de placas totalmente irregulares, podendo ser transformadas em ladrilhos menores ou levadas à pilha de rejeito, dependendo de suas dimensões.



FOTO 5 - Talhadeira

Dados colhidos junto ao DNPM indicam que existem atualmente cerca de 200 frentes de lavra, muitas delas paralisadas por problemas técnicos de extração.

Por outro lado, existe um tipo de lavra semimecanizada, quando é utilizada a máquina de corte móvel geralmente elétrica com disco diamantado, a talhadeira manual é substituída pela máquina. A profundidade de corte aumenta dependendo do tamanho do disco que varia de 350mm a 500mm. Entretanto a placa obtida não ultrapassa a espessura de 18cm.

Após a etapa de lavra, as placas são selecionadas manualmente e transportadas para as serrarias, localizadas na região, onde são esquadrejadas em dimensões compatíveis as suas irregularidades e comercialização sem nenhuma padronização de cor e espessura. Estima-se que a perda na lavra com a operação manual chega a 90% e, com a operação semimecanizada com a máquina de corte é em torno de 60%.

Tecnologia de Beneficiamento

A etapa posterior à etapa de lavra é o beneficiamento, ou seja, o esquadrejamento das placas de rochas, executada nas Serrarias (máquina de corte) conforme a foto 6. Os tipos de produtos feitos a partir das lajes de Pedra Cariri, retiradas das pedreiras são: a própria laje com tamanho e espessura variada, a laje rachada (várias espessuras e tamanhos), a laje almofada sem esquadrejamento, o ladrilho bruto esquadrejado nos tamanhos 50x50cm, 40x40cm, 30x30cm, 20x20cm, 15x30cm, etc. O produto de maior demanda pelo mercado é o ladrilho 50x50cm, os preços de venda no mercado variam bastante desde a boca da mina ao mercado consumidor, nas cidades do Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha e principalmente Fortaleza. O restante é exportado para os Estados de Pernambuco, Piauí, Maranhão, Bahia e Minas Gerais. Entretanto não há uma comercialização organizada pelos produtores; um levantamento, mais recente, revela que havia um entendimento entre os produtores para a venda ao preço de R\$ 5,00 (cinco reais) o metro quadrado (m²), porém este acordo foi rompido por alguns produtores e provocou um desentendimento entre eles e o preço chegou a baixar para R\$ 4,00 (quatro reais).



FOTO 6 – Máquina de Corte

DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

Em virtude do empirismo generalizado em toda a cadeia produtiva desde a lavra ao beneficiamento do calcário laminado para a comercialização da Pedra Cariri como rochas ornamentais e de revestimento, acarreta uma alta perda de material (70% de perda), embora já existam algumas empresas trabalhando com uma lavra semimecanizada.

Visando diagnosticar melhor a situação atual, de exploração da Pedra Cariri, técnicos de CETEM, em 2003, visitaram a região, onde foram observadas algumas pedreiras dos municípios produtores bem como as unidades de beneficiamento (esquadrejamento).

No caso das causas naturais (trincas e fraturas) não foram consideradas como perdas, as causas operacionais podem ser agrupadas em 3 tipos principais de perdas. Estes tipos são:

- a) Perdas em trabalhos nas etapas de lavra;
- b) Perdas em trabalhos de Serrarias e;
- c) Perdas em serviço de transporte de lajes, placas e ladrilhos.

Diante de tais problemas, foi sugerida uma mudança nas técnicas de lavra, através de fabricação de um equipamento protótipo que poderia agilizar a técnica de máquina de corte móvel, aprofundando o corte para a retirada de blocos em tamanhos adequados que pudesse ainda ser transportado manualmente para os caminhões. Outra alternativa seria fazer o desdobramento dos blocos no próprio pátio de pedreira, para produção de ladrilho ou placas. As fotos 7 e 8 mostram o protótipo projetado e desenvolvido pelo NUTEC, em 1998. Trata-se de um projeto piloto que poderia, na época dar melhores resultados aos mineradores da região. Na ocasião também foi proposta a possibilidade de ser confeccionado um protótipo de uma máquina a corrente diamantada, numa escala menor do que as existentes nas linhas das empresas fabricantes de máquinas de fio e a corrente diamantados utilizadas nos mármore no Brasil (mármore Bege Bahia).



FOTO 7 e 8 – Protótipo projetado e desenvolvido pelo NUTEC em 1998.

Nesses últimos 5 anos houve uma evolução, no aparecimento de uma boa qualidade de máquinas de corte nas frentes de lavra, embora ocorra, na grande maioria das pedreiras em atividades, de forma muito lenta. Entretanto, o aprendizado inicial foi muito oneroso e desgastante ao longo dos trabalhos desenvolvidos, no decorrer destes últimos anos, tanto para os micros empresários locais quanto para os órgãos de governos.

Segundo dados do DNPM/CE estão cadastrados 272 frentes de lavras de calcário laminado nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri. Nestes municípios foram cadastrados também 37 serrarias (máquinas de corte de beneficiamento), ocupando atualmente uma mão-de-obra direta estimada em 1500 trabalhadores.

A atividade de produção da Pedra Cariri se constitui na economia básica dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri, visto que a agropecuária tem apenas um caráter de subsistência. Portanto a extração e beneficiamento deste bem mineral vem garantindo a permanência do homem do campo e destas cidades em seu local de origem.

Por outro lado não existe uma política de comercialização nem tampouco um Plano Estratégico para o desenvolvimento da Pedra Cariri na região sul do Ceará. Dessa forma foram realizadas reuniões no local com os mineradores e representantes das organizações públicas e privadas e em Fortaleza com o objetivo de levantar os problemas e soluções, visando a elaboração de um Plano de Trabalho constando de ações importantes para alavancar a mineração na região. Dentre as ações, já surgiram, ou estão em andamento as seguintes: regulamentação dos direitos minerários junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e de meio ambiente (SEMACE), com apoio do SEBRAE-CE; estudos de caracterização tecnológica e aproveitamento dos rejeitos, bem como adequação de técnicas de lavra e beneficiamento. Entretanto, destaca-se como passo inicial à proposta que surgiu nas reuniões, ou seja: a organização de uma rede de cooperação com as instituições parceiras locais, estaduais e federais, para em seguida, dar suporte de apoio técnico, visando a elaboração de um Plano de Ação, específico para o calcário do Cariri, como instrumento mais adequado à aplicação das políticas públicas de indução ao desenvolvimento tecnológico regional através das redes dos chamados Arranjos Produtivos Locais – APL.

Uma sugestão aprovada por todos os parceiros, com vistas a efetuar um levantamento rápido das demandas mais urgentes dos produtores e das demais agências controladoras da atividade mineral foi levantar os problema e sugestões para suas soluções. Daí preparar as propostas de projeto buscando atender estas demandas, que serão possivelmente encaminhados as várias frentes de financiamento e fomento. A seguir estão apresentada a matriz Problema X Solução, elaborada pela CODECE/SDE e o CETEM/MCT, com a colaboração da SECITECE.

Ações Governamentais já Implementadas pelo Governo do Estado do Ceará

Além da experiência por parte do NUTEC da introdução da máquina de corte com disco diamantado fabricada no Ceará, indubitavelmente implantando uma filosofia voltada para a mecanização da lavra, outras ações foram realizadas na região nos últimos 5 (cinco) anos, a saber:

- Uma viagem promovida pela CODECE no ano de 2000 à região de Papagaio, localizada a NE do estado de Minas Gerais, região esta produtora de ardósia, visando levar 10 (dez) produtores de lajes de Nova Olinda e Santana do Cariri para conhecerem “in loco” a utilização da máquina de corte com disco diamantado na ardósia, desta experiência resultou a compra por vários produtores da região produtora de calcário laminado que atualmente estão em uso com sucesso, inclusive nestes casos reduzindo substancialmente a perda de girava em torno de 70% na extração da “Pedra Cariri”;
- Pesquisa Geológica de 8 (oito) áreas requeridas pela CODECE no município de Santana do Cariri, totalizando 3538,91ha, visando a legalização de lavras junto ao DNPM, sendo o Relatório Final entregue em 1977 e aprovado, mas inexplicavelmente não houve interesse por parte dos produtores e autoridades municipais. Após alguns anos, quando da extinção da Diretoria de Mineração da CODECE, estas áreas foram colocadas em disponibilidade junto ao DNPM pela presidência da CODECE;
- Pesquisa Geológica de 3 (três) áreas de calcário laminado no município de Nova Olinda, totalizando 2668,32ha requeridas pela Associação dos Produtores de Lajes de Nova Olinda. Relatório Final de Pesquisa apresentado ao DNPM em 2001 e aprovado. Esta ação legalizou cerca de 800 produtores de lajes;
- Adução de água através de poços profundos em número de 4 (quatro) poços, sendo 3 (três) no município de Nova Olinda e 1 (um) no município de Santana do Cariri, visando a abastecimento de água para a utilização da máquina de corte com disco diamantado na extração;
- Adução de 9 Km de energia elétrica no município de Nova Olinda e Santana do Cariri, passando pelos “talhados” para o funcionamento da máquina de corte com disco diamantado na extração.

Atualmente, com a reativação da Diretoria de Mineração da CODECE, esta, juntamente com o CETEM/MCT, SIMAGRAN e ABIROCHAS está elaborando o projeto Arranjo Produtivo Local do Calcário Laminado da Região do Cariri. Os trabalhos estão em fase de elaboração, sendo que os principais enfoques serão voltados para a modernização dos processos de extração e beneficiamento, problemas ambientais, utilização do rejeito gerado tanto na extração como no beneficiamento, comercialização, bem como tentar conscientização dos extratores do calcário laminado com o problema dos fósseis que

por acaso apareçam durante a retirada do calcário, esta ação envolve diretamente o DNPM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEURLEN, R (1971). As Condições Ecológicas e Faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). Na. Acad. Bras. Ciênc., V. 43. Suplemento, p. 411-415.
- MENDES, J.C. (1984). Elementos de Estratigrafia, São Paulo. EDUSP. 566p.
- PEITER, C & CHIODI FILHO, C. Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ABIROCHAS, 2001.
- PEREZ, B. C; SÁNCHEZ, M. M. Avanços e Transferência Tecnológica em Rocha Ornamental. Série Rochas e Minerais Industriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.
- ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe. Revista Brasileira de Geociências. Rio de Janeiro, v. 22, p 289-300 1992a.
- CODECE. Relatório Final Único de Pesquisa de Calcário Laminado de Santana do Cariri. Processos DNPM nº 800123/92 a 800130/92. Fortaleza: 1997. 55p. il.
- CODECE. Relatório Final Único de Calcário Laminado de Nova Olinda. Processos DNPM nº 800024/98 a 800026/98. Fortaleza: 2001. 52p. il.
- LIMAVERDE, J. de A.; SOUZA, E. T. & GOMES, F. de A. L. A Indústria de Calcários e Dolomitos no Nordeste. Fortaleza: BNB/ETENE, 1987. p 303. (Série Estudos Econômicos e Social, 34).
- SUGUIO, K. Rochas Sedimentares. Propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 500p.il.
- OLIVEIRA, A. A. Calcários Laminados do Cariri: Estudo para redução de perdas na lavra e aproveitamento do rejeito mineral. Fortaleza: UFC. Centro de Ciências, Departamento de Geologia. Curso de Mestrado em Geologia, 1998, 160p. il. (Dissertação de Mestrado).
- NUTEC. Relatório Técnico Protótipo da Máquina de Corte para Lavra do Calcário Laminado. Fortaleza – CE, 1998. 30p. il.
- PEITER, C. C., VILLAS BÔAS, R. C. Abordagem participativa na gestão de recursos minerais/ C.C. Peiter, R. C. Villas Bôas – São Paulo: EPUSP, 2000, 32p. il. (Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas).

MATRIZ PROBLEMA X SOLUÇÃO

Problema Identificado	Solução
Tema: Arcabouço Legal da Mineração da Pedra Cariri	
Problema 1 – Mineração em áreas não legalizadas.	- Promover campanha de conscientização junto ao minerador da necessidade de atendimento aos pleitos do código de mineração.
Problema 2 – Trabalho de mineração sem o licenciamento ambiental.	- Elaborar os devidos estudos exigidos pela legislação ambiental.
Tema: Matéria-prima com foco em prospeção, geologia de exploração, tecnologia mineral e recuperação de áreas	
Problema 3 - Falta de informações técnicas e sócio-econômicas sobre a atividade na região.	- Identificação e levantamento de dados disponíveis sobre o setor através de Publicações, Relatórios Técnicos, Teses de Mestrado/Doutorado, Projetos já executados e que venham a ser implantados; - Atração de novos investidores.
Problema 4 – Conhecimento insuficiente das possibilidades de uso industrial do minério e dos rejeitos estocados.	- Campanha de amostragem, visando a caracterização tecnológica do minério em suas diversas formas de ocorrência; - Estudos de viabilidade técnico-econômica para as melhores alternativas tecnológicas; - Desenvolver projeto de pesquisa tecnológica para aproveitamento dos rejeitos; - Estudos de mercado e usos alternativos para os rejeitos.
Problema 5 - Lavras conduzidas sem técnicas e segurança adequadas com elevado nível de perda de matéria prima.	- Projeto de lavra piloto e/ou demonstração na própria pedreira compatibilizando as técnicas de abertura de frente lavra com a recuperação ambiental e adequação de lavra existente; - Promover a mecanização da lavra em todas as pedreiras, através de modernização tecnológica de máquinas e equipamentos de uso na extração.
Problema 6 - Elevado nível de perda nas etapas de lavra e beneficiamento.	- Modernização e adequação tecnológica nas máquinas e equipamentos, desde da lavra até o beneficiamento das lajes; - Padronização e calibragem dos produtos.
Problema 7 –Grande Quantidade de fosséis encontrados nas áreas de mineração.	- Promover campanha de orientação e conscientização aos mineradores sobre a importância da preservação dos fosséis; - Orientar os mineradores quando encontrar os fosséis comunicar ao DNPM.
Problema 8 – Frentes de Lavra abandonadas.	- Diagnosticar a viabilidade técnico-econômica de reabertura da lavra incluindo o aspecto ambiental; - Projeto demonstração de fechamento da lavra com recuperação ambiental.
Problema 9 - Materiais mais duros não aproveitados.	- Estudo para a utilização como artesanato mineral e outras aplicações.

MATRIZ PROBLEMA X SOLUÇÃO

Cont.

Tema: Matéria-prima com foco em prospeção, geologia de exploração, tecnologia mineral e recuperação de áreas	
Problema 10 - Produto Final da Pedra Cariri pouco diversificado.	- Desenvolver estudos visando melhorar acabamento e diversificação do produto, buscando-se novos mercados e linhas de produção.
Problema 11 – Baixa qualidade do produto final.	- Estudos de novos acabamentos (polimento, envelhecimento e resinamento).
Problema 12 – Falta de alternativas de uso dos subprodutos e rejeitos.	- Estudos Técnicos EVTE; - Estudos de Mercado; - Estudos de alternativas de uso.
Problema 13 - Produto final com baixo preço de mercado.	- Estudos de Gestão e Marketing; - Estudo de uma Central de Vendas; - Estudos de Linhas de Crédito.
Problema 14 – Pouco uso em artesanato e outras utilidades.	- Estudo de Marketing; - Treinamento de artesãos; - Divulgação em feiras e eventos.
Tema: Outros	
Problema 15 – Carência de Infra-estrutura (vias de acesso, água e energia).	- Negociação com agentes do governo e concessionárias.
Problema 16 – Falta de interatividade entre os mineradores.	- Buscar metodologia de aproximação entre os produtores em torno da realização de negócios em comum.

CARACTERIZAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO CEARÁ

Tácito Wálber Gomes Fernandes^{1*}, Antônio Misson Godoy^{2*} e Nedson Humberto Fernandes³

¹UNESP- Mestrando do Instituto. de Geociências e Ciências Exatas. E-mail: tacitowalber@hotmail.com

²UNESP – Departamento de Petrologia e Metalogenia. E-mail: mgodoy@rc.unesp.br

³UNESP. Av. 24 – A, 1515, Bela Vista – Rio Claro – SP. Fone: (19) 526-2809

³Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia/CC/UFC, Campus do PICI – Fortaleza-CE
Fone: (85) 288-9867 – E-mail: nedsonhf@bol.com.br

RESUMO

O intuito da pesquisa foi identificar e caracterizar o setor de beneficiamento de rochas ornamentais do Estado do Ceará, segundo sua potencialidade atual, o dimensionamento, estrutura física e tecnológica e suas deficiências. A geração deste banco de dados com os parâmetros e informações deste setor, possibilitarão ao nível empresarial e governamental, uma análise mais precisa, para possíveis políticas de atuação, e consequentemente, uma maior competitividade neste importante segmento econômico do Estado do Ceará. A pesquisa foi realizada na região metropolitana de Fortaleza, onde está localizada a grande maioria das empresas de beneficiamento de grande e médio porte, com base em abordagens técnicas de caracterização da cadeia produtiva. Os parâmetros identificados foram obtidos através de um diagnóstico técnico estruturado com base em questionário e entrevistas diretas, selecionadas e trabalhadas segundo quatro categorias, Processo Produtivo, Comercialização, Mão-de-obra e Perfil das empresas. Foi dada ênfase quanto às características e situação das reservas de rochas ornamentais, beneficiamento das linhas de chapas e ladrilhos, localização das principais empresas em atividade, caracterização do processo produtivo com uso de talha- blocos e teares, origem da matéria- prima utilizada no processo de fabricação, principais produtos, políticas de fixação de preços, gerenciamento de qualidade, caracterização de mão-de-obra, mercados e segmentos consumidores, estratégias de concorrência e perfil das empresas produtoras, interpretadas segundo método estatístico. Os resultados confirmaram o bom nível tecnológico do parque industrial cearense, com indústrias de médio e grande porte, porém revelou alguns fatores desfavoráveis ao setor como, o monopólio, os fortes índices de desqualificação de mão-de-obra, a ausência de controles de qualidade informatizados e mais rigorosos, em grande parte das empresas e o processo de desindustrialização da atividade no Estado.

1. Introdução

Devemos considerar a geodiversidade cearense, pois já se produziu no Estado, diferentes tipos de rochas ornamentais. O Ceará ocupa a segunda posição do nordeste em termos de produção, e detém um parque industrial considerado o de maior capacidade de beneficiamento da região nordeste.

No início das atividades de lavras e beneficiamento de rochas ornamentais no Ceará, a partir da década de 90, alguns empresários não se preocuparam em desenvolver a atividade de forma séria, não deram ênfase a todas as etapas da cadeia produtiva do setor. Na verdade eles tiveram grande interesse no leque de benefícios e incentivos fiscais muito atrativos oferecidos pela nova política de desenvolvimento industrial implantada no Estado, que por vezes foram desviados para outras atividades.

Atualmente, o setor de beneficiamento de rochas ornamentais do Estado enfrenta um processo de desindustrialização, fruto de especuladores, e de empresários com falta de conhecimento na atividade de extração, beneficiamento e gestão empresarial, acompanhado por um monopólio do setor.

Hoje, existe um monopólio das jazidas de rochas ornamentais do Estado, o qual pode ser considerado economicamente negativo, pois priva os pequenos empresários na obtenção de matéria-prima, diminuindo a concorrência das empresas do Estado.

Contudo, ainda podemos afirmar que as empresas cearenses em atividade no setor cresceram e atualmente estão trabalhando com um bom nível tecnológico. Segundo Vidal (2002), as lavras do Estado do Ceará em sua maioria estão em processo de evolução, com um bom nível tecnológico e um acentuado aumento da produção de blocos. O número de profissionais qualificados na área de pesquisa mineral e engenharia de minas aumentou, bem como as técnicas apropriadas para lavra de rochas nas jazidas. As técnicas de lavra incluem o desmonte com perfuração e uso de explosivos, perfuração contínua sem uso de explosivos, corte com *flame jet*, corte com fio diamantado, corte com fio hedicoidal, uso de massa expansiva e abertura através de cunhas. No caso dos granitos, nota-se um crescente uso do corte primário com fio diamantado.

2. Reservas aprovadas pelo Estado.

Segundo dados do DNPM-CE (2000), as reservas de granitos aprovadas estão localizadas nos municípios de Alcântaras, Amontada, Aracoiaba, Boa Viagem, Cariré, Eusébio, Forquilha, Irauçuba, Independência, Itapajé, Itaitinga, Itapipoca, Itapiuna, Limoeiro do Norte, Marco, Massapé, Meruoca, Miraima, Monsenhor Tabosa, Santa Quitéria, São Luis do Curu, Sobral, Tamboril, Várzea Alegre e Potiretama. As reservas de mármore estão

localizadas nos municípios de Boa Viagem, Cariús, Santa Quitéria e Uruari. As reservas de calcário sedimentar travertino estão localizadas no município de Limoeiro do Norte e as reservas de calcário sedimentar laminado (pedra cariri) estão situadas em Nova Olinda e Santana do Cariri. O total destas reservas perfaz os valores conforme (tabela 1).

3. Produção e produtos do Estado do Ceará

O Ceará dispõe de várias jazidas, onde seus níveis de atividades de extração estão diretamente ligados à demanda dos produtos (tipos comerciais) que ela oferece.

Segundo a ABIROCHAS (2001), a produção cearense de rochas ornamentais é de 180.000 t/ano, correspondendo a (2%) da produção brasileira. Com 153.000t/ano, (85%) referente a granito e 27.000t/ano (15%) a pedra cariri. Das 57 frentes de lavra existentes, 30 destas localizadas no Cariri, extraindo o calcário laminado.

4. Beneficiamento (Indústria de chapas e ladrilhos)

O setor de beneficiamento de rochas ornamentais do Ceará dispõe de um parque industrial moderno sendo considerado como o de maior capacidade instalada do Nordeste. De acordo com os dados da pesquisa, o Grupo GRANOS – IMARF (INBRASA, MONT) domina o setor com uma produção mensal aproximada de 57.000m², (61%) da produção estadual, distribuídos em linhas de ladrilhos e chapas.

4.1 Localização das principais indústrias de beneficiamento do Estado do Ceará

As principais indústrias de beneficiamento do setor de rochas ornamentais cearense estão localizadas principalmente na região metropolitana de Fortaleza, compreendendo os municípios de Caucaia, Maracanaú, Aquiraz, Horizonte e Sobral, localizado na região norte do Estado.

Em Caucaia estão localizadas as empresas **IMARF - GRANITOS E MINERAÇÃO S/A.**, **GRANOS – GRANITOS DO NORDESTE S/A** e **MULTIGRAN – MINERAÇÃO DE GRANITOS LTDA.**

Em Maracanaú estão instaladas as empresas **CIGRAMA – COMPANHIA INDUSTRIAL DE GRANITOS E MÁRMORES** e a **MARFORT**. No município de Aquiraz estão instaladas as empresas **ROCHETEC** e a **ST ROCHAS**.

No município de Horizonte estão instaladas as empresas **CAPIVARA – INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA**, com duas unidades de operação, a **GRANISTONE S/A** e a **MONTE HORIZONTE**.

Na região norte do Estado está localizada no município de Sobral, a empresa **INBRASMA – INDUSTRIAL DE GRANITOS E MÁRMORES**.

4.2 Caracterização do processo produtivo

Dos 44 teares (BRETON, MGM, CIMEF, BM) do Estado do Ceará, 38 estão em funcionamento, bem como 02 talha-blocos de grande porte HENSEL e SIMEC e 10 talha-blocos de médio porte HMM. Considerando a produção de teares e talha-blocos de grande e médio portes, a produção média atual do Estado está estimada em 94.000 m²/mês, conforme (tabela 2).

Com base na mesma tabela, temos as seguintes considerações:

- Considerando os equipamentos teares e talha-blocos, 94,7% dos teares são nacionais e 5,3% importados. 8,3% dos talha-blocos são importados e 91,7% são nacionais;
- O grupo GRANOS/IMARF é responsável por aproximadamente 61% da produção média (m²/mês) do Estado do Ceará;

Em relação aos principais municípios beneficiadores do Estado (Tabela 2), a produção de rochas ornamentais (m²/mês) está representada conforme o Gráfico 1.

Considerando as empresas em atividade no Estado, o beneficiamento de rochas ornamentais do Ceará com uso de teares corresponde a aproximadamente 87,2% da produção, e o beneficiamento com talha-blocos de médio e grande porte corresponde ao percentual estimado de 12,8% da produção total do Estado. (tabelas 3 e 4).

4.2.1 Origem das rochas utilizadas nas indústrias de beneficiamento cearenses.

Devido ao grande potencial geológico do Estado para atividade de rochas ornamentais, a maioria das rochas utilizadas como matéria-prima para as indústrias de beneficiamento (serrarias) e marmorarias são adquiridas no próprio Estado (gráfico 2). A fração de rochas provenientes de outros Estados está representada em sua maioria por mármore. Os principais mercados supridores de rochas ornamentais para as indústrias (serrarias) de beneficiamento do Ceará são: Bahia, Piauí, Paraíba e Rio Grande do Norte.

4.2.2 Principais produtos produzidos e comercializados pelas indústrias de beneficiamento

As indústrias de beneficiamento primário do Ceará de grande e médio porte concentram sua produção no beneficiamento de chapas polidas e ladrilhos direcionando o lay-out de produção para linhas de pisos e chapas.

Analisando os dados da pesquisa, os principais materiais produzidos e comercializados pelas indústrias de beneficiamento cearenses de grande e médio porte correspondeu a (50%) para chapas e (50%) para ladrilhos, houve um predomínio da produção de ladrilhos para empresas de médio porte, destinada ao mercado interno e uma maior

produção de chapas polidas nas empresas de grande porte, destinadas principalmente às exportações.

Os fluxogramas de produção destas empresas de médio e grande portes obedecem os mesmos fluxos e etapas dos demonstrados nas (figuras 1, 2 e 3).

4.2.3 Política de fixação de preços dos produtos

Atualmente, os preços dos produtos estão seguindo o mercado (concorrência). As empresas investiram muito em tecnologia e equipamentos de ponta para serem competitivas no mercado, esses custos somados a grande oferta de granitos no mercado condicionaram a comercialização de produtos mais baratos, muitas vezes não repassando em seus preços, os custos de produção.

Esses fatores negativos ainda foram somados nos dois últimos anos, aos constantes aumentos de transportes e energia, e principalmente ao aumento do dólar que no último ano incrementou a maioria dos insumos importados. Além dos insumos, os custos das rochas (matéria-prima) e mão-de-obra são os principais pesos nos custos do setor de rochas ornamentais cearense. Todos esses fatos estão retratando a atual situação do setor do Estado, o qual enfrenta dificuldades, principalmente em relação a redução do capital de giro da empresas.

Segundo os dados da pesquisa, o segmento de beneficiamento de médio e grande portes do Estado do Ceará revelou que (16,7%) das empresas ainda adotam a estratégia de (composição dos custos + margem de lucro) para política de preços, (33,3%) das empresas adotam a estratégia (seguem os preços da concorrência) e (50%) das empresas adotam o a estratégia (custo + margem + concorrência).

4.2.4 Gerenciamento de qualidade

A pesquisa revelou que o gerenciamento de qualidade das empresas de beneficiamento de médio e grande porte do Estado do Ceará está necessitando de melhoras, conforme (gráfico 3).

5. Caracterização de mão-de-obra

De acordo com os dados da pesquisa (50%) da mão-de-obra das indústrias de beneficiamento (serrarias) é especializada, estes dados se concentraram principalmente nas indústrias de grande porte (GRANOS/IMARF/INBRASMA). Os (50%) restante de mão-de-obra não especializada ficou concentrado principalmente nas indústrias de médio porte (CAPIVARA, GRANISTONE, ROCHETEC, MARFORT, CIGRAMA, MULTIGRAN e ST ROCHA).

Em relação a rotatividade (turnover) de funcionários, as empresas de beneficiamento (serrarias) apresentaram em sua maioria, rotatividade média, (gráfico 4).

Tratando-se de atividades de cooperação (trabalhos conjuntos em projetos, parcerias comerciais, treinamentos de mão-de-obra, aquisição

de conhecimentos) com fabricantes, fornecedores, marmorarias, depósitos, arquitetos e engenheiros, a pesquisa revelou que a maior parte dessas atividades são executadas junto aos arquitetos e engenheiros, (100%) das empresas realizaram esta atividade, e os depósitos e fornecedores de insumos (80%) das empresas, (gráfico 5).

6. Comercialização das indústrias de beneficiamento

6.1 Percentual médio dos mercados consumidores da produção das empresas cearenses

Considerando o percentual médio do destino da produção das empresas cearenses, estima-se que (15%) do total da produção foi destinada a Fortaleza, (5%) a outros municípios cearenses, (50%) a outros Estados do país e (30%) às exportações. O percentual correspondente a outros Estados está concentrado principalmente no Rio de Janeiro e São Paulo, destinado ao revestimento de fachadas e pisos de obras civis de grande porte como *shopping centers*, edifícios, aeroportos, etc.

Considerando os canais de comercialização das empresas, a pesquisa revelou o seguinte comportamento: as vendas diretas ficaram responsáveis por (40%) das vendas, os distribuidores (25%), as lojas próprias (26%), as exportações (8%) e os arquitetos e engenheiros (1%).

6.2 Variações de preços de venda praticados pela empresas Cearenses.

Para o mercado externo e interno, os produtos cearenses têm grandes variações de preços, conforme (tabelas 5 e 6), respectivamente.

É importante observar que alguns granitos diferenciados como os brancos e, os conglomerados tem maiores cotações de preços, variando entre R\$ 100,00 a R\$ 190,00 ao nível nacional.

7. Principais estratégias de concorrência de mercado e dificuldades enfrentadas pelas serrarias cearenses

Como primeira estratégia prioritária contra a concorrência do mercado, a maioria (50%) das indústrias de beneficiamento cearenses aposta na qualidade de seus produtos, (33%) apostam na diversidade de produtos e (17%) adotam estratégia de flexibilidade de seus preços.

Como segunda estratégia prioritária contra a concorrência do mercado, (50%) das empresas também apostam na qualidade dos produtos, enquanto (17%) adotam estratégia de flexibilidade de seus preços, (17%) prazos de entrega e (17%) variedades de produtos. De acordo com os dados da pesquisa, observamos que as empresas (serrarias) cearenses priorizam a qualidade, como estratégia de concorrência de mercado.

Em relação às dificuldades enfrentadas pelas empresas cearenses, as principais são impostos, taxas e tarifas (35%), concorrência de outros Estados (29%) e Crédito (24%), (gráfico 6).

8. Características das empresas de beneficiamento do Ceará

Do total de indústrias de desdobramento (serrarias) em atividade, (83%) das empresas são familiares e todas (100%) tem minas próprias. Estas empresas geram aproximadamente 702 empregos diretos, com um percentual médio de (87%) do total dos funcionários lotados na área de produção. Considerando as empresas em atividade, a mais antiga tem 18 anos de atividade e a mais recente 06 meses. O período médio de atividade do total de empresas de beneficiamento (serrarias) cearenses é de 11 anos.

Considerando os padrões (serraria de pequeno porte – produção até 3.000m²/mês), (serraria de médio porte – produção de 3.000 a

7.000m²/mês), (serraria de grande porte – produção acima de 7.000m²/mês), (63,6%) das empresas são de médio porte e (36,4%) de grande porte, não aparecendo na pesquisa empresas de pequeno porte. As empresas de grande porte (36,4%), são responsáveis por aproximadamente (68%) da produção cearense de chapas e ladrilhos e dispõe de equipamentos e tecnologia compatíveis com as demais empresas concorrentes e de grande porte, de outros Estados brasileiros.

TABELA 1 - RESERVAS DE GRANITO, MÁRMORES E CALCÁRIOS ORNAMENTAIS APROVADAS PELO DNPM-CE

SUBSTÂNCIA	RESERVA (M ³)	
	MEDIDA	INDICADA
GRANITO	444.703.032	45.135.533
MÁRMORE	24.881.536	101.108
CALCÁRIO TRAVERTINO	252.269.980	68.053.465
CALCÁRIO LAMINADO	94.012.469	2.277.305
TOTAL	815.867.017	115.567.411

FONTE: DNPM-CE – 10º DISTRITO, atualizados até 31-12-2000.

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DE TEARES E TALHA-BLOCOS EM FUNCIONAMENTO E PRODUÇÃO MÉDIA/MENSAL – 2003

Empresa	Município	Teares **	Talha-Blocos **	Origem		Produção média mensal (m ²) *
				nacional	importado	
Imarf	Caucaia	02			02	18.000
Granos	Caucaia	10		10		25.000
Multigran	Caucaia	02		02		4.000
Capivara	Horizonte		05	05		4.000
Granistone	Horizonte		05	05		4.000
Monte	Horizonte		01	01		4.000
Cigrama	Maracanaú	06	01	06	01	11.000
Marfort	Maracanaú	02		02		4.000
Inbrasma	Sobral	10		10		10.000
Rochetec	Aquiraz	04		04		6.000
St Rochas	Aquiraz	02		02		4.000
Total	-	38	12	47	03	94.000

* estimado

** dados referentes a teares e talha-blocos de médio e grande porte

Fonte: pesquisa de campo 2003.

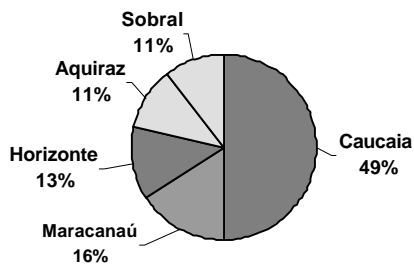


GRÁFICO 1 - PERCENTUAL DE BENEFICIAMENTO (SERRARIAS) DOS PRINCIPAIS MUNICÍPIOS (m²/mês)
FONTE: pesquisa de campo, 2003.

TABELA 3 – DESDOBRAMENTO (SERRARIAS) DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESTADO DO CEARÁ COM TEARES – 2003

EMPRESA	MUNICIPIO	TEARES	MARCA/TIPO	PRODUÇÃO EM 2003 (m ² /mês) *
IMARF	CAUCAIA	02	BRETON	18.000
GRANOS	CAUCAIA	10	MGM G-5 (8) MGM G-8 (1) BM (1)	25.000
MULTIGRAN	CAUCAIA	02	CIMEF – BEKA 3	4.000
MARFORT	MARACANAÚ	02	CIMEF – BEKA 3	4.000
CIGRAMA	MARACANAÚ	06	MGM G-5	11.000
INBRASMA	SOBRAL	10	MGM G-2 (7) MGM G-6 (3)	10.000
ST ROCHA	AQUIRAZ	02	CIMEF – BEKA 3	4.000
ROCHETEC	AQUIRAZ	04	CIMEF – BEKA 3	6.000
TOTAL		38		82.000

* estimado

FONTE: pesquisa de campo, 2003

TABELA 4 – DESDOBRAMENTO (SERRARIAS) DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO ESTADO DO CEARÁ COM TALHA-BLOCOS DE MÉDIO E GRANDE PORTE – 2003

EMPRESA	MUNICIPIO	TALHA-BLOCOS	PRODUÇÃO EM 2003 (m ² /mês) *
CAPIVARA	HORIZONTE	05 a	4.000
GRANISTONE	HORIZONTE	05 a	4.000
CIGRAMA	MARACANAÚ	1 b	0,00
MONTE HORIZONTE	HORIZONTE	1 c	4.000
TOTAL		12	12.000

* estimado - a – talha-blocos HMM (Horizonte Metal Mecânica) - b – talha-blocos SIMEC

c – talha-blocos c/12 discos.

FONTE: pesquisa de campo, 2003

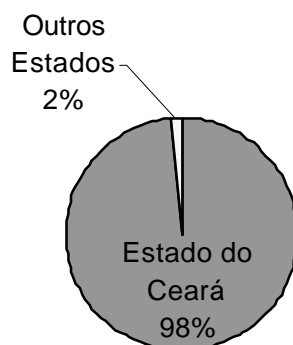


GRÁFICO 2 - ORIGEM DAS ROCHAS UTILIZADAS NO PROCESSO PRODUTIVO CEARENSE

FONTE: pesquisa de campo, 2003.



FIGURA 1 – FLUXOGRAMA GERAL DE PRODUÇÃO DE EMPRESAS CEARENSES – LINHA DE LADRILHOS COM USO DE TEAR.

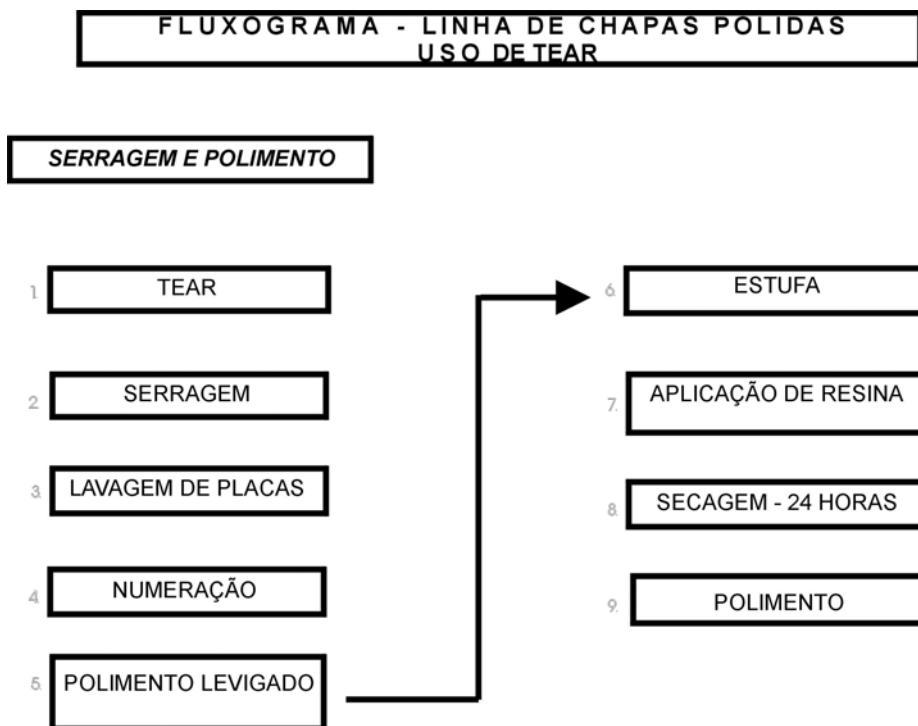


FIGURA 2 – FLUXOGRAMA GERAL DE PRODUÇÃO DE EMPRESAS CEARENSES - LINHA PLACAS COM USO DE TEAR

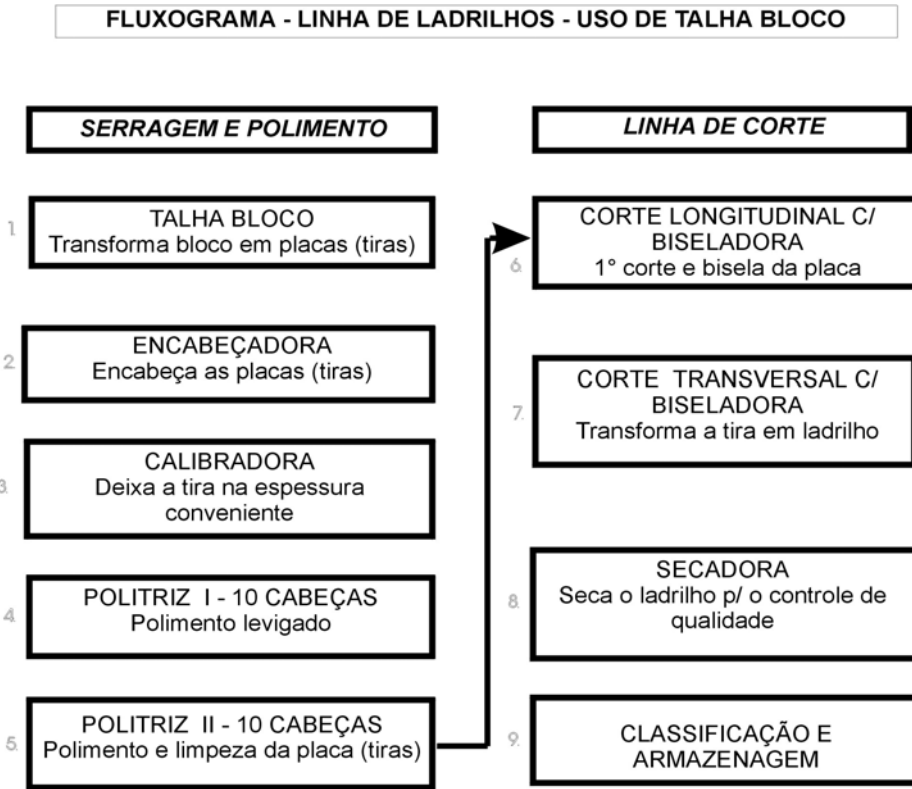


FIGURA 3 – FLUXOGRAMA GERAL DE PRODUÇÃO DE EMPRESAS CEARENSES, LINHA LADRILHOS COM USO DE TALHA BLOCO

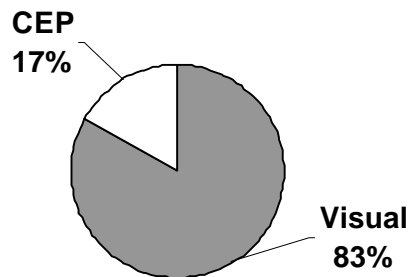


GRÁFICO 3 – SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE QUALIDADE UTILIZADOS
 CEP (Controle Estatístico do Processo)
 FONTE: pesquisa direta, 2003

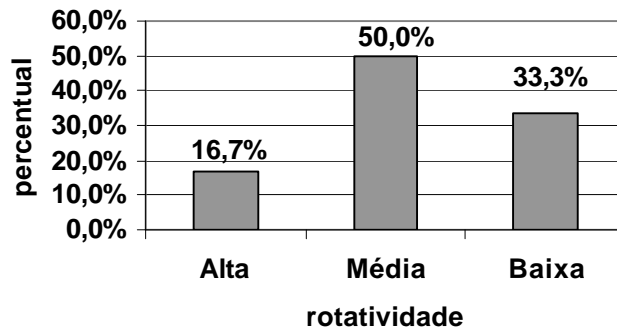


GRÁFICO 4 – PERCENTUAL DE ROTATIVIDADE DE FUNCIONÁRIOS DAS SERRARIAS DO ESTADO DO CEARÁ

Parâmetros: 0-2 anos (alta); acima de 2, a 4 anos (média); acima de 4 anos (baixa)
 FONTE: pesquisa de campo, 2003

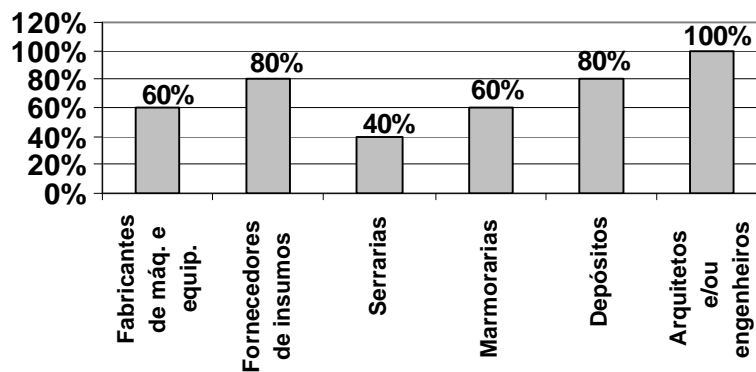


GRÁFICO 5 – PERCENTUAL EM ATIVIDADES DE COOPERAÇÃO DAS SERRARIAS CEARENSES

FONTE: pesquisa de campo, 2003.

TABELA 5 - VARIAÇÕES DE PREÇOS DE GRANITOS E MÁRMORES PARA O MERCADO EXTERNO

Produtos	Placas Polidas 2,0 cm (US\$)/m ²	Placas Polidas 3,0 cm (US\$)/m ²	Ladrilhos Polidos 0,4 x 0,4 (US\$)/m ²	Ladrilhos Polidos 0,6x 0,6 (US\$)/m ²
Granitos	30,00 a 80,00	40,00 a 110,00	30,00 a 100,00	35,00 a 110,00
Mármore	35,00 a 70,00	45,00 a 80,00	30,00 a 70,00	35,00 a 80,00

FONTE: pesquisa de campo, 2003

TABELA 6 - VARIAÇÕES DE PREÇOS DE GRANITOS E MÁRMORES PARA O MERCADO INTERNO

Produtos	Placas Polidas 2,0 cm (R\$)/m ²	Placas Polidas 3,0 cm (R\$)/m ²	Ladrilhos Polidos 0,4 x 0,4 (R\$)/m ²	Ladrilhos Polidos 0,6x 0,6 (R\$)/m ²
Granitos	70,00 a 170,00	95,00 a 240,00	70,00 a 180,00	80,00 a 190,00
Mármore	80,00 a 100,00	100,00 a 140,00	80,00 a 100,00	85,00 a 140,00

FONTE: pesquisa de campo, 2003

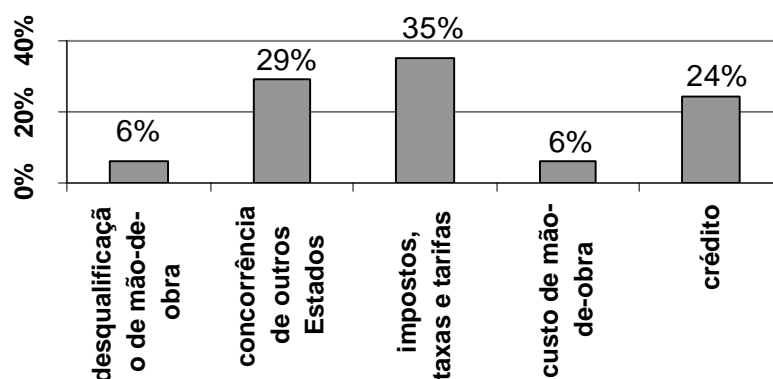


GRÁFICO 6 – PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELAS SERRARIAS CEARENSES

FONTE: pesquisa de campo, 2003

9. Conclusões

- Deve-se considerar a grande geodiversidade do Estado do Ceará, que já produziu diferentes tipos de rochas ornamentais. O Estado hoje detém um forte parque de beneficiamento, com estrutura e nível tecnológico compatíveis com os melhores do país. Atualmente ocupa a primeira posição do nordeste a nível de capacidade de produção, e a segunda colocação em quantidade produzida, colocando-se atrás do Estado da Bahia;
- O setor de beneficiamento de rochas ornamentais do Ceará está enfrentando por um processo de desindustrialização e monopólio, frutos de especulação no início da atividade, insatisfatório conhecimento nas etapas de lavra, beneficiamento e gestão empresarial da atividade por alguns empresários. De acordo com os dados da pesquisa, atualmente o Grupo GRANOS – IMARF (INBRASA, MONT) domina o setor com uma produção mensal estimada em 57.000m², (61%) da produção estadual, distribuídos em linhas de ladrilhos e chapas;
- O atual monopólio das jazidas de rochas pode ser considerado economicamente negativo, pois priva os pequenos empresários na obtenção de matéria-prima de boa qualidade, diminuindo o poder de concorrência das empresas beneficiadoras do Estado;
- Do total de indústria de beneficiamento (serrarias) em atividade, (83%) das empresas são familiares e todas (100%) tem minas próprias. Estas empresas geram aproximadamente 702 empregos diretos, com um percentual médio de (87%) do total dos funcionários lotados na área de produção;
- Considerando a média de faturamento anual das empresas, (63,6%) são classificadas de médio porte e (36,4%) de grande porte;
- Segundo a ABIROCHAS (2001), a produção cearense de rochas ornamentais é de 180.000 t/ano, correspondendo a (2%) da produção brasileira. Com 153.000t/ano, (85%) referente a granito e 27.000t/ano (15%) a pedra cariri, com 57 frentes de lavra existentes, 30 destas localizadas no Cariri, todas extraíndo o calcário laminado;
- Considerando os equipamentos teares e talha-blocos, (94,7%) dos teares são nacionais e (5,3%) importados. (8,3%) dos talha-blocos são importados e (91,7%) são nacionais. O município de Caucaia é responsável por (49%) da produção estadual mensal em (m²) seguido de Maracanaú (16%), Horizonte com (13%), Sobral (11%) e Aquiraz (11%);
- O beneficiamento atual do Estado é realizado (87,2%) com uso de teares e (12,8%) com talha-blocos de médio e grande portes. A origem das rochas utilizadas no processo produtivo do Estado corresponde a (98%) do próprio Estado e (2%) de outras unidades da federação;
- O gerenciamento de qualidade das indústrias de beneficiamento do Ceará é realizado (83%) seguindo o método visual e (17%) com controle estatístico do processo (CEP);
- (50%) da mão-de-obra das indústrias de beneficiamento é especializada e está concentrada principalmente nas indústrias de grande porte pertencente ao grupo (Granos/Imarf). O restante (50%) não especializada está concentrada principalmente nas indústrias de médio porte do Estado. A pesquisa revelou que (50%) das empresas cearenses têm rotatividade de funcionários média, (33,3%) tem rotatividade baixa e (16,7%) apresentaram alta rotatividade de funcionários;
- Considerando o percentual médio do destino da produção das empresas cearenses, estima-se que (15%) do total da produção foi destinada a Fortaleza, (5%) a outros municípios cearenses, (50%) a outros Estados do país e (30%) a exportações. Analisando os canais de comercialização das empresas cearenses a pesquisa revelou o seguinte comportamento: as vendas diretas ficaram responsáveis por (40%) das vendas, os distribuidores (25%), as lojas próprias (26%), as exportações (8%) e os arquitetos e engenheiros (1%);

- (35%) das empresas de beneficiamento cearenses consideram os impostos, taxas e tarifas como a maior dificuldade enfrentada, seguido de (29%) referente a concorrência de outros Estados e (24%) referente ao crédito.

10. Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS -ABIROCHAS. **Rochas ornamentais no século XXI**: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: ABIROCHAS, 2001. 160p.
PEREZ, B. C.; SÁNCHEZ, M. M. **Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 200p. (Série Rochas e Minerais Industriais, 4)

ROBERTO, F. A. C. **Rochas ornamentais do Ceará**: geologia, lavra, beneficiamento e mercado. 1998. 224f. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

ROBERTO, F. A. C.; PONTES, J. S. A.; BARREIRA, J. A. F.; SENA, R. B. de; CAVALCANTI, V. M. M. **Distritos mineiros do Estado do Ceará**. Fortaleza: DNPM. 10º Distrito, 2000, 54p.

VIDAL, F. W. H. Rochas ornamentais do nordeste – Brasil . In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste,3., Recife, 2002. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002, 1CD-ROM..

VIDAL, F. W. H. **A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará**. 1995. 178f. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1995.

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS

Francisco Wilson Holanda Vidal

Eng de Minas, DSc. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT
ABIROCHAS – Rua Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Bairro Aldeota – 60.120-002 – Fortaleza-CE.
Fone: (85) 246-2600 FÁx: (85) 246-0262
E-mail: abirochas@secrel.com.br

RESUMO

O setor de mineração brasileiro constitui-se sob uma visão estratégica de desenvolvimento nacional, tendo por base uma política e uma legislação. As preocupações com a preservação do meio-ambiente somente apareceram nos anos 80, embora algumas empresas, na década de 70, já se preocupassem com esse tema, o que acabou se refletindo no setor de mineração. Pode-se identificar no setor de mineração brasileiro três grandes fases: a primeira fase até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles relacionados mais estreitamente à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 70 a 80, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário.

O CETEM vem desde 1996 realizando programas de apoio à micro, pequena e média empresa, visando aumentar a produtividade com redução das perdas, com alternativas de aproveitamento dos rejeitos da lavra e do beneficiamento, além de introduzir mudanças em rotas tecnológicas, através de novas máquinas / equipamentos, bem como estudos de melhoria nos efluentes de serrarias, na busca do desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar alternativas de aproveitamento dos rejeitos de pedreiras e resíduos de serraria, gerando receita para as empresas e reduzindo o impacto ambiental gerado pela deposição desordenada desses materiais. Por sua vez tem, ainda, um apelo ambiental indiscreto, visto que promoverá a utilização de materiais classificados como rejeitos e que hoje são gerados em quantidades muito significativas, além de cumprir as exigências das leis ambientais, tornando-se um grande desafio para os sistemas produtivos do setor. O principal consumidor dos rejeitos de pedreiras de serrarias será sem dúvida o mercado de construção civil, também denominado *construbusiness*. Partindo-se da premissa de que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil que lhe dá suporte, passe por profundas transformações no campo da engenharia pública.

Pelo trabalho executado concluiu-se que é viável o aproveitamento de rejeitos de pedreiras e de finos de serrarias para diversos fins, principalmente no mercado da construção civil.

INTRODUÇÃO

A relação materiais/ambiente é tão antiga quanto o próprio homem. Ao trabalhar os restos de animais para fabricar ferramentas e as pedras e os gravetos para produzir o fogo, desde os primórdios o homem já começou a manipular os materiais de que dispunha e que eram retirados do próprio ambiente em que vivia.

Os materiais rochosos constituem a matéria prima mais antiga de que o homem pôde dispor. As rochas ornamentais e de revestimentos, onde destacam-se as rochas carbonáticas (mármore) e as silicáticas (granitos) tiveram suas primeiras aplicações no período paleolítico, datado mais ou menos de 500 mil aC. Este período, também é conhecido como o primeiro período da idade da pedra ou a idade da pedra lascada. Desde então, a pedra, produto obtido de uma rocha, em matacão e/ou maciço rochoso, por ação manual ou mecânica, tem sido colaboradora inestimável da história dos povos, documentando as suas culturas e, considerando que cada civilização, em épocas distintas, usou e trabalhou a pedra, que ainda hoje, retratam suas características arquitetônicas e urbanísticas (Vidal,1995).

No início se explorava a rocha em superfície para sua utilização como material de construção e não havia influência no meio ambiente, remonta ao Egito antigo, que alcançou os povos da civilização na idade média. Na medida em que o crescimento populacional tornou-se mais intenso e foram se estabelecendo em vários locais, aqueles que dispunham de materiais mais necessários em maior quantidade passaram a deter o poder em relação aos menos favorecidos e conseqüentemente os conflitos tornaram-se inevitáveis. As dimensões do meio ambiente terrestre ainda favoreceram por muito tempo uma relação positiva a esta quando comparado com a população humana e suas demandas por materiais e bens de consumo. Na impossibilidade de conseguir na superfície o que desejava e não tendo poder para usufruir do território de outras comunidades populacionais, algumas descobriram a possibilidade de minerar no subsolo para buscar o que necessitava. A partir daí surgiram as lavras em forma de cavas à céu aberto e subterrânea nas atividades de mineração; como em

alguns casos, o progresso nas técnicas de extração e na qualidade dos produtos não apresentavam o mesmo desenvolvimento tecnológico, não demorou muito para se verificar as explorações desordenadas dos recursos minerais, provocando elevados acúmulos de rejeitos depositados a céu aberto, em rios, lagos e córregos. Neste contexto, os recursos naturais de origem animal, vegetal e mineral, que eram vistos como ilimitados, ao longo da história da humanidade, passaram a ser preservados quando em vários lugares do planeta Terra a luz vermelha da devastação ambiental acendeu-se, teve início a preocupação do homem com a relação materiais/ambiente e a dele próprio com cada um destes. Desde então o homem descobriu que sua necessidade por materiais, na visão de progresso, se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza, atinge o meio ambiente. Na figura 1 é mostrado um fluxograma esquemático do modelo da relação homem/ materiais/meio ambiente.

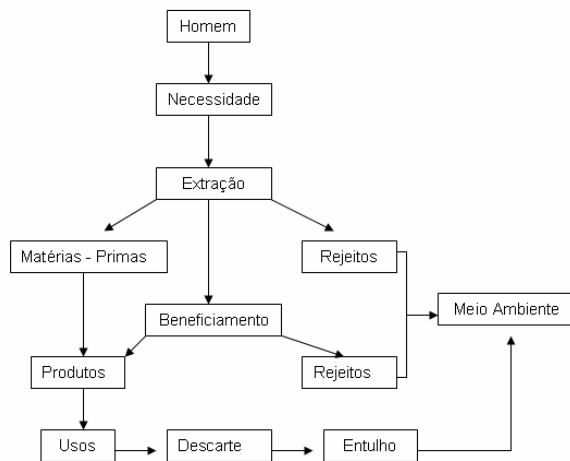


Figura 1: Fluxograma da relação homem/materiais/meio ambiente

O primeiro alerta dos limites desse modelo foi a poluição do ar e da água, que levou à geração do conceito de controle ambiental na fase de produção industrial, com o estabelecimento da rígida legislação limitando a liberação de poluentes e com a criação de agências ambientais. Em grande medida, essa visão ainda está presente no movimento ambiental, algumas vezes denominado de preservacionista, e na ainda limitada consciência ambiental da espécie humana. Preservação ambiental é, antes de tudo, preservação de espécies em extinção de áreas de matas nativas e rios.

A visão de desenvolvimento sustentável surge em decorrência da percepção sobre a incapacidade desse modelo de desenvolvimento e de preservação ambiental se perpetuar e até mesmo garantir a sobrevivência da espécie humana. O avanço do conhecimento sobre os efeitos de poluentes demonstram que a preservação da natureza vai exigir uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo. Isso implica uma reformulação radical de visão de impacto ambiental das atividades humanas, que possa também

incorporar todos os impactos das atividades de produção e de consumo, desde a extração de matéria prima, os processos industriais, o transporte e o destino dos resíduos de produção e também o do produto após sua utilização.

A Conferência sobre Desenvolvimento de Meio Ambiente das Nações Unidas, realizadas em 1992 e 2002, consolida a visão de que desenvolvimento sustentável não apenas demanda a preservação dos recursos naturais, de modo a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento a equidade entre gerações, mas também, uma maior equidade no acesso aos benefícios do desenvolvimento a igualdade intrageração.

Pode-se identificar no setor de mineração brasileiro três grandes fases, a saber: a primeira fase até os anos 60, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles relacionados mais estreitamente à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 70 e 80, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 90, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação do ecossistema planetário. A Primeira Conferência sobre Desenvolvimento de Meio Ambiente das Nações Unidas (ECO-92) foi realizada na cidade do Rio de Janeiro.

Nas pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos, verifica-se nas etapas de lavra quantidade expressivas de perdas. Embora no Brasil a exploração deste bem mineral tenha registrado nos últimos anos uma rápida evolução em método/tecnologia de corte, observa-se, ainda, uma quantidade expressiva de rejeitos depositados nas minas e que em média atingem valores significativos da ordem de 60% do total do material aproveitado nas frentes de lavra.



Lavra de Matacão



Lavra de Maciço Rochoso

Figura 2 – Métodos de Lavra em Pedreiras de Rochas Ornamentais

Em trabalhos desenvolvidos pelo CETEM, nas visitas técnicas realizadas por seus pesquisadores, em diversas pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos, foi observado que os operários deste setor são provenientes de outras atividades, geralmente do setor agrícola/pecuária, constituindo assim, mão de obra não qualificada, como é o caso da Pedra Paduana no Rio de Janeiro, da Ardósia e Pedra São Thomé em Minas Gerais e da Pedra Cariri no Ceará, dentre outras. Além disto, a maioria das empresas das regiões citadas são de pequeno porte, e por dificuldade financeira e de acesso à créditos, não acompanham os avanços tecnológicos que vão surgindo no setor, acarretando baixa produtividade nas pedreiras e conseqüentemente elevado percentual de perdas.

O CETEM vem desde 1996 realizando programas de apoio à micro, pequena e média empresa, visando aumentar a produtividade com redução das perdas, com alternativas de aproveitamento dos rejeitos da lavra e do beneficiamento, além de introduzir mudanças em rotas tecnológicas, através de novas máquinas / equipamentos, bem como estudos de melhoria nos efluentes de serrarias.

Nas indústrias de beneficiamento (serragem, corte, polimento e acabamento) também ocorre, durante a etapa de serragem de blocos de mármore e granitos, acúmulo de grande quantidade de resíduos, que são lançados ao meio ambiente, causando impactos ambientais e assoreamento dos rios e córregos da região onde estão instalados os teares e talha-blocos. O Brasil possui cerca de 1.600 teares instalados, detém um dos maiores parques mundiais de serragem de blocos, onde 40% em volume de cada bloco serrado é transformado em finos de serraria. Os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo se destacam com cerca de 70% dos teares existentes no País. Do ponto de vista do beneficiamento primário, isto é, o desdobramento de blocos, existem também no Brasil os talha-blocos em quantidades insignificantes, em relação aos teares em atividade.

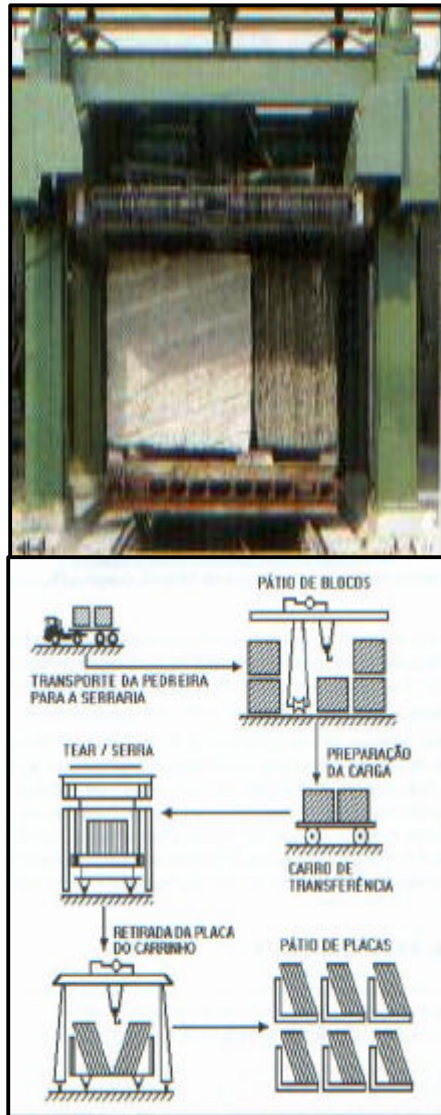


Figura 3 - Tecnologia de Beneficiamento para desdobramento de Chapas, através de Tear.

O presente trabalho objetivou, então, mostrar alternativas de aproveitamento dos rejeitos de pedreiras e resíduos de serraria, gerando receita para as empresas, bem como reduzindo o impacto ambiental gerado pela deposição desordenada desses materiais. Por sua vez este trabalho tem, também, um apelo ambiental indiscutível, visto que promoverá a utilização de materiais classificados como rejeitos e que hoje são gerados em quantidades muito significativas, além de cumprir as exigências das leis ambientais, tornando-se um grande desafio para os sistemas produtivos do setor. O principal consumidor dos rejeitos de pedreiras de serrarias será sem dúvida o mercado de construção civil, também denominado *construbusiness*. Partindo-se da premissa de que nenhuma sociedade poderá atingir o desenvolvimento sustentável sem que a construção civil que lhe dá suporte, passe por profundas transformações, no campo da engenharia pública.

APROVEITAMENTO DOS REJEITOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As possibilidades de redução de rejeitos gerados nas etapas de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais e de revestimentos apresentam limites técnicos objetivos. Estes rejeitos, portanto sempre existirão. A política de proteção ambiental hoje vigente é voltada quase que exclusivamente para a deposição desses rejeitos. Entretanto, essa política de organização ambiental apresenta limites diversos. Um óbvio limite é que os aterros controlados constituem desperdício, por tempo indefinido, de um recurso limitado, o solo, além de estarem sujeitos a acidentes de graves conseqüências. Para controlar o risco de acidentes, a normalização desses aterros tem recebido aperfeiçoamentos constantes, através do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que regulamenta em todos os níveis da administração pública as modalidades do Licenciamento Ambiental, os quais têm elevado o preço desses serviços à valores muitas vezes insuportáveis. Esses custos representam um fator de limitação para qualquer política, por várias razões, dentre as quais se destaca o fato de tornar as empresas geradoras de resíduos inimigas dessas políticas.

O aproveitamento e ou reciclagem desses bens minerais, por outro lado, é uma oportunidade de transformação de uma fonte importante de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos de redução das despesas de deposição.

O incentivo ao aproveitamento do resíduo da mineração deve ser, então, uma parte importante de qualquer política ambiental. (Proposal to European Community Brite Euram Program, ENBR, 1994, John 2000).

O microcomplexo da construção civil é o maior responsável pela reciclagem no Brasil e na maioria dos países. A quase totalidade das armaduras para reforço passivo de concretos comercializados no Brasil, contém elevado teor de resíduos com características próprias conhecida na Engenharia Civil com o nome de Alvenaria Estrutural, com grandes benefícios ambientais para a sociedade. Os blocos estruturais representam 98% do volume total da parede, e são os principais componentes de alvenarias. Na fabricação dos blocos são utilizados essencialmente: cimento de qualquer tipo (desde que atendam as normalizações específicas), agregados graúdos e miúdos, água (que devem ser isenta de impurezas de matéria orgânica) e podem ainda ser adicionados aditivos químicos e pigmentos. Os agregados devem ser ajustados de forma que possibilitem reduzir o consumo do cimento e diminuir os problemas de retração por secagem, produzindo blocos menos porosos, com capacidade satisfatória, menor permeabilidade e pouca absorção d'água. Os agregados também são responsáveis pela textura superficial final dos blocos, uma vez que para blocos de alvenaria aparente deve-se utilizar uma areia mais fina, quando a alvenaria for revestida deve-se usar areia mais grossa para facilitar a aderência do bloco com a argamassa de revestimento. As argamassas comum e colante são as alternativas de utilização do agregado miúdo reciclado proveniente,

principalmente, das serrarias da indústria de rochas ornamentais. Atualmente as indústrias de argamassas, nas suas diversas aplicações, buscam desenvolver alternativas tecnológicas adequadas aos centros urbanos com produtos embalados para usos essencialmente em assentamento de blocos, lajotas, ladrilhos, placas, etc e, em revestimento de painéis paredes e tetos etc. Dessa forma, a título de exemplo para aproveitamento dos rejeitos pode-se destacar as seguintes aplicações:

a) Agregados para construção civil

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de construção civil. Podem ser classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Quanto à origem, são denominados naturais aqueles extraídos diretamente na forma de fragmentos e, artificiais os que passam por processo de fragmentação e moagem.

Na especificação de agregados para aproveitamento dos rejeitos como brita grosseira e fina na construção civil, é interessante conhecer as especificações destes materiais, baseado nas normas ABNT (NBR: 7225 e 7211):

- Agregado - material natural de propriedades adequadas obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm (Tonso, 1994; Mason, 1994);
- Agregado graúdo - pedra britada ou brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais entre 100,0mm e 4,8mm;
- Agregado miúdo - pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais entre 4,8mm e 0,075mm;
- Areia - material natural, com propriedades adequadas, de dimensão nominal máxima inferior a 2,0mm de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm (Hermann, 1992);
- Areia grossa - aquela compreendida entre 2,0 e 1,2mm;
- Areia média - aquela compreendida entre 1,2 e 0,42mm;
- Areia fina - aquela compreendida entre 0,42 e 0,075mm;
- Pedra britada - material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100mm de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8mm (Mccarl, 1994; Ribeiro, 1989; Pinheiro, 1989);
- Pedra britada numerada - pedra de tamanho definido, obtida por peneiramento, tendo por limites as aberturas nominais de duas peneiras consecutivas, entre as quais se consideram calibrados os seus fragmentos.
- Pedregulho - material natural inerte, de forma arredondada, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 2,0 mm;

- Pedregulho muito grosso – aquele compreendido entre 100 e 50 mm;
- Pedregulho grosso – aquele compreendido entre 50 e 25 mm;
- Pedregulho médio – aquele compreendido entre 25 e 4,8 mm;
- Pedregulho fino – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0mm;
- Pedrisco – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 4,8 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm;
- Pedrisco grosso – aquele compreendido entre 4,8 e 2,0mm;
- Pedrisco médio – aquele compreendido entre 2,0 e 0,42 mm;
- Pedrisco fino – aquele compreendido entre 0,42 e 0,075 mm;
- Pó-de-pedra – material proveniente da britagem de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm.

Almeida (2001) estudou os rejeitos de pedreiras e sobras de serrarias na região de Santo Antônio de Pádua, através de britagem/classificação dos mesmos com vistas a produzir agregados para construção civil, minimizando o impacto ambiental destes rejeitos acumulados nas pedreiras, serrarias e nos cursos d' água. O projeto apresenta ainda uma grande vantagem de não ter custos com decapeamento, perfuração e desmonte do material.

Silva e Vidal (2003) estudaram a possibilidade de algumas pedreiras da região do Estado do Ceará, situadas no município de Sobral e outros municípios circunvizinhos, realizarem o aproveitamento dos rejeitos da lavra. Nesta região existe um grande número de pedreiras que é responsável pela disposição de enorme quantidade de rejeitos, que constituem sérios problemas de lavra. Normalmente as pilhas de rejeitos são depositadas no Bota Fora da pedreira, mas às vezes dificulta as futuras atividades das frentes de lavra, além de implicar em agressão ambiental. Na região não existe a atividade de produção de pedra, através de instalação de pequenas unidades de processamento para a confecção dos diversos produtos de rochas de emprego imediato pela construção civil, na forma de alicerce, muro de arrimo, paralelepípedo, pedra tosca para calçamento, cascalho para aterro, britas e pós de modo a criar de uma forma organizada (associação comunitária, cooperativas, etc.) fonte de emprego e renda para a população local. O processamento dos rejeitos deve ser realizado em áreas fora das atuais concessões de lavra, e transportados por caminhões para um lugar determinado e distante onde não haja interferência com os trabalhos de lavra das rochas ornamentais. De preferência, a localização seria nas periferias das cidades que abrigam as áreas produtoras de rochas ornamentais (Sobral, Meruoca, Alcântaras, Massapê, Forquilha, etc.), onde se acumula um contingente

bastante significativo de mão-de-obra ociosa e desqualificada.

b) Ladrilhos de rochas

Normalmente as grandes indústrias brasileiras de rochas ornamentais produzem ladrilhos de tamanhos padrões de 47,5 x 47,5cm e 40 x 40cm, para atender o mercado externo e interno, respectivamente. Estas indústrias de beneficiamento são constituídas na grande maioria de teares que requerem padrões de tamanho de blocos, para uma melhor produtividade e rendimento na etapa de serragem. Em virtude disto, há um acúmulo excessivo de blocos fora do padrão, em tamanhos variados, empilhados nos pátios das pedreiras sem alternativas de aproveitamento na forma de ladrilhos de rochas ornamentais e de revestimentos.

Cajaty *et al* (2001) estudaram os rejeitos de pedreiras do Ceará, através da unidade de talha-blocos de pequeno porte para produzir ladrilhos (800 m²/ mês) com dimensões 30 x 30 cm e 40 x 40 cm de espessuras variando de 5 a 10 mm. A matéria-prima em tamanho de bloquetes teria que ser desbastada na forma cúbica de pequenos blocos com arestas de 0,45 metros e que apresentam boa simetria entre as duas faces adjacentes. Os blocos retirados das pilhas de rejeitos seriam transformados em bloquetes para serem beneficiados também e produzir ladrilhos de rochas ornamentais, evitando-se assim a utilização dos rejeitos como subproduto produto de material de menor valor.

Nos estados do Ceará e Bahia já existem empresas que produzem ladrilhos para pisos e revestimentos nas dimensões absorvidas pelo mercado local e nacional, a partir de blocos fora de padrão e de tamanho variado. Como exemplo deste tipo de indústria destaca-se a empresa CAPIVARA, localizada no município de Horizonte, Ceará, distante 40 Km de Fortaleza. Esta indústria de porte médio é constituída de 5 talha-blocos de fabricação HENZEL, tendo uma capacidade instalada total de 10.000m²/mês de ladrilhos. Os talha-blocos estão preparados para receber blocos de tamanhos variados, podendo serrar blocos de comprimento até 2,90m, com largura mínima de 0,45m e altura máxima de 1,20m. Assim são produzidos nos talha-blocos, chapas de 2,90 de comprimento com espessura de 10mm, que posteriormente deverão sofrer polimento e desdobramento em máquina de corte, para obtenção dos ladrilhos.

Dessa forma é possível aumentar a taxa de recuperação e otimizar a produção nas pedreiras, utilizando seus rejeitos em talha-blocos.



Figura 4 – Aproveitamento de rejeitos de Rochas Ornamentais e de Revestimentos.

c) Artesanatos / Artefatos minerais

O artesanato/artefato mineral, vem nas quatro últimas décadas, tendo uma expansão e desenvolvimento sem igual no Brasil. De simples exportador de matéria-prima, principalmente ágata, e do tradicional artesanato de ágata, este no Rio Grande do Sul, evoluiu-se para outros tipos de produtos como estatuetas, mosaicos, peças adornativas, bijuterias, notadamente em Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia importantes centros produtores e comercializadores no País.

Na região Nordeste do Brasil e especialmente na Bahia, essa atividade está sendo implantada e desenvolvida com apoio governamental, com muito sucesso, podendo ser intensificada e priorizada como política pública de inclusão social, (geração de emprego e renda) para o desenvolvimento de micro e pequena empresa através dos Arranjos Produtivos Locais - APL. A partir dos rejeitos das pedreiras de rochas ornamentais e de revestimentos dos mais diversos tipos de rochas, com variedades cromáticas entre granitos, mármore, quartzitos, ardósias, conglomerados, basaltos, serpentinitos, pedra sabão, entre outras, constitui-se uma atividade criativa do artesão a transformação de um pedaço de pedra de uma substância mineral, em estado bruto, em peças de formas polidas, que juntas ou não, a outros materiais (metais, madeiras, plásticos, etc) vão compor objetos de adorno pessoal (colares, camafeus, anéis, pulseiras, etc), objetos utilitários (castiçais, cinzeiros, porta-lápis, copos, pratos, porta-relógio, cabos de utensílios, etc), objetos decorativos (estatuetas) e mosaicos minerais (mesas, quadros, painéis, etc)

Os mosaicos, jogos de xadrez, pássaros, estatuetas, cinzeiros, pirâmides, porta-jóias, jarros, colares, brincos, pulseiras, em suma uma gama de peças é, hoje em dia, preparada com substâncias minerais diferentes, muitas delas provenientes de pequenos depósitos sem expressão quantitativa e sem possibilidade de exploração mineral, similarmente aos rejeitos de pedreiras, mas que, para esta e por esta atividade, ganham valorização, possibilitando que as populações carentes e sem qualificação das áreas interioranas do país, tirem dele sua subsistência. Nada impede que este tipo de atividade de artesanato seja intensificado, fugindo um pouco daquela idéia do artesanato rudimentar, como é o caso do artesanato cerâmico e/ou de madeira. Na verdade o artesanato mineral apresenta uma gama extraordinária de opções para desenvolvimento nos campos de joalheria, ornamentação e de objetos

utilitários, podendo ser fabricado através de máquinas e equipamentos mais sofisticados, constituindo-se em linhas de produção ou seja indústria de artefatos minerais. Seus produtos, nos estágios mais simples, incorporam e ressaltam a beleza material das matérias minerais com suas nuances de cor, brilho e formas geométricas e, em estágios mais avançados, a nobreza e valorização de minerais e metais preciosos ou composições artísticas. Nesta linha destacam-se 4 grandes nichos de artesanato e artefato mineral:

1º) Adornativo – aquele que se dedica à preparação de peças de adorno, tais como: colares, brincos, anéis, pulseiras, etc.

2º) Utilitário – aquele que se dedica à preparação de objetos tais como: cinzeiros, jarros, porta-isqueiros, porta-retratos, taças, porta cartão, etc.

3º) Decorativo/Mosaicos – aquele que fabrica tampas de mesa, mosaicos, ladrilhos, em suma as peças decorativas.

4º) Decorativo/estatuetas – aquele que prepara estatuetas de animais, esculturas, figuras, etc, em peças inteiriças ou em montagens de diversos materiais.

O primeiro tipo (adornativo) é de rápido aprendizado e tem grande alcance social atingindo um grande contingente de mão de obra, principalmente feminina, na fase de montagem das peças de adorno, uma vez disponível os insumos minerais e os outros componentes materiais.

O segundo mais especializado, embora absorva um bom contingente de mão de obra é mais apropriado à variedades industriais, pois objetiva a produção em série, mais econômica e rentável, de objetos de uso prático, feitos de substâncias minerais.

O terceiro, embora seja mais apropriado a uma unidade de produção em série pode ser implantado com mais abrangência de ocupação de mão de obra, caso se adote o esquema de pequenas unidades de produção de chapas e montagem de mosaicos apoiados por centrais de acabamento.

O quarto e último tipo é bem significativo em termos de absorção de mão de obra, uma vez que, a cada artesão formado ou a grupos de artesãos seja possibilitado a montagem de pequenas unidades de produção de unidades comunitárias que absorverão mão de obra auxiliar.

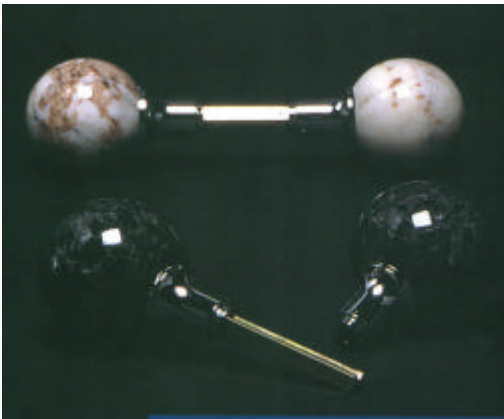
Todos esses tipos de aplicação têm portanto grande abrangência social sendo por excelência grandes absorvedores de mão de obra. Um exemplo de sucesso obtido com esse mercado está na Bahia com a Indústria de Artefatos Minerais Bella Rocha que fabrica peças como esferas, castiçais, luminárias, abajures, puxadores, maçanetas, acessórios para banheiro, etc, produzindo cerca de 10 mil peças e exportando para o USA e Europa.



5.a



5.b



5.c

Figura 5 – Aproveitamento de Rejeitos de Rochas Ornamentais como Artesanato / Artefatos Minerais.

RESÍDUOS DE SERRARIAS

Pontes (2001) estudou os rejeitos finos gerados nas serrarias de mármore e granito, especialmente nos teares localizados na região de Cachoeiro de Itapemirim, Estado do Espírito Santo, através de processos tecnológicos para aproveitamento destes rejeitos na indústria de cerâmica vermelha e de pré-moldados, minimizando o impacto ambiental gerados por esses resíduos

acumulados nos tanques e nas barragens em grande maioria improvisados, nas proximidades das indústrias de beneficiamento.

Gonçalves e Moura (2002), estudaram a utilização dos resíduos de serragem de blocos de mármore e granito das indústrias de beneficiamento da Bahia como materiais de construção.

Carvalho *et al* (2002) estudaram o aproveitamento dos resíduos finos das serrarias da região de Santo Antonio de Pádua. Os melhores resultados foram obtidos na formulação de argamassas com a colantes, além de mitigar o impacto ambiental. Foram feitos também estudos de melhoria nos efluentes de serraria, tendo sido construídos diversos tanques de decantação na região de Santo Antônio de Pádua - RJ, obtendo-se efluente limpo e com reaproveitamento da água no processo.



Figura 6 - Santo Antônio de Pádua



Figura 7 - Cachoeiro do Itapemirim

RESULTADOS OBTIDOS

Almeida (2001) Rejeito de Santo Antônio de Pádua – RJ.

- As amostras rejeitos de pedra e sobras de serraria têm a mesma composição química/mineralógica, sendo portanto iguais, constituídas principalmente de feldspato (62%), quartzo (25%), biotita (7%) e hornblenda (5%). Como minerais menos importantes foram caracterizados zircão, apatita e ilmenita;

- A resistência à compressão do concreto feito com a brita de Santo Antônio de Pádua (23MPa) a enquadra como uma brita de média resistência, sendo recomendável na utilização em obras civis de pequeno e médio porte;
- Numa britagem do material abaixo de 1" em britador de mandíbulas (circuito fechado), obtêm-se as seguintes proporções de brita:
48% brita 1 – material 25 x 12,7mm – para uso em concreto.
29% brita 0 – material 12,7 x 4,8mm – para uso em concretos pré-moldados.
23% pó-de-pedra – material > 4,8 – para uso em pré-moldados;
- Um estudo de pré-viabilidade econômica para operação de uma usina de brita de 30.000m³/ano de capacidade projetou um investimento total de R\$ 675.000,00 com uma receita de R\$ 384.000,00 e gerando uma taxa de retorno de 12% ao ano, valor presente líquido de R\$ 338.303,00 e período de recuperação do investimento no prazo de 4 anos;
- Um projeto de aproveitamento de brita/areia em Santo Antônio de Pádua é auto-sustentável, pois além de gerar receita e emprego para o município, traz ainda, dentre outros, os seguintes benefícios: não utilização de explosivos, custo zero de lavra, aproveitamento de material já extraído e estocado, saneamento ambiental, minimização dos índices de acidentes e do impacto ambiental da região.

Cajaty *et al* (2001); Cajaty e Neto (2003); Silva e Vidal (2003) – Rejeito de pedreiras do Ceará.

- Existe a possibilidade de aumentar a taxa de recuperação e otimizar a produção das jazidas, principalmente da região norte do Ceará, utilizando seu rejeito para uso na indústria da construção civil nas mesmas diversas aplicações, especialmente, pedra tosca para calçamento, paralelepípedos, meio fio, ladrilhos, lajotas, lajinhas, além de britas e pós, de modo a criar fontes de emprego e renda com a agregação de valor do material.
- No caso do aproveitamento dos rejeitos como rochas ornamentais (pisos e revestimentos) são propostos dois tipos de blocos, nas formas cúbica e paralelepípeda para a produção de ladrilhos de 40 x 40cm.

Pontes (2001) Rejeito de finos de serraria do Espírito Santo.

- Existe viabilidade técnica de se purificar o resíduo através da separação magnética de alta intensidade. Tal processo foi capaz de remover o Fe em até 75%, reduzindo o teor de 3,2% para 0,7%, viabilizando a sua utilização em usos mais nobres;
- O resíduo beneficiado pode ser usado até 30% nas formulações de massa para cerâmica fina.

Rejeito de finos de serraria de Santo Antônio de Pádua.

- Com base nos resultados obtidos tanto nos estudos realizados pelo Instituto Nacional de

Tecnologia quanto por um fabricante de argamassa industrial pode-se verificar que os resíduos do corte das rochas de Santo Antônio de Pádua podem ser aproveitados como matéria-prima para a fabricação de argamassa industrial;

- Outra aplicação dos resíduos com bom resultado foi na fabricação da cerâmica vermelha, substituindo a argila "magra". A adição dos resíduos ocasionou uma redução de cerca de 25% da perda ao fogo, além da diminuição da retração linear da cerâmica vermelha.

CONCLUSÕES

Pelo trabalho executado concluiu-se que é viável o aproveitamento de rejeitos de pedreiras e de finos de serrarias.

O presente trabalho também visualizou alternativas para consumo de finos gerados durante o processo de serragem, reduzindo dessa forma o impacto ambiental provocado por esses e permitindo a criação de novas frentes de emprego para a região, além da utilização na fabricação de tijolos e blocos estruturais.

Considerando o potencial existente no Brasil, especialmente na região Nordeste para o setor de rochas ornamentais, especificamente para o Setor de rochas de origem graníticas, muitos benefícios poderiam advir da consolidação de um grande pólo de beneficiamento desses materiais, sobretudo com o aproveitamento de rejeitos. No entanto, para que isto seja possível, é necessária uma maior compreensão dos fatores que dificultam o desenvolvimento dessa atividade mineiro-industrial no Brasil, de forma a se poder traçar estratégias para a superação dos empecilhos que retardam o seu crescimento no mesmo nível de outros países (Itália, Espanha e Portugal).

Para tanto, defende-se a aglutinação dos diversos atores da sociedade interessados no desenvolvimento da atividade mineiro-industrial de rochas ornamentais do Brasil em prol da realização de um plano de ações integradas, na busca de soluções viáveis (concomitantemente) técnicas e políticas para o aproveitamento dos rejeitos das pedreiras e finos de serrarias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. L. M. ; PONTES, I. F. Aproveitamento de Rejeitos de Pedreiras e Finos de Serrarias de Rochas Ornamentais Brasileiras, p. 89 – 100 dos Anais III Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais / Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro/dezembro 2001, Salvador – Editado pelo CETEM/CBPM, Rio de Janeiro, 2002.

CAJATY *et all*. Rochas Ornamentais do Ceará – Aproveitamento de Rejeitos da Pedreira Asa Branca em Santa Quitéria – Ce, p. 101 – 106 dos Anais I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais/ II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro/dezembro 2001, Salvador – Editado pelo CETEM/CBPM, Rio de Janeiro, 2002.

CAJATY, A. A. ; NETO, J. A. N. Aproveitamento de Rejeitos em forma de Bloquetes da Pedreira Asa Branca Santa Quitéria – Ce, p. 329 – 340 do Livro Rochas Industriais: Pesquisas geológicas, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, edição Livro Técnico, Fortaleza, 2003.

CASSA *et al.* Reciclagem de Entulhos para Produção de Materiais de Construção. Editado pela UFBA, Salvador, 2001, 312p.

CARVALHO *et al.* Aproveitamento dos Resíduos Finos das Serrarias de Santo Antônio de Pádua, p. 190 – 197 dos Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro 2002, Recife, Editorado pelo CETEM/UFPE, Rio de Janeiro, 2002.

GONÇALVES, J. P. ; MOURA, W. A. Reciclagem do Resíduo do Beneficiamento de Rochas Ornamentais na Construção Civil, p. 179 – 189 dos Anais III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, novembro 2002, Recife. Editorado pelo CETEM/UFPE, Rio de Janeiro, 2002.

NAVARRO, R. F. Materiais e Ambiente. Editora Universitária/UFPB, João Pessoa, 2001.

ROCHA, J. C. Apoio ao Setor produtivo de Pedras Ornamentais de Santo Antônio de Pádua. Relatório Parcial 02 para a REDE RECOPE/RETECMIN, julho, 1999.

SILVA, D. C. ; VIDAL, F. W. H. Aproveitamento Econômico de Rejeitos de Lavra de Granitos nas Pedreiras: Rosa Iracema e Vermelho Filomena, p. 341 – 360 do Livro Rochas Industriais: pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, Edição Livro Técnico, Fortaleza, 2003.

FILHO, A. V.; PINTO, M. M. Arranjos Produtivos e Inovação Localizada: o caso do segmento de rochas ornamentais do noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Relatório Final para o Contrato BNDES/FINEP/FUJB – Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Novas Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico, Instituto de Economia da UFRJ, dezembro, 2000.

FONSECA, M. V. A. Reciclagem de Rejeitos Sólidos: Desenvolvimento em Escala de Laboratório, de Materiais Vítreos a Partir de Xisto Retornado. São Paulo, 1990. 224p Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FREIRE, A. S. ; MOTTA, J. F. Potencialidades para o Aproveitamento Econômico do Rejeito da Serragem do Granito. Rochas de Qualidade, n.123, p 98-106, jul/ago. 1995.

STELLIN JÚNIOR, A. Serragens de Granitos para Fins Ornamentais. São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade de São Paulo, 1998. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PMI/085).

SILVA, S. A. C. Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Espírito Santo, 1998. 159p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Desenvolvimento em Construção Civil – NDCC, Universidade Federal do Espírito Santo.

OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PELOS PROCESSOS DE Prensagem e Laminação UTILIZANDO RESÍDUO DE GRANITO

Nunes, R. L. S^{1*}, Neves, G. A^{2*} e Santana, L. N. L^{2*}

¹ Aluno de IC do Curso de Eng. de Materiais/CCT/UFCC

² Professor do Curso de Eng. de Materiais/CCT/UFCC

* UFCC. Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – CEP 58.109-970 – Campina Grande-PB

RESUMO

As principais técnicas utilizadas na conformação de revestimentos cerâmicos são extrusão e prensagem. Nos últimos anos algumas pesquisas vem sendo realizadas objetivando produzir placas cerâmicas para revestimento através do processo de conformação por rolos (processo de laminação). Este trabalho, tem como objetivo fazer um estudo comparativo entre os processos de prensagem e laminação utilizando uma massa a qual foi incorporado resíduos de granito para uso em revestimentos cerâmicos. Para a realização dos ensaios, foram formuladas duas massas através do programa computacional REFORMIX 2.0. Sendo posteriormente realizados ensaios de caracterização física e mineralógica, como também caracterização tecnológica. Para os ensaios tecnológicos os corpos de prova foram conformados pelos métodos de prensagem e laminação e em seguida, foram determinadas as propriedades físico-mecânicas nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C, segundo a norma da ABNT NBR 13818. Os resultados obtidos mostraram a potencialidade do processo de laminação para confecção de placas cerâmicas.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para o século XXI é a eliminação dos resíduos industriais provenientes das empresas mineradoras. Quando observa-se o lado econômico, a geração desordenada e a deposição final sem critérios ambientais, podem ser identificadas como fontes de desperdício de insumos e de matérias-primas. Sob condições adequadas, estes materiais podem ser reaproveitados, diminuindo assim o consumo dos recursos naturais e a necessidade de tratamento, armazenamento ou eliminação dos rejeitos, tendo-se como consequência, a redução dos riscos gerados. O aproveitamento de rejeitos deve ser encarado como atividade complementar, que poderá, inclusive, contribuir para a redução de custos finais, a partir da adição de algum valor ao resíduo.

Pesquisas sobre reciclagem de resíduos vêm sendo desenvolvidas em todo mundo. No Brasil, diversos pesquisadores intensificaram estudos sobre reciclagem de resíduos como matérias-primas cerâmicas. É o caso, da quantidade de resíduos gerados a partir da serragem dos blocos de granito, que quando analisados, possuem volume significativo. Pesquisas realizadas pela Universidade Federal de Campina Grande têm mostrado a potencialidade do uso de resíduos de granitos em

matrizes cerâmicas para uso em revestimentos cerâmicos. Dentre eles tem-se destacado os trabalhos de: NEVES et al.⁽¹⁾ que tem estudado a reciclagem de resíduos da serragem de granitos para uso em cerâmica vermelha; NUNES et al.⁽²⁾ que tem evidenciado o aproveitamento dos resíduos de granitos para uso em revestimentos cerâmicos; NUNES et al.⁽³⁾ que tem estudado o uso de resíduos de granito para confecção de placas cerâmicas através do processo de laminação, em escala laboratorial.

Todos os materiais cerâmicos passam por um processo de conformação. As principais técnicas utilizadas na confecção de revestimentos cerâmicos são prensagem e extrusão. No entanto, apesar de serem processos competitivos na fabricação de peças cerâmicas planas, entretanto, estes apresentam limitações quanto a espessura das mesmas. Por esta razão, está sendo desenvolvida atualmente, uma nova técnica que é o processo de conformação por rolos (laminação), que visa a possibilidade de fabricação de placas com espessura reduzida, tendo como objetivo principal a economia de energia e matérias-primas, sem comprometer o desempenho dos produtos⁽⁴⁾.

A laminação é um processo de conformação que essencialmente consiste na passagem de um corpo sólido (peça) entre dois cilindros (ferramentas) que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. Através do ajuste de umidade a uma faixa, que evite tanto os teores de umidade do processo de extrusão de um lado como também da prensagem a seco do outro, resulta uma possibilidade de fabricação especialmente econômica em termos energéticos, porque os processos de secagem e queima podem ser realizados de maneira menos dispendiosa.

O processo de conformação por rolos vem como um processo econômico e de alta qualidade para a manufatura de componentes cerâmicos. Este permite a conformação de peças com várias geometrias, como colunas contínuas, materiais multicamadas e estruturas ocas.

As vantagens potenciais apresentadas formam a base para a realização de novas pesquisas utilizando o processo de laminação para a produção de placas cerâmicas para revestimentos.

Este trabalho tem como objetivo principal estudar o aproveitamento dos resíduos oriundos do beneficiamento de granito em composição de massas para produção de placas cerâmicas, através dos processos de prensagem e laminação.

MATERIAIS

O resíduo da serragem de granitos na forma de lama foi coletado na seguinte beneficiadora.

Resíduo – Proveniente da Empresa FUGI S.A – Mármore e Granitos, Alça Sudoeste, S/N, Distrito Industrial do Ligeiro, Campina Grande-PB.

As matérias primas convencionais foram obtidas de uma indústria local citada abaixo.

Argila, quartzo, caulim e calcita - Provenientes da Indústria ARMIL MINÉRIOS LTDA, localizada no município de Parelha-RN.

MÉTODOS

Ensaio de caracterização da massa

A caracterização das massas foi efetuada através da análise química e de análises térmicas.

Análise Química. As amostras das massas foram submetidas à análise química seguindo as normas do Laboratório de Análise Mineral do CCT/PRAI/UFMG⁽⁵⁾.

Análises Térmicas. As análises termogravimétricas e termogravimétricas foram obtidas através de um sistema de Análise Térmica Modelo RB-3000 da BP Engenharia do Laboratório de Cerâmica do DEMA/CCT/UFMG.

Preparação das amostras

As amostras foram submetidas ao processo de beneficiamento, compreendendo moagem em moinho de galga e peneiramento em malha ABNT nº 100 (0,15mm) e depois colocadas em sacos plásticos.

Composição das massas

As massas cerâmicas foram formuladas com auxílio do “software” de formulação REFORMIX 2.0⁽⁶⁾ do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) com auxílio dos resultados da composição química.

Consistência da massa

As massas foram umedecidas de acordo com a consistência de cada processo: 7% para os corpos de prova prensados, 19% e 20% para os corpos de prova laminados, para que se pudesse fazer uma comparação entre os dois processos.

Processo de mistura

As massas foram homogeneizadas a frio, por agitação mecânica, durante 30 minutos. A mistura foi realizada em um sistema de mistura Solotest.

Ensaio tecnológico

Corpos de prova prensados

Os ensaios tecnológicos foram realizados em corpos de prova com dimensões de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm³, moldados pelo processo de prensagem, secos em estufa a 110°C e queimados nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C em fornos com atmosfera oxidante, permanecendo na temperatura máxima por 10 minutos. O resfriamento foi natural até a temperatura ambiente.

Corpos de prova laminados

Os ensaios tecnológicos foram realizados em corpos de prova com dimensões de 9,0 x 5,0 x 0,4 cm³, moldados pelo processo de laminação, secos em estufa a 110°C e queimados nas temperaturas de 1125°C, 1150°C e 1175°C em fornos com atmosfera oxidante, permanecendo na temperatura máxima por 10 minutos. O resfriamento foi natural até a temperatura ambiente.

Propriedades físico-mecânicas

Após a queima, os corpos de prova foram submetidos aos seguintes ensaios: absorção de água, massa específica aparente, porosidade aparente, retração linear e tensão de ruptura à flexão. Os valores apresentados foram referentes à média aritmética de quatro determinações, e foram comparados com valores especificados pela norma da ABNT NBR 13818⁽⁷⁾.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I apresenta o resultado da formulação das massas cerâmicas incorporadas com resíduo de granito.

Tabela I – Composição das massas cerâmicas incorporadas com resíduo de granito.

Massas	Resíduo (%)	Argila (%)	Quartzo (%)	Caulim (%)	Calcita (%)
M1P – (7%)	35	45	05	10	05
M1L – (19%)					
M1L – (20%)					
M2P – (7%)	35	50	-	10	05
M2L – (19%)					
M2L – (20%)					

Onde,

M1P- 7% e M2P-7%: Corpos de prova prensados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 7%.

M1L-19% e M2L-19%: Corpos de prova laminados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 19%.

M1L-20% e M2L-20%: Corpos de prova laminados com as massas 1 e 2 respectivamente, com umidade de 20%.

Ensaio de Caracterização

Composição Química

A Tabela II apresenta os valores das massas utilizadas no estudo.

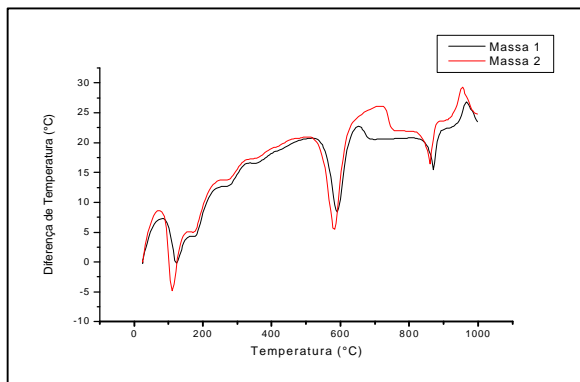
Tabela II – Composição química das massas utilizadas no estudo.

Amostra	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
Massa 1	61,51	3,07	24,66	7,00	0,65	1,47	1,59
Massa 2	57,50	3,10	24,85	7,90	1,53	2,30	2,01

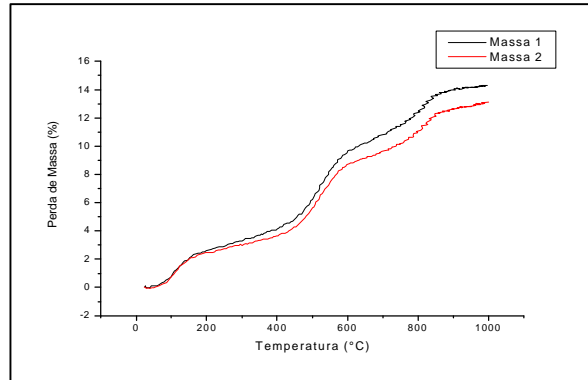
Observando os valores da composição química (Tabela II), verificou-se que as duas massas apresentaram um elevado teor de SiO₂ (61,51% para a Massa 1 e 57,50% para a Massa 2), provenientes dos minerais argilosos e da sílica livre. Os teores de Al₂O₃ estão em torno de 24,00%, normalmente a presença de Al₂O₃ está relacionada com a proporção do mineral argiloso e do feldspato. Os óxidos de ferro (Fe₂O₃), cálcio(CaO), sódio e potássio (Na₂O e K₂O) indicam a presença de agentes fundentes. Estes óxidos reagem com fases amorfas e formam fases cristalinas que são mais estáveis frente à ação da umidade. Com relação ao uso cerâmico, verificou-se que o teor de ferro (Fe₂O₃) inferior a 6% presente nas massas, conduziram a colorações claras, após sinterização.

Análises térmicas

As Figuras 1 e 2 mostram as curvas de análises térmicas diferenciais e gravimétricas das massas estudadas.

**Figura 1 – Curvas de análises termodiferenciais das massas 1 e 2.**

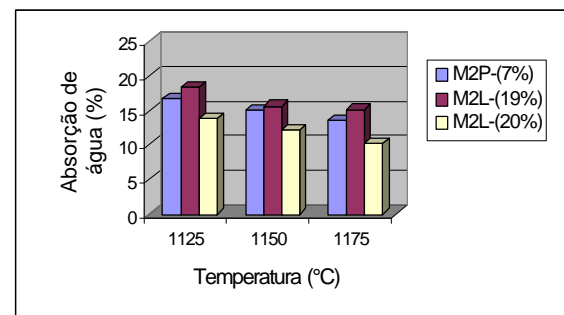
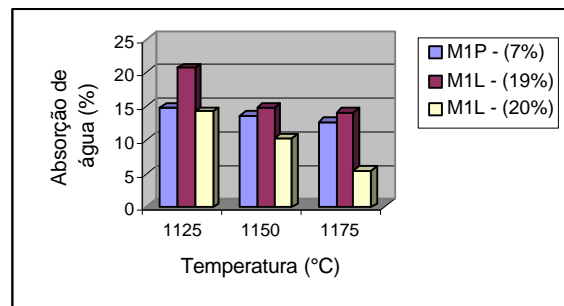
Analisando as curvas de ATD da Figura 1, verificou-se que as massas 1 e 2 apresentaram: pico endotérmico de pequena intensidade à 110°C, o que indica perda de água livre; pico endotérmico de pequena intensidade à 580°C, que provavelmente se refere a perda de hidroxilas; pico endotérmico de pequena intensidade correspondente a decomposição do carbonato de cálcio à 900°C e pico exotérmico de pequena intensidade à 920°C, correspondente a nucleação da mullita.

**Figura 2 - Curvas de análises termogravimétricas das massas 1 e 2.**

Analisando as curvas de ATG da Figura 2, verificou-se que as duas massas apresentaram: perda de massa de 3,14% correspondente a perda de água livre entre a temperatura ambiente e 326°C; perda de massa de 6,26% entre 326 e 680°C, correspondente a matéria orgânica e perda de hidroxilas; perda de massa de 3,47% entre 680 e 963°C, oriunda da decomposição do carbonato de cálcio.

Propriedades Físico-mecânicas

As Figuras 3a, 3b, 4a e 4b apresentam os resultados das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova das composições alternativas incorporadas com resíduo de granito e conformados pelos processos de prensagem e laminação.

**Figuras 3a e 3b – Absorção de água dos corpos de prova conformados com as massas 1 e 2, prensados com 7% de umidade e laminados com 19% e 20% de umidade.**

Observando-se as Figuras 3a e 3b, verificou-se que com o aumento da temperatura houve uma diminuição na absorção de água, que provavelmente foi acentuada com a presença do resíduo na massa cerâmica, o qual possui altos teores de fundentes, o que ocasionou à formação de fase vítrea e que gerou a diminuição dos poros.

Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com teor de umidade inferior, verificou-se que os valores de absorção de água obtidos para as placas cerâmicas laminadas foram maiores, o que mostra que o teor de umidade das placas laminadas não foi adequado para o processo, não alcançando a consistência adequada.

Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que a absorção de água para as massas apresentando menor porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas confeccionados com massas que tem maior porcentagem de umidade. Este resultado provavelmente está relacionado com a deformação plástica dos grânulos dos corpos de prova conformados com a massa de maior porcentagem de umidade, que tendem a apresentar uma maior compactação e conseqüentemente uma maior coesão das partículas.

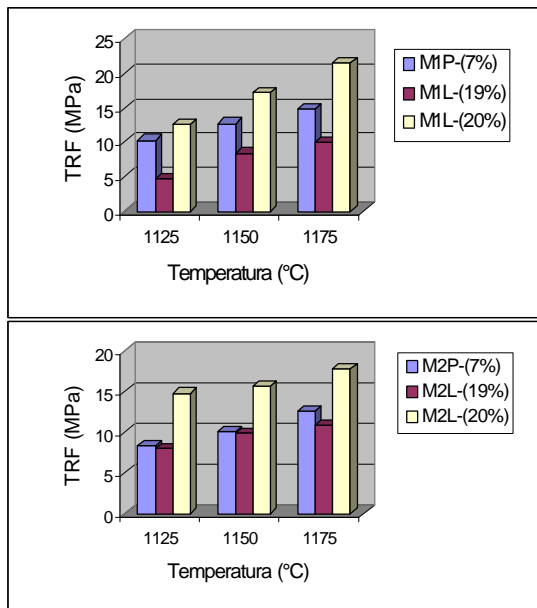


Figura 4a e 4b – Tensão de ruptura à flexão (TRF) dos corpos de prova conformados com as massas 1 e 2, prensados com 7% de umidade e laminados com 19% e 20% de umidade.

Analisando-se as Figuras 4a e 4b, observou-se que houve um aumento da tensão de ruptura à flexão (TRF) com o aumento da temperatura, devido a formação de fase vítrea.

Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com menor teor umidade, verificou-se que os valores

obtidos de TRF para as placas cerâmicas laminadas foram menores, o que mostra que o teor de umidade das placas laminadas não foi o adequado para o processo.

Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que os valores de tensão de ruptura à flexão (TRF) para as placas obtidas com as massas com maior porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas obtidas com as massas com menor porcentagem de umidade. Este resultado pode ser explicado considerando que a umidade atua como um lubrificante da argila e que o aumento da mesma diminui o esforço necessário para que as partículas de argila escorrem uma sobre as outras, gerando uma maior compactação das partículas para massa com maior teor de umidade, já que a densificação depende da facilidade com que os grânulos se deformam plasticamente.

CONCLUSÕES

1. Através do estudo da reciclagem de resíduos da serragem de granito para uso na confecção de placas cerâmicas utilizando os processos de prensagem e laminação, podemos concluir que as massas utilizadas apresentaram composições mineralógicas adequadas para uso em composições cerâmicas;
2. Observou-se que com o aumento de temperatura houve uma diminuição da absorção de água e um aumento da tensão de ruptura à flexão (TRF);
3. As placas laminadas com as massas com maior porcentagem de umidade apresentaram os melhores resultados;
4. Quando se comparou as placas prensadas com as placas laminadas obtidas com as massas com menor teor de umidade, verificou-se que os valores de absorção de água obtidos para as placas cerâmicas laminadas foram maiores, apresentando TRF menores;
5. Comparando-se as placas laminadas, verificou-se que a absorção de água para as massas apresentando menor porcentagem de umidade foram maiores do que os valores obtidos para as placas cerâmicas obtidas com as massas com maior porcentagem de umidade e que as mesmas apresentaram TRF menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13 818, 1999.

BALZEREIT, J.; RYMON-LIPINSKI, T.; RASS, I. Roll-Pressing: A New Variation for Shaping Tiles, Journal Info Ceramic Forum International, v.75, n.3, p.111-114, 1998.

E. D. Zanotto, E. L. Marques e A. C. Vergani Jr, REFORMIX 2.0, Concurso Nacional de Software Tecnológico, Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia de Materiais, 1994.

Laboratório de Análise Mineralis, Métodos de Análise Química, CCT/PRAI/UFPB, Campina Grande-PB, 1997.

NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; SILVA, M.C.; PATRICIO, S. M. R. Utilização de Resíduos da Serragem de Granito para Confecção de Tijolos Cerâmicos. Interação, Campina Grande, PB, v.1, p.3-8,2000.

NUNES, R. L. S.; SILVA, S. F. M.; FERREIRA, H. S.; e NEVES, G. A. Utilização de Resíduos de Granitos na Indústria de Revestimento Cerâmico. Anais III CECEMM, Campina Grande, 2001.

NUNES, R. L. S.; NEVES, G. A.; SANTANA, L. N. L.; e FERREIRA, H. C. Placas Cerâmicas Obtidas pelo Processo de Laminação Utilizando Resíduo de Granito. Anais 47° CBC, João Pessoa, 2003.

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DE SOBRAS DE CHAPA NA MARMORARIA

Ubirajara Lira Gomes Júnior

Engenheiro de Minas do SENAI - Depto. Regional da Bahia
Av. Bonfim, 99 – Bairro Dendezeiro 40-415-000 Salvador/Ba.
e-mail - ubirajarag@fieb.org.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta a proposta de se desenvolver uma metodologia para o obter um melhor aproveitamento de chapas nas marmorarias, reduzindo as perdas e o aumento da produtividade deste segmento de produtos acabados de mármore e granito, tornando-o mais competitivo. A metodologia de trabalho a ser utilizada baseia-se na execução do plano de ação e uso de software, para controle e otimização dos processos de confecção de produtos de mármore e granitos, permitindo agilidade e credibilidade na interação das atividades que interage a área administrativa com a de produção, reduzindo portanto o tempo improdutivo. Outro aspecto positivo na implementação dessa metodologia é o monitoramento gerencial do uso da matéria-prima e a criação de alternativas de venda aumentando consequentemente o aumento da margem de negociação da empresa.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da indústria de rochas ornamentais é representada na sua ponta pelas marmorarias - empresas responsáveis pelo acabamento e elaboração dos produtos finais. Estas empresas, além do beneficiamento final, assumem, na maioria das vezes, a prestação de serviços de aplicação dos produtos na construção civil, ou seja: execução de atividades de revestimentos, pavimentações e a colocação de peças especiais de mármore e granito em geral.

A redução do desperdício de chapas de mármore e granito nas marmorarias, que encontra-se, em média, no patamar de 30%, promoverá, além do aumento da produtividade em termos de consumo de matéria-prima, uma melhor organização do layout nas empresas, evitando os entulhos de sobras de chapas nas dependências das empresas e uma melhor conscientização dos funcionários de produção, a redução de custos e de tempos e movimentos na produção, estabelecendo as bases necessárias para implantação de programas de qualidade nas empresas.

Hoje a falta de gerenciamento e controle da matéria-prima é um dos principais causadores do desconhecimento da importância e inconveniências que as sobras são para as empresas desse seguimento.

METODOLOGIA

A metodologia de trabalho a ser utilizada baseia-se na execução do plano de ação e uso de software, para controle e otimização dos processos de confecção de produtos de mármore e granito, permitindo agilidade e credibilidade na interação das atividades que envolve a área administrativa com a de produção, reduzindo portanto o tempo improdutivo.

Para desenvolver a metodologia é inicialmente necessário fazer o levantamento e análise preliminar do "lay Out" no chão de fábrica, buscando obter uma visão geral do espaço físico no que se refere a distribuição e organização da matéria prima em todo espaço da marmoraria. Nesse momento o mais importante é perceber a necessidade de descartar pedaços que não possa se transformar em produto com valor agregado, ou seja, peças com dimensões muito pequenas devem ser dado um destino de forma mais proveitosa possível, porém sem a intenção inicial de obter lucro. Dessa forma teremos mais espaços livres no chão de fábrica, facilitando a movimentação e arrumação dos materiais e principalmente as sobras que podem ser transformado em produto com alto valor agregado.

Uma vez feito a organização do lay-out, é importante criar um procedimento de arrumação e registro das sobras de dimensões aproveitáveis toda vez que a chapa ou pedaços maiores forem cortados para entrar no processo de transformação, ver foto 1 e 2 abaixo. Esse procedimento tem que estar sendo rigorosamente executado pelo operador que faz a seleção do material assim como o responsável pela organização dessas informações na área administrativa.



Foto 1: Pátio desorganizado (antes)



Foto 2: pátio organizado (depois)

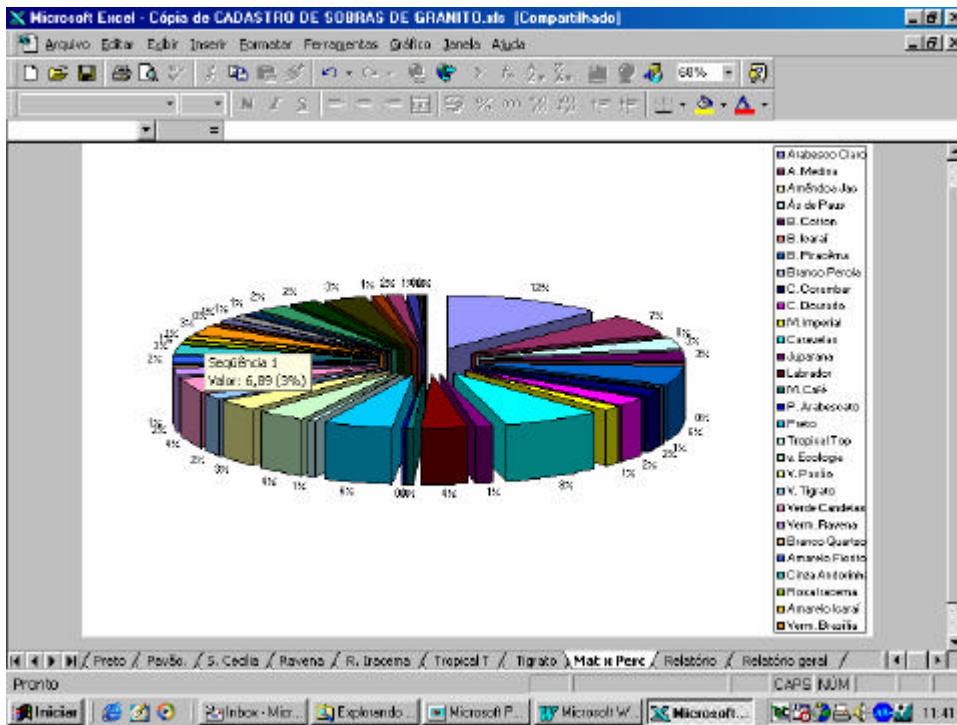
O registro das informações obtido durante a operação de corte, deve ser disponibilizado à administração para que seja gerenciado o fluxo da informação e possibilite aos, encarregados e vendedores o acesso rápido ao tipo de rocha, suas dimensões e onde estar localizado, além das observações dos defeitos que por ventura venha ter. Esses dados devem estar de maneira organizada em planilha excel, como pode ver na planilha a seguir (Tabela 1).

TABELA 1: Exemplo de planilha de controle de sobra

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	GRANITO PRETO										
2											
3	Comprimento	Largura	Área em m²	Espessura	Cavalete	Situação	Observações	Total Estoque	Total Vendido		
4											
5	1,85	0,4	0,69		G-1	Estoque		0,69	FALSO		
6	1,12	0,05	0,62		G-1	Estoque		0,62	FALSO		
7	1	0,65	0,65		G-1	Estoque		0,65	FALSO		
8	1,05	0,65	0,68		G-1	Vendido				0,68	
9	1,65	0,65	0,72		G-1	Estoque		FALSO			
10	0,8	0,65	0,44		G-3	Estoque		0,44	FALSO		
11	1,60	0,7	0,66		G-3	Estoque		0,66	FALSO		
12	1,20	0,65	0,66		G-2	Estoque		0,66	FALSO		
13	1,80	0,65	0,72		G-2	Estoque		0,72	FALSO	Estoque atual	12
14	1,20	0,65	0,72		G-2	Estoque	C/ trinta	0,72	FALSO	Total vendido	6
15	1,20	0,45	0,52		G-2	Estoque		0,52	FALSO	Acumulado de sobra	12
16	1,65	0,65	0,43		G-2	Estoque	Flameado	0,43	FALSO	% Vendido	6
17	1,25	0,65	0,68		G-4	Estoque		0,68	FALSO		
18	1,60	0,65	0,58		G-3	Estoque		0,58	FALSO		
19	1,20	0,65	0,72		G-2	Estoque		0,72	FALSO		
20	1,75	0,65	0,64		G-2	Estoque		0,64	FALSO		
21	1,60	0,65	0,68		G-2	Estoque		0,68	FALSO		
22	1,20	0,65	0,78		G-2	Estoque		0,78	FALSO		
23	1,60	0,65	0,58		G-2	Estoque		0,58	FALSO		
24	1,95	0,65	0,81		G-2	Estoque		0,81	FALSO		
25	1,80	0,65	0,45		G-2	Estoque		0,45	FALSO		
26	1,70	0,65	0,56		G-2	Estoque		0,56	FALSO		
27			0,68			Estoque		0,68	FALSO		
28			0,68			Estoque		0,68	FALSO		
29			0,68			Estoque		0,68	FALSO		
30			0,68			Estoque		0,68	FALSO		
31			0,68			Estoque		0,68	FALSO		

Para que o fluxo de informação se torne eficiente no gerenciamento e controle das sobras é imprescindível a implantação do programa em sistema de rede de computadores, respeitando as particularidades tecnológicas e operacionais através de busca de adequações.

O acompanhamento através do software em rede facilitará a gestão de processo visando a melhoria contínua do controle e aproveitamento, como por exemplo criar novas estratégias de negócio com material considerado sobra, ver a seguir o exemplo do gráfico com controle estatístico das sobras de mármore e granito que estão sendo gerados durante o processo.



Além do controle das sobras do ponto de vista de gerenciamento dos processos, pode-se, com essa metodologia, vislumbrar uma visão financeira dos ganhos efetivos na agregação de valor da

matéria-prima, considerada inicialmente como sobra, sendo essas informações geradas automaticamente durante a entrada e saída de sobras de mármore e granito no software (ver planilha 2 e 3):

Microsoft Excel - Cópia de CADASTRO DE SOBRAS DE GRANITO.xls [Compartilhado]

Próximo Anterior Zoom Imprimir... Configurar... Margens Visualizar quebra de página Fechar Ajuda

Relatório de Aproveitamento de Granito.

T. DE GRANITO	Posição atual (m³)	REI	Quantidade (m³)	REI	Valor (R\$)	REI
Arabesco Claro	29,32	1455,54	29,32	1455,54	0,00	0,00
A. Medina	15,73	559,72	15,73	559,72	0,00	0,00
Amândeo Jão	0,50	17,00	0,50	17,00	0,00	0,00
As de Paço	7,06	577,10	7,06	577,10	0,00	0,00
B. Cotton	4,09	429,35	4,09	429,35	0,00	0,00
B. Isarã	1,14	43,12	1,14	43,12	0,00	0,00
B. Pincelna	19,44	564,21	19,44	564,21	0,00	0,00
Branco Perolô	1,01	40,75	1,01	40,75	0,00	0,00
C. Corubar	5,24	146,24	5,24	146,24	0,00	0,00
C. Dourado	5,98	210,14	5,98	210,14	0,00	0,00
M. Imperial	2,89	156,29	2,89	156,29	0,00	0,00
Caravelas	19,47	1014,02	19,47	1014,02	0,00	0,00
Juparano	3,27	114,59	3,27	114,59	0,00	0,00
Labrador	8,51	272,27	8,51	272,27	0,00	0,00
M. Café	0,99	25,74	0,99	25,74	0,00	0,00
P. Arabesco	0,66	27,72	0,66	27,72	0,00	0,00
Prato	12,92	775,26	12,92	775,26	0,00	40,95
Tropical Top	1,26	50,40	1,26	50,40	0,00	0,00
v. Ecologia	3,27	304,21	3,27	304,21	0,00	0,00
V. Pavão	7,90	232,00	7,90	232,00	0,00	0,00
V. Tigrito	4,40	184,59	4,40	184,59	0,00	0,00
Verde Candelas	10,40	472,16	10,40	472,16	0,00	0,00
Verm. Ravens	5,51	231,44	5,51	231,44	0,00	0,00
Branco Quartzô	2,29	85,09	2,29	85,09	0,00	0,00
Amarillo Florito	4,12	149,32	4,12	149,32	0,00	0,00
Cinza Andorinha	5,29	157,59	4,82	172,11	1,29	54,99

Visualização: Página 1 de 3

ICAPS NUM

Planilha 2: Acompanhamento financeiro

Microsoft Excel - Cópia de CADASTRO DE SOBRAS DE GRANITO.xls [Compartilhado]

Próxima Anterior Zoom Imprimir... Configurar... Margens Visualizar quebra de página Fechar Ajuda

RELATÓRIO GERAL

	M ²	
ESTOQUE TOTAL DE CHAPAS	1.100,00	
	M ²	%
SOBRA TOTAL	241,99	18,90
ESTOQUE ATUAL DE SOBRAS	240,00	18,61
SOBRAS VENDIDAS / ACUMULADO DE SOBRA	2,01	0,35
	VALOR (R\$)	%
VALOR TOTAL EM ESTOQUE (R\$)	RS 11.070,04	99,32
VALOR TOTAL VENDIDO (R\$)	RS 75,53	0,68
TOTAL (R\$)	RS 11.144,00	

Visualização: Página 1 de 1

Windows Taskbar: Iniciar, Explorer, Microsoft Word, Microsoft Excel, Caps Num, 11:44

Planilha 3

CONCLUSÃO

A importância do conhecimento e controle dos recursos que empresas dispõe em estoque, principalmente de produto de difícil manuseio, são indispensáveis para reduzir o desperdício do mármore e granito nas marmorarias.

Quando associadas a existência de mão de obra qualificada ao longo de todas essas fases, teremos percorrido boa parte do percurso na direção de empresa com perfil competitivo. Caso contrário as marmorarias terão sempre dificuldades de se posicionar como concorrente em relação a outros mercados, prejudicando severamente o setor produtivo.

PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DA REGIÃO DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA

Carlos César Peiter¹, Maria Martha de M. Gameiro¹ e Nuria Fernandez Castro¹

¹ Técnicos do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM
CETEM. Av. Ipê, 900 – Cidade Universitária, 21495-590, Rio de Janeiro, RJ.
cpeiter@cetem.gov.br, ncastro@cetem.gov.br, mgameiro@cetem.gov.br.

RESUMO

O presente trabalho descreve a metodologia utilizada pelas políticas públicas para impulsionar o desenvolvimento tecnológico regional, conhecido como *Plataforma Tecnológica*. Em particular, descreve-se aqui a implementação das primeiras plataformas tecnológicas para o setor mineral no Estado de Rio de Janeiro e os resultados obtidos com a aplicação dessa metodologia.

Como um exemplo de convergência das políticas de desenvolvimento da União (ditadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia) e do Estado do Rio de Janeiro (mediante apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia), foram selecionados dois pólos produtivos do setor mineral na região norte/noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Assim, com recursos da FAPERJ, foram implementadas, no período de 2001-2002, a *Plataforma Tecnológica de Rochas Ornamentais da região de Santo Antônio de Pádua* e a *Plataforma Tecnológica de Cerâmica na região de Campos*. Descreve-se aqui, o processo de implementação e os resultados obtidos na primeira delas.

1 - INTRODUÇÃO

O conceito de plataformas consiste na criação de um ambiente cooperativo entre os integrantes e demais interessados na busca de soluções aos principais gargalos tecnológicos e outros interferentes das referidas cadeias produtivas. Segundo Pinheiro et al (1998), *Plataforma é entendida como a criação e implementação de mecanismos entre todos os interessados no sentido de viabilizar a identificação de necessidades tecnológicas dos produtores das empresas, a formação de parcerias para atendê-las, induzir a demanda de projetos articulados ou cooperativos e definir uma agenda para atividades de C&T*.

Outra definição importante é a de: *“Gargalo Tecnológico: são pontos de estrangulamento de natureza técnica nas cadeias produtivas de determinado segmento econômico, que impedem o seu desenvolvimento”*.

O objetivo das plataformas tecnológicas é a identificação dos entraves tecnológicos de um determinado setor e o trabalho cooperativo, de todos os envolvidos nesse setor na região (governo, universidade e centros de pesquisa, empresários e comunidade) para superar os obstáculos e impulsionar o desenvolvimento.

A metodologia desenvolve-se em três fases; sensibilização e identificação dos gargalos tecnológicos, montagem de parcerias e preparação de ações estratégicas e, por último, apresentação de planos e projetos cooperativos.

Fase I – Sensibilização e Identificação dos gargalos tecnológicos: Esta fase consiste na realização de reuniões com os atores envolvidos na cadeia produtiva. Nestas reuniões são apresentadas a metodologia e estratégia de divulgação a ser utilizada e, identificados os problemas tecnológicos do setor.

Fase II - Ações Estratégicas e Montagem de parcerias: Nesta fase são realizadas reuniões de caráter geral, com todos os atores para apresentação dos problemas identificados e discussão de possíveis soluções.

Fase III – Apresentação de Planos e Projetos Cooperativos: Esta fase corresponde à preparação de propostas de projetos tecnológicos ou de outra essência julgados prioritários para solucionar os gargalos tecnológicos.

Também pode ser proposta a criação da Câmara Técnica formada por representantes de entidades, empresas, comunidade, órgãos públicos, universidades e instituições de pesquisa, com objetivo de validar as propostas de projetos selecionadas nas reuniões da Fase II, encaminhando aos agentes de fomento, apresentando contrapartida dos produtores envolvidos.

2 - PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS DO SETOR MINERAL DO ESTADO DE RIO DE JANEIRO

A metodologia seguida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento tecnológico do país consiste na regionalização de ações, fortalecendo pólos produtivos regionais e promovendo a formação dos chamados *“Arranjos Produtivos Locais”*.

Entende-se por “Arranjos Produtivos Locais”: aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais - com foco em um conjunto específico de atividades econômicas – que apresentam vínculos mesmo que incipientes. Geralmente envolvem a participação e a interação de empresas – que podem ser desde produtoras de bens e serviços finais até fornecedoras de insumos e equipamentos, prestadoras de consultoria e serviços, comercializadoras, clientes, entre e outros – e suas variadas formas de

representação e associação. Incluem também diversas outras instituições públicas e privadas voltadas para: formação e capacitação de recursos humanos; como escolas técnicas e universidades; pesquisas; desenvolvimento e engenharia; política; promoção e financiamento. (Lastres, M.M. Helena e Cassiolato E. José, 2003).

A Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro, sintonizada com a metodologia do MCT e de acordo com seu Programa de Desenvolvimento Tecnológico, promoveu a formação de “Redes Regionais de Inovação” que atuaram como comitês de gestão e fomento do desenvolvimento tecnológico.

No setor mineral, os municípios de Santo Antônio de Pádua (figura 1) e Campos dos Goitacazes foram escolhidos para aplicar a metodologia de Plataformas Tecnológicas nas cadeias produtivas de Rochas Ornamentais e de Cerâmica, respectivamente, por serem os principais pólos de produção desses minerais no Estado.



Figura 1: mapa da região noroeste do estado do Rio de Janeiro

Um fator importante na definição das Plataformas Tecnológicas nestas regiões era a existência de experiências bem sucedidas de projetos de apoio tecnológico, desenvolvidos com uma metodologia similar, mediante a Rede Cooperativa de Pesquisa e Uso de Bens Minerais de Construção Civil - RETECMIN-RJ que conta com pesquisadores de universidades e centros de pesquisa (CETEM, UENF; INT; UFRJ), produtores (SINDGNAISSE) e agentes de organismos públicos e entidades representativas (DRM-RJ, SEBRAE-RJ, SENAI-RJ; FIRJAN).



Figura 2: Estação de tratamento de efluentes em Santo Antônio de Pádua: uma experiência de sucesso.

O Projeto da implementação das Plataformas Tecnológicas das Cadeias Produtivas de Rochas Ornamentais e Cerâmica nas Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, foi apresentado em novembro de 2000 à FAPERJ-Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, aprovado, e em março de 2002 foi liberado recursos da ordem de R\$50.000,00 correspondente a 25% do valor total orçamentado inicialmente.

Todas as etapas do Projeto previstas para serem realizadas no ano de 2002 foram concluídas nas duas Plataformas, o que pode ser considerado sucesso face às dificuldades inicialmente previstas.

3 - PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE PÁDUA

O trabalho de Plataforma Tecnológica do Arranjo Produtivo Local de Rochas Ornamentais da região Santo Antonio de Pádua, na região Noroeste do Estado do RJ, foi conduzido no sentido de identificar os principais gargalos tecnológicos da cadeia produtiva buscando apresentar alternativas e soluções e tornando mais dinâmica e competitiva a atividade mineral local.

Dentre os objetivos específicos da Plataforma de Rochas Ornamentais de Santo Antônio de Pádua, devem ser citados:

- Propor ações que promovam o fortalecimento e modernização de toda a cadeia produtiva, identificando parcerias para a solução das dificuldades/necessidades a partir das ações propostas;
- Aumentar a produtividade em toda a cadeia do segmento, bem como a segurança e higiene do trabalho e redução dos impactos ambientais;
- Estimular o desenvolvimento e otimização de tecnologias e equipamentos simples,

adequados e acessíveis em preço, disponibilizando-os aos produtores.

- Firmar convênios com instituições de pesquisas do Estado do Rio de Janeiro visando estudos geológicos e tecnológicos de rochas;
- Estimular o desenvolvimento de pesquisas aplicadas e projetos pilotos nos campos de aproveitamento de resíduos de pedreiras e serrarias, bem como reciclagem dos resíduos provenientes de atividades de beneficemente em marmorarias;
- Disseminar informações inerentes aos Setores de Rochas Ornamentais e divulgar atividades e a capacitação das organizações vinculadas à Rede;
- Promover, através da criação de mecanismos legais e interação entre Estados e os municípios, adequação nas legislações municipais, como fomento à atividade produtiva local e ao desenvolvimento tecnológico e sócio econômico regional;
- Elaborar estudos detalhados sobre as potencialidades e prioridades para o desenvolvimento tecnológico
- Identificar problemas tecnológicos dos diversos segmentos da cadeia produtiva em questão;
- Gerar demandas por projetos cooperativos para solucionar problemas identificados;

4. PARCEIROS

A sensibilização dos diversos atores na aplicação deste tipo de metodologia foi o grande desafio para o sucesso da implementação desta Plataforma.

No caso de Pádua, como se pode ver abaixo, foram muitas as entidades que compuseram a Plataforma Tecnológica e consideramos um grande sucesso o entendimento alcançado entre todas elas e a boa articulação que permitiu desenvolver o trabalho proposto tão satisfatoriamente.

Um evento paralelo organizado pelo SEBRAE permitiu que a equipe da Plataforma pudesse participar do projeto de associativismo realizado para grupo de empresas da região, onde foi possível a aproximação mais estreita com os produtores, facilitando pela equipe da Plataforma na identificação da demanda de problemas tecnológicos destacados pelas empresas durante as reuniões.

Compuseram esta Plataforma as seguintes entidades:

Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro – DRM-RJ.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-RJ

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-RJ – Unidade de Itaperuna,

Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro – SEBRAE- RJ

Federação das Industrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN,

Sindicato de Extração e Aparelhamento de Gnaiss do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro - SINDGNAISSE,

Prefeitura Municipal de Santo Antônio de Pádua,

Prefeitura Municipal de Campos de Goytacazes

Câmara dos Vereadores do município de Santo Antonio de Pádua

Câmara dos Vereadores do município de Campos do Goytacazes

Agencia Regional da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente/FEEMA

Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos – CEFET/Campos

5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A plataforma em questão foi desenvolvida em três fases, tal como descrito a seguir:

5.1 - Primeira Fase: Sensibilização

Esta fase, no caso da Plataforma Tecnológica de Rochas Ornamentais aproveitou a experiência da RETECMIN e o Projeto de Redes Associativas do SEBRAE –RJ, tornando o ambiente ainda mais favorável junto às empresas de mineração e facilitando a identificação da demanda dos problemas tecnológicos pelos empresários através das reuniões do Projeto Associativismo do SEBRAE-RJ. Ainda nesta fase foi elaborado um *Programa de Trabalho* que foi apresentado ao empresariado local.

Foram realizadas 10 reuniões(figura 3), no período de março a dezembro de 2002, com todos os atores envolvidos no projeto. As reuniões tiveram como finalidade:

- Apresentação da metodologia de desenvolvimento da plataforma;
- Discussão e Identificação dos problemas e/ou gargalos tecnológicos do setor na região.



Figura 3: Reunião com os produtores

Com base nos resultados destas reuniões foram relacionados os problemas e/ou gargalos tecnológicos identificados, a seguir:

Problema 1 - Falta de conhecimento sobre técnicas adequadas de prospecção mineral nas Pedreiras

Problema 2 – Lavra nas pedreiras conduzida sem técnicas e segurança adequadas com elevado nível de perda de matéria-prima.

Problema 3 – Necessidade de modernização e adequação tecnológica nas máquinas e equipamentos

Problema 4 – Problema gerado pela lama das unidades de tratamento de efluentes de serraria.

Problema 5 – Produtos com pouca penetração de mercado

Problema 6 – Produtos com pouca diversificação

Problema 7– Insuficiência de informações sócio-econômicas sobre a atividade na região

Problema 8 – Necessidade de maior organização e apoio institucional

5.2 - Segunda Fase: Diagnósticos e Discussões:

A relação dos problemas e possíveis soluções foram também discutidas por representantes do DRM; SENAI; CETEM; FIRJAN e SEBRAE e Produtores, representados pelo SINDGNAISSE em consequência foi elaborada a “Matriz: Gargalos Tecnológicos x Solução”, e com as respectivas responsabilidades técnicas.

Matriz:Gargalos Tecnológicos x Solução		
PROBLEMA	SOLUÇÃO	Responsável
Problema 1 – Falta de conhecimento sobre técnicas adequadas de prospecção mineral nas Pedreiras.	• Mapeamento geológico e ensaios laboratoriais para caracterização geológica dos produtos	DRM
	• Apresentação de técnicas adequadas de prospecção mineral	DRM / UFRJ
	• Projeto de demonstração de cubagem de jazida	DRM / UFRJ
Problema 2 – Lavra nas pedreiras conduzida sem técnicas e segurança adequadas com elevado nível de perda de matéria-prima.	• Projeto de lavra de demonstração (desenvolvimento de técnicas de abertura e de recuperação ambiental de área-piloto e adequação de lavra existente).	CETEM
	• Segurança na lavra (PCMSO e PPRA)	SENAI
	• Projeto Pedreira-Escola	FAETEC
	• Projeto de extração de blocos para beneficiamento conforme destinado aos mármore e granitos	SENAI
Problema 3 – Necessidade de modernização e adequação tecnológica das máquinas e equipamentos de beneficiamento - serrarias.	• Projeto máquina de deslocamento das lajinhas	SENAI
	• Projeto de máquina serra-ponte	SENAI
	• Melhoria no disco de serra	UENF/CEFET
	• Programa de Eficiência Energética para as serrarias	SEBRAE
Problema 4 – Problema gerado pela lama das unidades de tratamento de efluentes de serraria.	• Projeto de tanque de decantação de resíduos finos de serraria	CETEM
	• Aproveitamento de resíduos para fabricação de argamassas	CETEM/INT + SINDGNAISSE
	• Estudo de alternativas de utilização dos resíduos das serrarias	INT / SENAI
Problema 5 – Produtos com pouca penetração de mercado	• Programa Redes Associativas	SEBRAE
	• Catálogo comercial de produtos	SEBRAE
	• Concurso do portais da cidade de Sto. Antônio de Pádua	SEBRAE
Problema 6 – Produtos com pouca diversificação	• Estudo de viabilidade para novos produtos	CETEM/ SENAI/ SEBRAE
	• Projeto de estudo de viabilidade técnica de implantação de serraria âncora com tear e serra ponte	CETEM/ SENAI
Problema 7– Insuficiência de informações sócio-econômicas sobre a atividade na região.	• Identificação e levantamento de dados disponíveis sobre o setor	CETEM
	• Estudo de Rochas Ornamentais	FIRJAN
Problema 8 – Necessidade de maior organização e apoio institucional	• Apoio à formação do sindicato	FIRJAN
	• Regulamentação Ambiental - Negociação do Acordo Operacional e do Termo de Ajuste de Conduta com a FEEMA	FIRJAN/DRM

Ainda nesta fase foi criada a Câmara Técnica que é composta de representantes de diversos órgãos e /ou entidades atuantes na região, tendo como objetivo principal aprovação das propostas de projetos elaboradas a partir da “Matriz: Gargalos Tecnológicos x Solução”.

Somente mediante esta aprovação e ratificação é que a proposta poderia ser encaminhada a FINEP, para concorrer a recursos destinados aos Arranjos Produtivos Locais.

A composição da Câmara Técnica do Arranjo Produtivo Local de Rochas Ornamentais da região de Santo Antônio de Pádua foi a seguinte:

1 - Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

Representantes:

Dr. Carlos Peiter – Coordenador da Câmara Técnica.
Enga Maria Martha de M. Gameiro

2 - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro – DRM-RJ

Representantes:

Dr. Flávio Erthal
Geólogo Ricardo Rocha

3 - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-RJ

Representantes:

Geólogo Marcelo Barone
Sr. Jáder Lugon Júnior

4 - Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas no Estado do Rio de Janeiro -SEBRAE- RJ

Representantes:

Sr. Rodrigo Brantes
Sr. Renato Regazzi

5 - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN,

Representantes:

Dra. Marilene Carvalho.
Sr. Marcelo Gonçalves Amaral

6 - Sindicato de Extração e Aparelhamento de Gnaíse do Noroeste do Estado do Rio de Janeiro - SINDGNAISSE,

Representantes:

João Batista Fernandes Lopes. Presidente do Sindicato
Aldinélio Nascimento e Silva
Rafael Gramacho cabreira
Carlos Augusto Reis Alvim
Valter Rodrigues

7 - Prefeitura Municipal de Santo Antônio de Pádua,

Representante:

Secretário de Obras Sr. João Luis Belotti Nacif

8 - Câmara dos Vereadores

Representante:

Sr. Derli Maia Macedo – Presidente da Câmara

5.3 - Terceira Fase: Apresentação de Planos e Projetos;

A partir da discussão desta Matriz foi elaborada uma proposta de projeto denominada : **“Arranjo Produtivo das Rochas Ornamentais da região de Santo Antônio de Pádua**, com o objetivo geral de :

“ Realizar uma ampla análise da cadeia produtiva diagnosticando fatores que afetam o desenvolvimento tecnológico e a competitividade das empresas, com o objetivo de utilizar conhecimentos científico e tecnológico para viabilizar um programa setorial integrado, contribuindo significativamente para o objetivo comum de desenvolvimento regional voltados à extração e beneficiamento de pedras decorativas, tendo como foco principal o município Santo Antônio de Pádua e suas redondezas, que compõem do Arranjo Produtivo Local de Rochas Ornamentais.”

As Metas Físicas definidas foram:

- Melhoria do conhecimento sobre técnicas de prospecção mineral nas pedreiras;
- Disseminar técnicas de extração, recuperação ambiental, adequação da lavra existente e segurança do trabalho;
- Modernização e adequação tecnológica de máquinas e equipamentos;
- Aproveitamento dos efluentes das unidades tratamento das serrarias (lama);
- Diversificação de produtos;
- Diagnóstico sócio-econômico das atividades do setor de rochas ornamentais na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro; e
- Apoio institucional, organização e articulação com empresariado local

Esta proposta foi discutida e aprovada pela Câmara Técnica e encaminhada ao Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT, através da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro - SECT, para receber recursos para dar início as ações tecnológicas julgadas apropriadas.

6 - SITUAÇÃO ATUAL

O projeto foi encaminhado ao Programa de Arranjo do Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT para obtenção de apoio financeiro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT, no âmbito do Programa de Cooperação Científica e Tecnológica para o Desenvolvimento Regional / ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS, e até o momento ainda não foi analisado.

A Câmara Técnica da Plataforma Tecnológica vem se reunindo regularmente, com o objetivo de desenvolver o Plano de Ação, que consta principalmente da Organização e Apoio institucional ao setor para a regularização e legalização da atividade produtiva e garantia de sua sustentabilidade.

Com a utilização de recursos de outros projetos voltados para o Arranjo Produtivo Local da

região de Santo Antonio de Pádua vem sendo dado suporte a algumas das ações previstas na “Matriz: Gargalos Tecnológicos x Solução”, dentre elas: a Fábrica de Argamassa projetada pelo CETEM e INT e o Consorcio de Exportação organizado pelo SEBRAE e SINDGNAISSE

Durante o ano de 2003 os esforços foram para resolução do problema ambiental do setor mineral na região e os estudos de viabilidade técnicos econômica para aproveitamento dos resíduos por eles gerados

7 - COMENTÁRIOS FINAIS

O projeto Plataforma Tecnológica poderá contribuir principalmente com a qualificação técnica e provisão de informações para as empresas dos setores aumentando sua competitividade e sustentabilidade. De uma forma detalhada, os benefícios que poderão ser alcançados são:

- contribuir na formação de recursos humanos da cadeia produtiva (capacitação técnica, multiplicadores, gestão de produção, design e gestão empresarial);
- modernizar a economia local (através da padronização de produtos;; aumento da produtividade; melhoria da qualidade do produto; e melhoria da comunicação das empresas com seus clientes, fornecedores e funcionários) e,
- criar um pólo articulador a partir do qual sejam identificadas e atendidas as demandas gerenciais e técnicas das empresas do setor.

8 - BIBLIOGRAFIA

CAMPOS, A.R. *et al.* “Santo Antonio de Pádua: um pólo de extração de Rochas Ornamentais no Estado do Rio de Janeiro”. Revista Mineração Metalurgia, n.551, p. 15-21,1999.

PEITER, C.C. Abordagem participativa na gestão de recursos minerais. São Paulo: EPUSP, 2000, 175 p. Tese. (Doutorado em Ciências da Engenharia Mineral). Dept. de Engenharia de Minas.

GAMEIRO, M.M. Relatório de Atividades das Plataformas Tecnológicas do Setor Mineral do Estado do Rio De Janeiro, 2002, 15p.

GAMA, B. Glória -Ação Regional do MCT/CNPq/FINEP, 2002, 10p.

PEITER, C.C. Projeto de Pesquisa: ” Plataformas Tecnológicas das Cadeias Produtivas de Rochas Ornamentais e Cerâmicas nas Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, 2001, 20p.

DESEMPENHO E COMPETITIVIDADE DO SETOR DE ROCHAS NO BRASIL

Cid Chiodi Filho

Geólogo – Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos
Consultor da ABIROCHAS – Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais
ABIROCHAS. R. Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Aldeota – CEP 60120-000 – Fortaleza-CE
Fone: (85) 246-2600 / Fax: (85) 246-0262 E-mail: cdchiodi@terra.com.br

RESUMO

As taxas de incremento das exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento, no 1º semestre de 2003, são bastante significativas, superando amplamente o índice de 20,93% conquistado no faturamento de 2002 frente ao ano 2001. Existe uma sazonalidade positiva sempre manifestada, e efetivamente esperada, no 2º semestre, o que permite projetar exportações de até US\$ 500 milhões ao final de 2003. A base exportadora do setor era integrada por 433 empresas em 1999, passando a 649 empresas em 2002 e provavelmente à marca de 700 empresas em 2003. No mercado mundial, o Brasil saltou da 12ª posição do ranking dos maiores exportadores de rochas processadas, em 1999, para o 8º lugar em 2001, devendo ter atingido o 7º posto em 2002 e podendo chegar ao 6º em 2003. Nestes termos, o Brasil respondeu por 1,4% do mercado internacional de rochas processadas especiais em 1999, passando a 2,3% em 2001 e devendo chegar a 4,0% ainda em 2003. Se for atingida a marca de US\$ 500 milhões em exportações ao final de 2003, contra os US\$ 338,8 milhões realizados em 2002, pode-se projetar a geração de 11.270 empregos diretos no ano em curso.

INTRODUÇÃO

A presença do Brasil no mercado internacional é fundamentalmente centrada no comércio de chapas de granito, blocos de granito e mármore, produtos de ardósia e produtos de quartzito foliado. Para os granitos brasileiros, o mercado internacional está muito concentrado nos EUA (chapas), Itália e China (blocos). Existe grande potencial de mercado, ainda não explorado pelo Brasil, para peças de paisagismo (cubos, seixos, pavês, anticatos, esculturas, mobiliário), arte funerária (lápides e esculturas) e lajotas padronizadas de mármore e granito (*tiles*). Para ardósias, especificamente, destaca-se o potencial de mercado para telhas, sobretudo na Europa.

Outro aspecto bastante notável, e de particular interesse para o setor de rochas, é a tendência de concentração das atividades de lavra e beneficiamento em países economicamente ainda emergentes e de dimensões continentais, como China, Índia e Brasil, apenas citando os principais. No médio e longo prazos, as políticas setoriais de fomento deverão considerar essa tendência, além de observar a evolução dos países do centro e leste europeu no mercado internacional.

Por problemas de adequação ambiental e margens de agregação de valor, países como Itália, Espanha e Alemanha terão seu negócio de rochas cada vez mais focados na tecnologia de máquinas e equipamentos, e na importação de produtos acabados. Nesses países, as atividades de lavra e beneficiamento deverão ficar restritas a nichos de especialidade, como a dos mármore brancos de Carrara, dos *limestones* amarelos e ardósias da Espanha e da arte funerária na Alemanha.

Por questões de competitividade, deverá se acentuar o processo de migração de empresas de lavra e beneficiamento para os referidos países emergentes. Da mesma forma, estes novos *players* deverão atrair empreendimentos tecnológicos, através de *joint-ventures* para produção de máquinas, equipamentos e insumos.

A China apresenta-se, até o momento, como a principal beneficiária desse processo global de rearticulação do setor, tendo já superado a Itália em produção, capacidade de beneficiamento e exportação de rochas processadas. Praticando preços politicamente administrados e calcados no baixíssimo custo de sua mão-de-obra, a China está subvertendo a cultura de utilização das rochas ornamentais e de revestimento, padronizando os produtos comerciais, massificando seu consumo e transformando-os em *commodities* minerais com baixo valor agregado.

Além disso, a China já estaria produzindo máquinas e equipamentos baseados na tecnologia italiana, porém a baixo custo para o seu parque industrial. É possível que, em futuro próximo e sob determinadas circunstâncias, essa nova “tecnologia” chinesa seja colocada no mercado internacional e venha também a afetar a indústria brasileira de máquinas e equipamentos.

É preciso criar condições adequadas de atração de empreendimentos para o Brasil, tanto de lavra e beneficiamento, quanto para fabricação de máquinas e equipamentos. É também necessário definir uma posição quanto ao fornecimento de blocos de granito para a China, que é compradora de nossa matéria-prima e concorrente de nossos produtos beneficiados. Poderiam e deveriam ser mais explorados pelo setor, alguns acordos de cooperação internacional, sobretudo com a Itália e outros países europeus onde estão se restringindo as atividades de lavra e beneficiamento de rochas.

Cenário Mundial do Setor em 2001

A produção mundial noticiada de rochas para ornamentação e revestimento totalizou 65 milhões de toneladas em 2001, sendo 38,50 milhões (59,2%) relativos a mármore, 23,25 milhões (35,8%) a granitos e 3,5 milhões (5%) a ardósias. A Europa respondeu por 45,0% dessa produção, seguindo-se a Ásia com 39,7%, as Américas com 10,4%, a África com 4,6% e a Oceania com 0,3%.

China (11,5 milhões t), Itália (8,4 milhões t), Índia (6,0 milhões t), Espanha (5,5 milhões t) e Irã (4,0 milhões t), constaram como os cinco principais produtores mundiais, colocando-se o Brasil na 6ª posição com 2,5 milhões t. Sabe-se, no entanto, que o valor apresentado para Brasil é subestimado, pois a produção brasileira equivaleria de fato, em 2001, àquela referida para a Espanha (5,5 milhões t).

Segundo a mesma fonte de consulta (Montani, 2002), as exportações mundiais de 2001 somaram 24,1 milhões t. Deste total, a China foi responsável por 4,69 milhões t (19,5%), a Itália por 3,55 milhões t (14,7%), a Índia por 2,29 milhões t (9,5%) e a Espanha por 1,86 milhões t (7,7%), seguindo-se o Brasil, em 5º lugar, com 1,22 milhões t (5,1%).

Ainda a respeito das exportações mundiais, destaca-se que as rochas silicáticas brutas (código 2516) representaram 8,58 milhões t (35,6%), as rochas carbonáticas brutas (código 2515) compuseram 3,24 milhões t (13,4%), as rochas processadas especiais (código 6802) somaram 8,65 milhões t (35,9%), as rochas processadas simples (código 6801) totalizaram 2,67 milhões t (11,1%) e os produtos de ardósia (código 6803) perfizeram 0,97 milhões t (4%).

Entre os principais importadores mundiais de 2001, em volume físico, incluiu-se a Alemanha com 2,42 milhões t (10%), Itália com 2,32 milhões t (9,6%), China com 2,19 milhões t (9,1%), os EUA com 2,0 milhões (8,3%) e o Japão com 1,8 milhões (7,5%).

No mercado internacional de rochas processadas especiais, a China respondeu por 35,8% do total exportado em 2001, ultrapassando a Itália que participou com 27,2%. O Brasil colocou-se em 8º lugar nesse mercado, com 2,3% das exportações efetuadas.

O Setor de Rochas no Brasil – Atualização de Dados para 2002

O Brasil é um dos grandes produtores e exportadores mundiais de rochas ornamentais e de revestimento. Sua produção totaliza 6,0 milhões t/ano, abrangendo 600 variedades comerciais derivadas de 1.500 frentes ativas de lavra. Os granitos perfazem cerca de 57% da produção brasileira, enquanto 17% são relativos a mármore e travertinos, quase 8% a ardósias e cerca de 5% a rochas quartzíticas em geral (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Produção Brasileira de Rochas Ornamentais – 2002

Tipo de Rocha	Quantidade (toneladas)	Participação (%)
Granito	3.450.000	57,5
Mármore	1.000.000	16,5
Ardósia	500.000	8,3
Quartzito Foliado	340.000	5,6
Pedra Miracema	200.000	3,3
Basalto	80.000	1,3
Quartzito Maciço	70.000	1,2
Pedra Cariri	60.000	1,1
Arenito	50.000	1,0
Pedra Sabão / Serpentinó	40.000	0,6
Pedra Morisca	10.000	0,1
Outros	200.000	3,3
Total	6.000.000	100

Tabela 2 - Distribuição Regional da Produção de Rochas Ornamentais no Brasil – 2002

Região	Estado	Produção (tonelada)	Tipo de Rocha
Sudeste	Espírito Santo	2.850.000	Granito e mármore
	Minas Gerais	1.200.000	Granito, ardósia, quartzito foliado, pedra sabão, pedra talco, serpentinito, mármore e basalto.
	Rio de Janeiro	260.000	Granito, mármore e pedra Miracema.
	São Paulo	80.000	Granito, quartzito foliado e ardósia.
Norte e Nordeste	Bahia	500.000	Granito, mármore, travertino, arenito e quartzito.
	Ceará	250.000	Granito e pedra Cariri
	Paraíba	62.000	Granito e conglomerado
	Pernambuco	50.000	Granito
	Alagoas	15.000	Granito
	Rondônia	15.000	Granito
	Rio Grande do Norte	15.000	Mármore e granito
	Pará	3.000	Granito
	Piauí	10.000	Pedra Morisca
Sul	Paraná	320.000	Granito, mármore e outros.
	Rio Grande do Sul	140.000	Granito e basalto
	Santa Catarina	80.000	Granito e ardósia
Centro-Oeste	Goiás	150.000	Granito e quartzito foliado.
	Total	6.000.000	

Estima-se a existência de 11.100 empresas do setor atuantes no Brasil, responsáveis pela agregação de 114.000 empregos diretos (Tabelas 3 e 4) e por um parque de beneficiamento de blocos com capacidade para 40 milhões de m²/ano. As transações comerciais nos mercados interno e externo, incluindo-se negócios com máquinas e insumos, movimentam mais de US\$2 bilhões/ano.

Tabela 3 - Empresas e Empregos do Setor de Rochas no Brasil

Segmento	Empresas Operantes	Empregos Diretos
Lavra	1.000	16.000
Beneficiamento	2.000	22.000
Acabamento (marmoraria)	7.000	68.000
Serviços	350	3.000
Indústria	150	3.000
Exportadoras	650	2.000
Total	11.100	114.000

Tabela 4 - Empregos Diretos do Setor nos Estados da Federação

Estado	Sigla	Empregos Diretos
Espírito Santo	ES	25.000
Minas Gerais	MG	22.500
Bahia	BA	3.500
Paraná	PR	3.300
Rio de Janeiro	RJ	14.500
Ceará	CE	1.500
Goiás	GO	2.000
Rio Grande do Sul	RS	4.000
Paraíba	PB	500
São Paulo	SP	32.000
Pernambuco	PE	1.000
Alagoas	AL	250
Rondônia	RO	200
Rio Grande do Norte	RN	250
Santa Catarina	SC	3.500
Pará	PA	500
Piauí	PI	200
Sergipe	SE	300
Mato Grosso	MT	350
Total		114.000

O consumo interno aparente de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil é estimado em 50 milhões m²/ano, equivalentes a 25 kg per capita. Cerca de 80% da produção, beneficiamento, consumo interno, importações e exportações do

Brasil são devidas à região sudeste. O Estado do Espírito Santo, seguido por Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro, representam os principais arranjos produtivos de lavra e beneficiamento.

É importante salientar que em 2000 o Brasil tornou-se o segundo maior exportador mundial de ardósias, superando a China e ficando aquém apenas da Espanha. Destaca-se ainda que o Brasil saltou da 12^a posição do ranking mundial dos exportadores de rochas processadas especiais, em 1999, para a 8^a posição em 2000, tendo-se ainda respondido com os EUA pelo 8^o maior fluxo comercial de rochas processadas especiais, depois de ter sido apenas o 15^o em 1999. Assim, o Brasil respondeu em 2000 por 2,1% do mercado internacional de rochas processadas especiais, subindo 0,7 pontos percentuais sobre 1999.

No mercado mundial, em 2001, o Brasil colocou-se como 5^o maior exportador de rochas em volume físico, como 4^o maior exportador de granitos brutos, como 8^o maior exportador de rochas processadas especiais, e como 2^o maior exportador de ardósias. O Brasil teve assim participação de 0,1% nas exportações mundiais de rochas carbonáticas brutas (posição 25.15), de 10,3% nas de rochas silicáticas brutas (posição 25.16), de 2,1% nas de rochas processadas simples (posição 68.01), de 2,3% nas de rochas processadas especiais (posição 68.02) e 8,5% nas de ardósias (posição 68.03), compondo 5,1% do volume físico do intercâmbio mundial.

Fatos Relevantes e Exportações em 2002

Evidenciou-se em 2002 a melhoria da qualidade dos materiais rochosos de revestimento colocados no mercado interno, bem como avanços significativos de produtividade na lavra, beneficiamento e acabamento. Registrou-se, além disso, redução de custos dos processos industriais e obtenção de preços ainda bastante competitivos para rochas processadas simples e especiais, nos mercados interno e externo.

Apesar da retração do setor da construção civil, diversos novos materiais foram apresentados no mercado, com destaque para os metaconglomerados, granitos pegmatóides, quartzitos brancos maciços, granitos brancos e amarelos, granitos com quartzo azul e mármore variados de Minas Gerais e Ceará.

As importações brasileiras de rochas em 2002 seguiram em queda e somaram US\$ 19,42 milhões. Cerca de 70% dessas importações referem-se a produtos de mármore e travertinos originados principalmente da Itália (37,6%), Espanha e Grécia. O saldo da balança comercial do setor foi positivo e atingiu quase US\$ 320 milhões.

Frentes promissoras de produção estão sendo viabilizadas em Goiás (serpentinitos) e Minas Gerais (mármore desenhados). Houve razoável fortalecimento de alguns arranjos produtivos minero-industriais, salientando-se o dos granitos na porção norte do Espírito Santo, o de ardósias e quartzitos foliados em Minas Gerais, o de basaltos no Rio

Grande do Sul, o de mármore bege (travertinos) na Bahia e o de pedra Morisca no Piauí.

As exportações brasileiras de 2002 atingiram US\$ 338,8 milhões, correspondentes a 1,26 milhão de toneladas, com incremento de 20,93% em valor e 14,49% em peso frente a 2001 (Fig. 1). As rochas processadas representaram 36,5% em peso e 66,0% em valor das exportações brasileiras, evidenciando os maiores índices de crescimento em relação a 2001. Cerca de 69,1% das exportações de rochas processadas, em valor, foram destinadas aos EUA, enquanto que para a Itália foram remetidos cerca de 37,0% em peso das exportações de rochas brutas.



Fig. 1 - Variação da Taxa de Crescimento do Valor das Exportações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2001-2002

Se o Brasil não tivesse evoluído na comercialização de rochas processadas, suas atuais exportações talvez não atingissem US\$ 100 milhões/ano. Do crescimento contínuo das exportações de rochas processadas, dependem tanto o desenvolvimento da indústria nacional de máquinas e equipamentos quanto a relação custo/benefício desejável para o setor no Brasil.

O número total de empresas exportadoras no Brasil cresceu de 332 em 1997 para 649 no ano 2002, destacando-se o incremento daquelas que operam pelos códigos de rochas processadas. Os incrementos mais expressivos referem-se aos códigos 6802.23.00 (chapas de granito) e 6803.00.00 (ardósias trabalhadas).

Desempenho das Exportações Brasileiras em 2003

1º Trimestre

As exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento mantiveram ótimo desempenho no 1º trimestre de 2003, totalizando US\$ 79,5 milhões e 297,6 mil toneladas. Tais quantitativos representam incremento de 16,2% em valor e 11,2% em peso, sobre igual período de 2002.

As rochas processadas compuseram 67,7% do faturamento e 37,4% do volume físico dessas exportações, somando US\$ 53,8 milhões e 110,1 mil toneladas. Registrou-se assim incremento de 25,7% em valor e 23,7% em peso, das exportações de rochas processadas, frente ao 1º trimestre de 2002.

Em faturamento, a participação das exportações de rochas processadas evoluiu de 62,6%, no 1º trimestre de 2002, para os referidos 67,7% no 1º trimestre de 2003. Em peso, essa participação evoluiu de 33,6% para os referidos 37,4%.

As exportações pela posição 6802.23.00, que abriga sobretudo chapas polidas de granito, totalizaram US\$ 41,3 milhões e compuseram 51,9% do total exportado. Registrou-se, no entanto, queda de 4,0% no preço médio dos produtos exportados pela posição 6802.23.00.

1º Semestre

No 1º semestre de 2003, apesar de alguns prognósticos negativos do mercado internacional e dúvidas sobre o comportamento da economia norte-americana, as exportações de rochas ornamentais tiveram o mais expressivo desempenho da história do setor no Brasil. Registrou-se crescimento de 40,03% em valor e 49,11% em peso sobre igual período de 2002 (Fig. 2), totalizando-se US\$ 186,41 milhões e 695,84 mil toneladas.

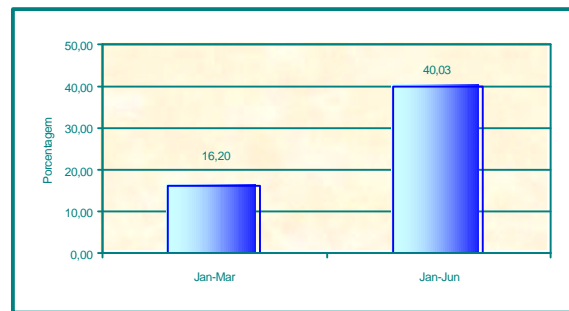


Fig. 2 - Variação da Taxa de Crescimento do Valor das Exportações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2003

Especificamente as exportações de rochas processadas, do 1º semestre, totalizaram US\$ 126,61 milhões e 262,90 mil toneladas, o que representou variação de respectivamente 36,19% e 35,57% frente a 2002, bem como participação de 67,92% e 37,78% no total exportado. Quebrando uma tendência negativa registrada ao longo dos últimos cinco anos, as exportações de rochas silicáticas brutas (blocos de granito) evoluíram 48,75% em valor e 58,14% em peso compondo respectivamente 31,65% e 61,46% do total exportado.

As chapas de granito da posição 6802.23.00, com 52,17% do valor do total exportado, bem como os blocos de granito das posições 2516.11.00 e 2516.12.00, respectivamente com 12,49% e 15,38% do total, foram os principais produtos brasileiros comercializados no 1º semestre. Seguem os produtos de ardósia da posição 6803.00.00, com 8,69% em valor do total exportado, e os quartzitos foliados da posição 6801.00.00, com 4,15%.

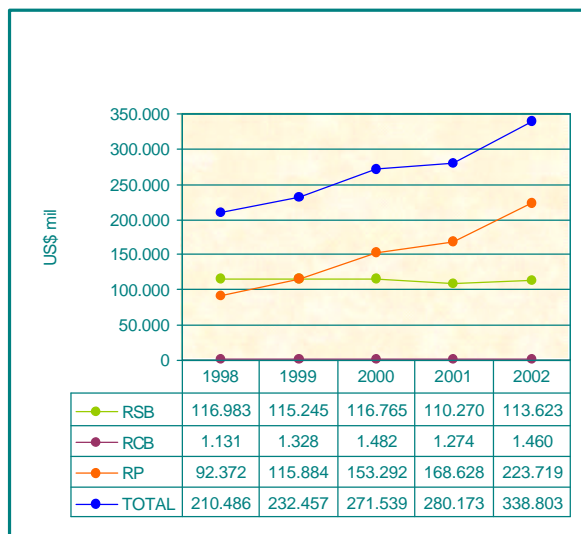
Recuaram todos os preços médios dos produtos exportados no 1º semestre por essas

posições principais, assinalando-se -1,59% para a 2516.11.00 (blocos de granito); -6,62% para a 2516.12.00 (blocos de granito); -4,54% para a 6802.23.00 (chapas de granito); -5,89% para a 6801.00.00 (quartzitos foliados); e, -1,02% para a 6803.00.00 (produtos de ardósia).

Evolução Qualitativa e Quantitativa das Exportações - 1997 a 2002

No período de 1997 a 2002 as exportações brasileiras do setor de rochas ornamentais tiveram crescimento de 70,87% em faturamento e de 36,33% em volume físico, passando de US\$ 198,92 milhões para US\$ 338,80 milhões (Fig. 3) e de 924,87 mil toneladas para 1260,85 mil toneladas. O incremento médio anual foi de 13,92% para o faturamento e de 8,85% para o volume físico, indicando a participação crescente de produtos com maior valor agregado nas exportações.

Apenas para rochas processadas, abrangendo produtos acabados e semi-acabados de granitos, ardósias, quartzitos foliados, serpentinitos, pedra-sabão, mármore, travertinos, basaltos, etc., registrou-se crescimento de 199,37% em valor e 277,85% em peso no período considerado (1997 a 2002). Percebe-se daí uma gradual desvalorização do preço médio desses produtos, acentuada a partir do ano 2000, sobretudo pela China.



RSB – rochas silicáticas em bruto (blocos de granito);
RCB – rochas carbonáticas em bruto (blocos de mármore); RP – rochas processadas (produtos acabados e semi-acabados)

Fig. 3 - Evolução das Exportações Brasileiras do Setor de Rochas Ornamentais

A participação de rochas processadas, no total do faturamento, evoluiu de 37,7% em 1997 para 66,0% no ano 2002. Em volume físico essa participação de rochas processadas evoluiu de 13,2% em 1997 para 36,5% no ano 2002.

Especificamente na posição 6802.23.00, que abriga chapas polidas de granito, registrou-se

variação de 342,86% em peso no período de 1997 a 2002, com incremento médio anual de 36,28%. A participação dos produtos da posição 6802.23.00, no total exportado, evoluiu assim de 6,6% em 1997 para 21,5% em 2002, quando se atingiu 270,63 mil toneladas de chapas.

A partir dos números consolidados até 2002, já é possível uma primeira avaliação das projeções e simulações apresentadas no documento "Rochas Ornamentais no Século XXI", elaborado pela ABIROCHAS em 2000.

Com base nos cinco anos precedentes, o referido documento ofereceu uma projeção e duas simulações de incremento das exportações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento. A projeção considerou crescimento médio de 15% ao ano para o faturamento dessas exportações, apontando US\$ 353,6 milhões em 2002 e US\$ 618,5 milhões em 2006.

As simulações consideraram crescimento médio de 10% ao ano, no volume físico total das exportações, e incremento de 5% e 10% ao ano da participação em peso de rochas processadas no total exportado, apontando respectivamente valores de US\$ 395,6 milhões e US\$ 482,0 milhões para 2002 e de US\$ 749,0 milhões e US\$ 1044,4 milhões para 2006.

É interessante observar que o faturamento total projetado para 2002 (US\$ 353,6 milhões) é absolutamente compatível ao realizado (US\$ 338,8 milhões), enquanto a participação em peso e valor das rochas processadas é também absolutamente compatível a uma das simulações efetuadas. Demonstra-se assim a consistência dessas projeções e simulações, não obstante a queda do preço médio dos produtos exportados ter comprimido o resultado esperado para o faturamento das exportações.

Mais importante ainda é a consistência das projeções setoriais de demanda para máquinas, equipamentos e investimentos, apresentadas no documento "Rochas Ornamentais no Século XXI", com base no comportamento dos mercados interno e externo. A despeito da inexistência de uma política setorial abrangente e do não atendimento de bases competitivas, por exemplo frente à China, a participação das rochas brasileiras cresceu nos mercados interno e sobretudo externo, de forma compatível ao pronunciado pelo documento da ABIROCHAS.

Ampliação e Diversificação de Mercados e Produtos

Considerando-se apenas as exportações brasileiras de chapas de granito e produtos de ardósia e quartzitos foliados, que representam 65% em valor do total exportado, contabilizam-se 34 novos países atendidos, no 1º semestre de 2003, para a posição 6802.23.00 (chapas de granito), 16 novos países na posição 6803.00.00 (produtos de ardósia) e 15 novos países na 6801.00.00 (produtos de quartzitos foliados).

O Brasil está vivenciando sua segunda grande onda exportadora do setor, relativa a rochas processadas semi-acabadas e envolvendo sobretudo chapas de granito. Esta onda sucedeu à de exportação de blocos e está lastreando à de exportação de rochas processadas acabadas, prontas para o consumidor final.

A terceira onda exportadora do Brasil, correspondente à de produtos finais, já está sendo consolidada pelo avanço das exportações de ladrilhos padronizados de granitos, telhas de ardósia, peças para fornos e lareiras em pedra sabão, lápides em granitos movimentados, mosaicos telados em ardósia, pedra pavê e anticatos em quartzitos foliados, brindes e adornos em mármore e em granitos azuis, peças para paisagismo (bancos e fontes) em quartzitos azuis, mobiliário em travertino Bege Bahia, apenas para citar os itens mais relevantes.

A falta de especificidade das posições da NCM que abrigam as exportações de rochas, não permite uma avaliação quantitativa mais apurada do crescimento do comércio externo dos produtos acima referidos. Sabe-se que tais produtos estão sendo de fato ofertados e efetivamente comercializados pelas empresas brasileiras do setor de rochas, inclusive por aquelas atendidas pelo Programa APEX/ABIROCHAS.

As Rochas do Brasil na ALCA

O Brasil é o país mais competitivo com rochas ornamentais e de revestimento no âmbito da ALCA, colocando-se atualmente, entre todos os possíveis membros dessa zona de livre comércio, como o principal produtor e principal exportador tanto de rochas brutas (blocos de granito), quanto de rochas processadas simples (quartzitos), ardósias e, sobretudo, rochas processadas especiais (chapas de granito e mármore).

Essa superioridade é lastreada pela grande diversidade e beleza de nossas matérias-primas, geneticamente associadas a ambientes geológicos sem similar nas Américas, e por um vigoroso parque industrial de beneficiamento cuja capacidade instalada de serragem é superada apenas pela Itália, China e Índia.

Somente para os EUA, que é hoje o maior importador mundial de rochas processadas, o Brasil exportou US\$ 161,04 milhões em 2002. Essas transações com os EUA evoluíram de um patamar de US\$ 28,7 milhões em 1996, registrando-se assim crescimento médio anual de 34% e incremento total de 460% no período.

Destaca-se ainda que 96% do valor e 94% do volume físico das exportações brasileiras do setor, para os EUA, referem-se a rochas processadas e já incorporam produtos acabados. Nestes termos, o mercado dos EUA está absorvendo quase 50% do total das exportações brasileiras do setor e 70% das nossas exportações de rochas processadas.

Mais amplamente, os países da ALCA são responsáveis por 60% a 70% do total do faturamento das exportações brasileiras de rochas, mencionando-se México e Chile como importantes mercados para produtos processados.

Vislumbra-se atrair para o Brasil, no cenário da ALCA, empresas européias e sobretudo italianas, tradicionais importadoras de granitos brasileiros em bruto, que foram fortemente deslocadas do mercado internacional por granitos brasileiros "*made in China*". A partir de plantas de beneficiamento modernas e competitivas, instaladas no Brasil, tais empresas deverão recolocar-se com granitos brasileiros "*made in Brazil*".

Tendências Comerciais

O nosso maior cliente de chapas de granito e produtos de ardósia continuará sendo o mercado dos EUA, que tem absorvido mais de 50% do total das exportações brasileiras de rochas. Os principais clientes para blocos de granito são a China e a Itália, esta última também a principal compradora de nossos quartzitos foliados.

O incremento das exportações brasileiras de rochas processadas em 2003 é devido à continuidade de vendas firmes para o mercado dos EUA, enquanto o crescimento das exportações de blocos de granito é explicado pela demanda chinesa por matéria-prima brasileira. Deve-se observar com atenção as implicações desse aumento de vendas para a China, que se estabelece como cliente de blocos e se fortalece como concorrente de chapas, agregando valor a nossa matéria-prima.

A venda barata de matéria-prima pelo Brasil deverá inclusive realimentar a tendência de queda de preços das chapas de granito no mercado internacional, favorecendo aqueles competidores (a China) que trabalham com economia de escala e preços politicamente administrados. Salvo engano, pode-se reprimir, doravante com a China, uma situação já vivida pelo Brasil com a Itália.

As conseqüências não são animadoras, pois mesmo com a explosão de seu consumo interno a China não deverá tornar-se um mercado para as rochas processadas "*made in Brazil*". É neste sentido necessário reafirmar a importância estratégica do reaquecimento da economia brasileira, como forma de incrementar o mercado interno, preservar o nosso parque industrial de beneficiamento e valorizar social e economicamente o aproveitamento de nossas matérias-primas.

Destaca-se que o grande patrimônio brasileiro no setor de rochas é a diversidade e qualidade de suas matérias-primas, sobretudo granitos, que não podem assim ser submetidas a um processo de vulgarização comercial. No caso de se caminhar para essa vulgarização, não haverá como competir com chineses e indianos, e em um futuro próximo até com países do leste europeu. Há, portanto, necessidade de se pavimentar o caminho dos granitos brasileiros "*made in Brazil*", dentro de um

conceito de especialidade, diferenciação e qualidade, valorizando a nossa matéria-prima e seus produtos comerciais.

Aspectos Tecnológicos de Interesse

Do ponto de vista tecnológico, o setor de rochas evidencia notáveis avanços para os processos de lavra, beneficiamento e acabamento. Na lavra consolidam-se as técnicas de corte a frio, com destaque para o uso de fios diamantados, jato d'água, massas expansivas e cortadeiras dentadas. No beneficiamento são oferecidos talha-blocos e teares convencionais de grandes dimensões, além de teares a fio diamantado, bem como máquinas de tamboramento (envelhecimento), prensas hidráulicas e equipamentos para tratamento de efluentes.

No acabamento destaca-se os equipamentos para finalização de bordas, tratamento de superfícies e escultura, com o uso de jato d'água, brocas diamantadas, jateamento de areia, laser etc., todos completamente automatizados e de grande produtividade e precisão. Para o Brasil, é mais notável a carência pela tecnologia de acabamento nas marmorarias do que pela tecnologia de lavra e beneficiamento nas pedreiras e serrarias.

A gravação a laser em rochas polidas, bem como o entalhamento automatizado de superfícies por jato d'água e brocas, permite ampliar significativamente o uso de rochas em objetos de adorno, decoração e movelaria. Da mesma forma as novas técnicas de fixação de placas em pisos elevados e fachadas aeradas, amplia o potencial de uso dos materiais rochosos naturais.

É também surpreendente a variedade de novos produtos protetores para revestimentos, enfatizando-se os impermeabilizantes, detergentes, antipixação e antiderrapantes, que garantem a preservação estética e funcional dos materiais aplicados. A confiabilidade das obras é ainda garantida pela evolução das argamassas de fixação e rejuntamento, cada vez mais específicas e adequadas aos diferentes tipos de rocha comercializados.

Existe, a propósito, uma lacuna técnico-operacional, constatada no Brasil, entre o fornecedor (marmorarias) e o consumidor de revestimentos (empresas de construção civil e consumidores finais), envolvendo as técnicas de aplicação e o próprio profissional de assentamento. Conforme observado em feiras do setor, é grande o *know-how* de processos e produtos utilizados no assentamento de revestimentos, capazes tanto de evitar boa parte das patologias observadas nas obras brasileiras, quanto de melhor habilitar as exportações brasileiras de produtos finais e serviços (terceira onda exportadora).

Reforça-se a necessidade de estudos para aproveitamento e tratamento de resíduos, caracterização tecnológica de rochas, diversificação de produtos comerciais, selos de autenticidade, melhoria dos insumos e integração interinstitucional. O Programa de Desenvolvimento em Rede do Setor de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, bem como

o Estudo de Competitividade do Setor de Rochas Ornamentais em Minas Gerais, são exemplos dessa abordagem.

CONCLUSÕES

Pelo ótimo desempenho das exportações, expressão das feiras nacionais e internacionais, eventos técnicos realizados e envolvimento de instituições de pesquisa, o setor de rochas tem conquistado maior visibilidade junto às instituições governamentais. É muito clara a sinalização do novo governo quanto à necessidade de agregação de valor aos produtos comerciais exportados, o que para o setor representa incentivos às rochas processadas, acabadas e semi-acabadas.

Uma das novas abordagens destacadas para o desenvolvimento do setor diz respeito à visão e articulação dos arranjos produtivos (*clusters*), inspirados conceitualmente nos modelos do norte da Itália. Discute-se neste caso a formulação de cooperativas, consórcios de exportação, centrais de matéria-prima e centrais de beneficiamento, bem como capacitação de centros de pesquisa tecnológica, observando-se o atendimento da sustentabilidade ambiental.

As noções referenciais para possíveis desenvolvimentos e oportunidades do setor de rochas no Brasil estão assim relacionadas a:

- Agregação de valor (produtos finais – Marmoraria Exportadora);
- Adequação ambiental (tratamento e aproveitamento de resíduos);
- Fortalecimento dos arranjos produtivos mínero-industriais (*clusters*);
- Modernização da base industrial de beneficiamento (qualidade de serragem e polimento);
- Ampliação do consumo per capita (fortalecimento do mercado interno).

Programas de fomento apoiados pela Agência de Promoção de Exportações – APEX estão sendo executados pela Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS, buscando-se firmar bases competitivas para as rochas brasileiras “*made in Brazil*”. Neste sentido apontam os ótimos resultados obtidos pelo Programa Setorial Integrado APEX/ABIROCHAS, que reforçou a tendência de crescimento das exportações de rochas processadas semi-acabadas e criou a base para os negócios com produtos finais e serviços, contribuindo decisivamente para a ampliação do número de empresas exportadoras e para o desenvolvimento dos principais arranjos produtivos mínero-industriais do setor no Brasil.

Síntese de Informações Setoriais

A Dimensão do Setor de Rochas Ornamentais Brasileiro em 2002
▪ 6,0 milhões de toneladas de rochas ornamentais produzidas.
▪ 600 variedades comercializadas nos mercados interno e externo.
▪ 1.500 frentes de lavra.
▪ 11.100 empresas atuando na cadeia produtiva.
▪ 114.000 empregos diretos gerados pelo setor.
▪ Capacidade produtiva de 40 milhões m2/ano de rochas processadas especiais.
▪ Consumo interno de 50 milhões m2/ano (25 kg per capita).
▪ US\$ 338,8 milhões e 1,26 milhões de toneladas exportados.
▪ Crescimento de 20,9% em valor e 14,5% em peso frente a 2001.
▪ 650 empresas exportadoras.
▪ Vendas externas para mais de 80 países.
▪ Rochas processadas compuseram 66% do faturamento das exportações.

O Brasil no Mercado Internacional de Rochas em 2001
▪ 4º maior produtor (10% da produção mundial).
▪ 5º maior exportador em volume físico (5,1% do total mundial).
▪ 4º maior exportador de granitos brutos (10,3% do total mundial).
▪ 8º maior exportador de rochas processadas especiais (2,3% do total mundial).
▪ 2º maior exportador de ardósias (8,5% do total mundial).
▪ Participação de 0,1% em peso no intercâmbio de blocos de mármore.
▪ Participação de 2,1% em peso no intercâmbio de rochas processadas simples.

FONTES DE CONSULTA

CETEM/ABIROCHAS. Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro : CETEM, 2001. 160 p., il.

CHIODI FILHO, Cid. Situação Brasileira no Mercado Internacional de Rochas Ornamentais: Retrospectiva e Perspectivas. In: Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 3, Recife, 2002. *Anais do ...*, CETEM/UFPE, 2002. p. 138-145.

CHIODI FILHO, Cid. *A Expressão das Rochas Ornamentais nas Feiras de Nuremberg e Carrara*. Relatório para ABIROCHAS, 2003. 6p. inédito.

CHIODI FILHO, Cid. *Situação e Perspectivas do Setor de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Brasil*. Documento para ABIROCHAS, 2003. 30p. inédito.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO - MDIC. Base Alice. www.aliceweb.gov.br

MONTANI, Carlo. *Stone 2002; Repertorio Económico Mondiale*. Faenza (RA) : Faenza Editrice, 2002. 229 p.

ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL

José Carlos Rodrigues¹ e Osires de Lima Carvalho²

¹ Geólogo da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM. Av. Santos Dumont, 7700 – 1º ao 4º andar – Bairro Papicu – CEP 60.150-163 - Fortaleza-CE. Fone: (85) 265-1288 / Fax: (85) 265-2212

² PhD em Economia Mineral e Professor da Universidade Estadual do Ceará. UECE – Av. Paranjana, 1700 – Campus Itaperi – CEP 60.740-00 – Fortaleza-CE

INTRODUÇÃO

Os riscos da mineração de rochas ornamentais são muito elevados, uma vez que o sucesso na pesquisa não chega a 5% do número de ocorrências detectadas.

No caso específico do Ceará, embora haja mais de uma centena de requerimentos de pesquisa para o setor de Rochas Ornamentais, somente oito tipos de granitos encontram-se produzindo, em quase sua totalidade utilizando a chamada Guia de Utilização; são eles: Verde Ventura, Verde Meruoca, Meruoca Clássico (localizada na Serra da Meruoca, município de Sobral), Rosa Iracema (na Serra do Barriga, município de Sobral), Casablanca (no município de Pedra Branca) e Cinza Prata (distrito de Anil, município de Varjota), todos de propriedade da GRANOS-IMARF; Asa Branca (município de Santa Quitéria da GRANSTONE – Granitos e Minérios Ltda.); Branco Nevasca, (município de Irauçuba, da empresa Mineração Santa Rosa).

Tendo em vista o avanço tecnológico e mercadológico, além da pesquisa, a lavra e a comercialização, fazem com que o empresário esteja a todo o momento diante de situações que exigem decisões econômicas em relação ao empreendimento. O conhecimento da legislação vigente e dos órgãos controladores orientarão esta tomada de decisão no rumo certo, evitando assim prejuízos.

O nosso regime jurídico é o Regaliano, segundo o qual o subsolo pertence à União, diferente do Direito Anglo-Saxônico, que tem por base um regime de acesso. No caso específico da mineração, a jazida pertence quem a descobre ou ao responsável por sua descoberta.

O empresário, ao procurar uma oportunidade de investimento no setor de rochas ornamentais, se depara com diversas dificuldades relativas ao aspecto legal das áreas requeridas no decorrer do trâmite do processo, desde a protocolização do requerimento de pesquisa, até a obtenção da Portaria de Lavra e, posteriormente, no desenvolvimento do empreendimento mineral.

O Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), autarquia federal conforme Lei nº 8.876, de 2 de maio de 1994, é dentro da estrutura do Ministério das Minas e Energia – MME, o órgão responsável pela fiscalização das atividades ligadas à pesquisa mineral, à lavra, ao beneficiamento, ao comércio e à industrialização das matérias primas minerais no país, com exceção daqueles objetos de monopólio.

No desempenho desta competência, este órgão utiliza-se de uma legislação composta por leis constitucionais e leis ordinárias, sendo a lei básica, o Código de Mineração e suas modificações, decretos, portarias ministeriais e interministeriais, instruções normativas e, ainda, as leis ambientais afetas à mineração.

O processo de reforma constitucional e o plano de estabilização, ora em curso no país, criaram novas condições de investimento para o setor de rochas ornamentais, tendo em vista o mercado interno e principalmente o externo.

Dentro desse contexto, é mister o conhecimento da legislação vigente, principalmente das leis constitucionais e ordinárias com vista ao bom andamento de uma empresa de mineração e em particular de rochas ornamentais.

ARCABOUÇO LEGAL DA MINERAÇÃO NO PAÍS

- Evolução histórica do distrito mineral no Brasil

Os sistemas doutrinários do domínio da propriedade mineral, assim como os regimes jurídicos de sua exploração e aproveitamento são descritos, tendo em vista o aproveitamento do bem mineral em função da titularidade do solo, segundo o sistema Regaliano vigente no Período Colonial, quando as minas eram pertencentes à Casa Real que as administrava, segundo critérios por ela estabelecidos.

As minas no Brasil Colônia eram bens patrimoniais distintos do solo e reservados à Coroa Portuguesa, assentando-se nos disciplinamentos legais vigentes, começando pelas Manuelitas, cuja vigência se iniciou durante a colonização do país.

Assim sendo, com poucas exceções, o subsolo também constituía propriedade distinta do solo e pertencendo também à Coroa Portuguesa, que podia exercer a atividade de extração dos bens minerais diretamente, ou conceder exploração a terceiros, sendo estes obrigados a pagar uma compensação a título de privilégio real. À Coroa cabia a missão de regular o destino da indústria mineral, fiscalizar o desenvolvimento e receber a remuneração correspondente.

As formas de acesso ao bem mineral, conforme atesta o 1º Regimento de Terras Minerais do Brasil, datado de 15/08/1603, são as seguintes: aproveitamento estatal, exclusivo do Estado, data mineral, propriedade resolúvel em favor do seu descobridor, contratação, espécie de direito real sobre a coisa alheia.

O regime de doação, segundo o qual o governo transferia ao particular o domínio sobre determinadas minas, embora previsto na legislação específica, não foi exercido.

O Sistema Dominial, exercido no período Imperial por meio da Lei de 20/10/1823, ratificou as legislações anteriores e as atividades minerais continuaram a depender da autorização do imperador. Este sistema se confunde com o Regaliano, em que o solo continuava separado do subsolo, sendo que a democratização do acesso aos bens minerais ensejou um desenvolvimento significativo do setor mineral.

O Sistema Fundiário ou de Acesso inicia com a primeira República e vai até a Constituição de 1934, em que o regime de aproveitamento do bem mineral era a ascensão, que consistia em concentrar ambas as propriedades, a mineral e a superficial em uma só unidade econômica, passando o superficiário a ter o domínio sobre as minas existentes em sua propriedade, existindo uma predominância do bem particular sobre o bem público.

A Lei Calógeras, estabelecida pelo Decreto nº 2933, de 6 de janeiro de 1915 e a Lei Simões Lopes nº 4265 de 15 de janeiro de 1921, regulamentada pelo Decreto nº 15211 de 28 de dezembro de 1921, ressaltaram o caráter social que devia prevalecer na concepção de um empreendimento mineral.

A Lei Pandia teve importância fundamental para o ordenamento jurídico mineral e, embora não tenha sido posta em prática, foi a precursora de todas as importantes transformações no regime de aproveitamento do bem mineral. Teve como principal mudança a descaracterização como mina, das jazidas de ferro, sal, salitre, materiais de construção, cristal, amianto, caulim, mica, adubos e substâncias congêneres, fontes minerais bem como as jazidas de qualquer natureza lavradas a céu aberto.

A Lei Simões introduziu algumas modificações nas legislações anteriores, principalmente no que se refere ao prazo da lavra (50 anos no máximo), trabalho de pesquisa (1 a 2 anos) como pré-requisito para outorga da concessão das áreas objetivadas nas descobertas de minas (de 1 a 1.000ha), em função de ser o titular pessoa física ou jurídica e da natureza da substância pretendida; ao pagamento anual pelo direito à concessão (variável de 4 a 20 mil reais por lote, além de um pagamento inicial de 100 mil reais para o indivíduo e de 500 mil reais para as companhias); a decretação de nulidade ou caducidade da concessão de lavra, com critérios bastante objetivos; a política administrativa das minas, relativa à proteção do trabalhador; conservação e segurança das construções e do trabalho; e precaução contra os perigos as propriedades vizinhas e proteção ao bem público.

O Sistema de Autorização e Concessão teve vigência a partir de 1934, estabelecendo a separação entre a propriedade do solo e do subsolo. Os recursos minerais foram incorporando-se ao patrimônio da União. O aproveitamento e a

exploração das substâncias minerais descobertas passaram a ser disciplinados pelo governo, ficando este, pela outorga das autorizações de pesquisa e lavra, pela fiscalização das atividades desenvolvidas pelos seus respectivos titulares, pelo incremento e valorização do setor e finalmente, pelo estabelecimento das normas administrativas.

O aproveitamento racional dos bens minerais ficaria subordinado aos trabalhos prévios de pesquisa, que demonstrariam o seu valor econômico reconhecido pelo órgão técnico competente, o Departamento Nacional da Produção Mineral. As concessões seriam então outorgadas por prazos indeterminados, admitindo-se o aproveitamento do bem mineral até a exaustão da mina.

Quatro outros princípios foram alcançados pela Constituição de 1934 e por lei ordinária posterior:

- 1 – Aos Estados, dentro de seus territórios, seriam atribuídas as autorizações ou concessões, desde que possuíssem os necessários serviços técnicos e administrativos;
- 2 – As autorizações ou concessões seriam conferidas exclusivamente a brasileiros ou empresas organizadas no Brasil;
- 3 – A lei regularizaria a nacionalização progressiva das minas e jazidas minerais julgadas básicas ou essenciais à defesa econômica ou militar do País;
- 4 – Independiam de autorização e concessão as substâncias minerais próprias para a construção cujo aproveitamento ficava reservado exclusivamente aos respectivos proprietários, observados os regulamentos administrativos aplicáveis à espécie.

Duas alterações significativas foram introduzidas pela constituição de 1937, a primeira relativa à propriedade das minas e jazidas, estabelecendo o domínio da União ou do estado, ou seja, aquelas desconhecidas que se situavam, respectivamente, em turnos de propriedade destas entidades governamentais, e a segunda, que trata da racionalização das empresas que se dedicavam ao aproveitamento industrial das minas e jazidas.

A Constituição de 1946 estabeleceu que, a exploração e o aproveitamento dos recursos minerais continuavam a depender de autorização e concessão federal, ficando estabelecido que as mesmas seriam conferidas a brasileiros ou sociedades organizadas no País, assegurando ao proprietário do solo preferência exclusiva para o seu aproveitamento, mantendo-se em sua plenitude os princípios legais dos Códigos de Minas de 1934 e 1940.

A Constituição de 1967 extinguiu a preferência exclusiva do proprietário do solo, instituindo, em substituição, o direito à participação nos resultados da lavra em valor correspondente a 10% do imposto Único sobre Minerais, o que vale dizer que ela é igual a 1,5% do valor da produção. O Código de Mineração de 1967 veio a estabelecer

además, o direito de propriedade, com o critério primordial da outorga do título de pesquisa e lavra.

Embora a Constituição de 1946 não previesse especificamente o monopólio estatal para determinadas substâncias minerais, a lei ordinária assim o determinou, principalmente a Lei 2004 de 03/10/1953, que estatizou a pesquisa, a lavra, as refinações e o transporte de petróleo ou de outros hidrocarbonetos fluidos e gases raros, assim como a Lei 4118 de 27/08/1962, que estendeu o Monopólio da União sobre a pesquisa, lavra e comércio de minerais nucleares.

- Aspectos constitucionais

As principais normas e a Emenda Constitucional nº 6 de 15 de agosto de 1995, que dizem respeito ao aproveitamento dos recursos minerais estão descritas a seguir, sendo aplicáveis de maneira idêntica para as rochas ornamentais.

Constituição Federal

Art. 20 da CF – São bens da União:

Inciso IX – Os recursos minerais, inclusive os do subsolo.

Parágrafo 1 – É assegurado nos termos da lei, aos estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como aos órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais nos respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva ou compensação financeira por essa exploração.

Art. 21 da CF – Compete à União:

Inciso XV – Organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia, geologia e cartografia em âmbito nacional.

Art. 22 da CF – Compete privativamente à União legislar sobre:

Inciso XII – Jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia.

Inciso XVIII – Sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacional.

Art. 23 da CF – É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

Inciso XI – Registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios.

Art. 24 da CF – Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre:

Inciso VI – Florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção ao meio ambiente e controle da poluição.

Art. 26 da CF – Incluem-se entre os bens dos estados:

Inciso I – As águas superficiais ou subterrâneas, afluentes, emergentes e em depósitos, ressalvadas neste caso, na forma da lei, as decorrentes de Obras da União.

Art. 48 da CF – Cabe ao Congresso Nacional, com a sanção do Presidente da República, não exigida esta para o especificado nos art. 49, 51 e 52, dispor sobre todas as matérias de competência da União, especialmente sobre:

Inciso V – Limites do território nacional, espaço aéreo e marítimo e bens do domínio da União.

Art. 49 da CF – É da competência exclusiva do Congresso Nacional:

Inciso XVI – Autorizar, em terras indígenas, a exploração e o aproveitamento dos recursos hídricos e a pesquisa e a lavra de riquezas minerais.

Art. 91 da CF – O Conselho de Defesa Nacional é o órgão de consulta do Presidente da República nos assuntos relacionados com a soberania nacional e à defesa do estado democrático.

Parágrafo 1º – Compete ao Conselho de Defesa Nacional:

Inciso III – Propor os critérios e condições de utilização de áreas indispensáveis à segurança do território nacional e opinar sobre seu efetivo uso, especialmente na faixa de fronteira, e nas relacionadas com a preservação e a exploração dos recursos naturais de qualquer tipo.

Art. 155 da CF – Compete aos Estados e ao Distrito Federal instituir impostos sobre:

Parágrafo 3º – À exceção dos impostos de que tratam o Inciso II do caput deste artigo e o Art. 153, I e II, nenhum outro tributo poderá incidir sobre operações relativas à energia elétrica, serviços de telecomunicações, derivados de petróleo, combustíveis e minerais do País.

Art. 176 da CF – As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertence à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

Parágrafo 1º – A pesquisa e a lavra de recursos minerais e o aproveitamento dos potenciais a que se refere o caput deste artigo, somente poderão ser efetuados mediante autorização ou concessão da União, dentro do interesse nacional, por brasileiros ou empresas constituídas sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País, na forma da lei, que estabelecerá as condições específicas quando essas atividades se desenvolverem em faixa de fronteira ou terras indígenas.

Parágrafo 2º – É assegurada participação ao proprietário do solo nos resultados da lavra, na forma e no valor que se dispuser a lei.

Parágrafo 3º – A autorização de pesquisa será sempre por prazo determinado e as autorizações e concessões previstas neste artigo não poderão ser cedidas ou transferidas, total ou parcialmente, sem a prévia anuência do poder concedente.

Art. 225 da CF – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial a sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Parágrafo 2º – Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

Parágrafo 4º – A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e a sua utilização far-se-á na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

Art. 231 da CF – São reconhecidos dos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças, tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer com que todos os seus bens sejam respeitados.

Parágrafo 3º – O aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivadas com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra na forma da lei.

Ato das Disposições Constitucionais Transitórias

Art. 43 – Na data da promulgação da lei que disciplina a pesquisa e a lavra de recursos e jazidas minerais, ou no prazo de um ano a contar da promulgação da Constituição, tornar-se-ão sem efeito as autorizações, concessões e demais titulares atributivas de direitos minerários, caso os trabalhos de pesquisa ou de lavra não hajam sido comprovadamente iniciados nos prazos legais ou estejam inativos.

Art. 44 – As atuais empresas brasileiras titulares de autorização de pesquisa, concessão de lavra de recursos minerais e de aproveitamento dos potenciais de energia hidráulica em vigor, terão quatro anos, a partir da promulgação da Constituição, para cumprir os requisitos do art. 176, § 1º.

Parágrafo 1º – Ressalvadas as disposições de interesse nacional previstas no texto constitucional, as empresas brasileiras ficarão dispensadas do cumprimento do disposto no Art. 176, § 1º, desde que no prazo de até quatro anos, da data da promulgação da Constituição, tenha o produto de sua lavra e beneficiamento destinados à industrialização no território nacional, em seus próprios estabelecimentos ou em empresa industrial controladora ou controlada.

Parágrafo 3º – As empresas brasileiras referidas no § 1º somente poderão ter autorizações de pesquisa e concessões de lavra ou potenciais de energia hidráulica, desde que a energia e o produto da lavra sejam utilizados nos respectivos processos industriais.

- Código de Mineração

O atual Código de Mineração é uma versão atualizada até 18 de novembro de 1996, em conformidade com as alterações ditas pela lei nº 9.314 de 14 de novembro de 1996, publicada no D.O.U. de 18.11.96 e com validade a partir de 17 de janeiro de 1997, que tem por objetivo regular os regimes de exploração e aproveitamento dos recursos minerais no território nacional. A lei acima citada estabeleceu profundas modificações no Código de Mineração regido pelo Decreto nº 227 de 28 de fevereiro de 1967, tendo alterado nada menos que vinte e oito de seus artigos e revogado cinco.

Esta lei conceitua as jazidas e minas, estabelecendo normas para a obtenção de autorizações, concessões, licenças e permissões, define quais os direitos e deveres dos portadores de títulos minerários, determina os casos de anulação, caducidade e revogação dos direitos minerários, e disciplina o funcionamento das empresas de mineração, estabelecendo ainda a competência da autarquia específica do Ministério de Minas e Energia, o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, na administração dos recursos minerais e na fiscalização da atividade mineral no país.

Com o advento da Lei 9.314 de 16.11.96, foram alteradas as competências para a outorga dos vários títulos minerários, ficando a competência para a concessão de lavra com o Ministro das Minas e Energia e para autorização de pesquisa com o Diretor Geral do DNPM.

A Licença Municipal que, obviamente, “deve obedecer aos regulamentos administrativos locais”, há de ser registrada no DNPM.

O Código de Mineração atual compõe-se de um conjunto de 98 normas, das quais quatorze estão revogadas de acordo com os Artigos 5, 8, 9, 21, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, e 92, e distribuídas em sete Capítulos: 1 – Das Disposições Preliminares; 2 – Da Pesquisa Mineral; 3 – Da Lavra; 4 – Das Servidões; 5 – Das Sanções e das Nulidades; 6 – Da Garimpagem, Faiscação e Cata; 7 – Das Disposições Finais.

As principais modificações do Código estão relacionadas abaixo:

- O § 1º do Art. 3 foi incorporado com a seguinte redação: “Não estão sujeitos aos preceitos deste Código os trabalhos de movimentação de terras e de desmonte de materiais *in natura*, que se fizerem necessárias à abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplanagem e de edificações, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos e ficando o seu aproveitamento restrito à utilização na própria obra”.

- Revogação do Art. 5, que previa a classificação das jazidas em nove classes.

- Revogação do Art. 9 – Far-se-á pelo regime de Matrícula o aproveitamento definido e caracterizado como garimpagem, faiscação ou cata.

- O Art. 15 foi modificado de acordo com a redação da Emenda Constitucional de 06 de 15 de agosto de 1995.

- O parágrafo segundo do Art. 16, extinguiu o atestado de capacidade financeira e o regulamento de autorização de pesquisa agora é dirigido ao Diretor Geral do DNPM.

- A nova redação do art. 17, alterou o regime de protocolo e do indeferimento de plano.

- "O inciso I do artigo 20 reintroduziu os emolumentos para requerimento da pesquisa. Os incisos V e VI do mesmo artigo deixaram a Cargo do DNPM a fixação das diretrizes do memorial descritivo e da planta de situação".

- "O inciso II tratou da taxa anual por hectare, delegando ao Ministro de Minas e Energia o encargo de regulamentar a sua cobrança, a falta ou atraso no pagamento acarretará multa de mil UFIR, cuja aplicação demanda a instauração de procedimento administrativo".

- O Artigo 21 foi revogado e tratava da outorga da autorização de pesquisa por Alvará do Ministro das Minas e Energia.

- O Artigo 22 sofreu diversas modificações. A principal diz respeito ao prazo de autorização de pesquisa que, a partir de agora, não será inferior a 1 (um) ano e nem superior a 3 (três).

- A nova redação do Art. 23 altera o antigo conceito de que a jazida seria a reserva mineral técnica e economicamente aproveitável. Pelo texto em vigor o relatório final de pesquisa concluirá:

I - pela exequibilidade técnico-econômica da lavra; ou II - pela inexistência da jazida, III - pela inexecutabilidade técnico-econômica da lavra em face da presença de fatores conjunturais adversos, tais como:

a) Inexistência de tecnologia adequada ao aproveitamento da substância mineral; b) Inexistência de mercado interno ou externo para a substância mineral. A partir de 17 de janeiro de 1997 ficou extinta a sanção do Art. 23;

- O Artigo 25 outorga competência por meio de portaria ao Diretor – Geral do DNPM de fixar as áreas máximas da autorização de pesquisa.

- O Artigo 26 estabelece, agora, um prazo de sessenta dias para a área ficar desonerada para efeito de pesquisa ou lavra.

- Ao Artigo 31 foi acrescido um parágrafo que prevê a prorrogação do prazo para o requerimento da concessão de lavra, desde que se faça dentro do prazo inicialmente previsto, ou seja 1 (um) ano.

- Do parágrafo único do art. 37 foi subtraída a parte que se limitava a habilitar ao direito de lavra somente as Empresas de Mineração.

- O Inciso I do Art. 38 eliminou a segunda parte, que limitava a certidão de registro ao Departamento Nacional do Registro do Comércio, à firma individual, a brasileiro ou a sociedades organizadas no País.

- O parágrafo único do Art. 38 determinou que a concessão de lavra em faixa de fronteira fica sujeita a critérios e condições estabelecidos em lei.

- O Artigo 41, § 3, sofreu um acréscimo na redação, determinando que, para que haja uma

prorrogação de prazo, a solicitação tem que ser feita dentro do prazo para cumprimento das exigências.

- Ainda no Art. 41, houve uma incorporação de um parágrafo, o qual obriga o indeferimento do processo e a disponibilidade da área, para fins de requerimento de concessão de lavra na forma do Art. 32.

- O Artigo 43, transferiu a competência ao Ministro de Estado de Minas e Energia, por meio de portaria para expedição do título de concessão de lavra.

- O Artigo 44, alterou o título de Decreto para Portaria, e substitui os Parágrafos 1º, 2º e 3º por um parágrafo único, nos quais obriga o titular da concessão de lavra a pagar uma taxa de emolumentos correspondente a quinhentas UFIR, por ocasião do requerimento de Posse da jazida.

- O Artigo 55, § 1, sofreu alterações no que diz respeito à validade dos atos de alienação ou oneração, que agora serão averbados no DNPM.

- O Artigo 55, § 2, retirou o caráter de indivisibilidade da concessão de lavra. Acrescentou ao artigo os Parágrafos 3 e 4, em que disciplina que as dívidas e gravames constituídos sobre a concessão resolvem-se com a extinção desta, ressalvada a ação pessoal contra o devedor, e que os credores não têm direito a nenhuma ação contra o novo titular da concessão extinta, salvo se esta, por qualquer motivo, voltar ao domínio do primitivo concessionário devedor.

- O Artigo 56 foi totalmente modificado, concedendo a oportunidade ao desmembramento da concessão de lavra a juízo do DNPM.

- "A nova redação do Art. 63 dispõe sobre o não cumprimento das obrigações decorrentes das autorizações de pesquisa, das permissões de lavras garimpeiras, das concessões de lavra e do licenciamento, suas implicações, dependendo da infração em:

I) advertência; II) multa; e III) caducidade do título. As penalidades de advertência, II) multa e III) caducidade do título. As penalidades de advertência, multa e de caducidade de autorização de pesquisa serão competência do DNPM. A caducidade da concessão de lavra será objeto de portaria do Ministro de Estado de Minas e Energia. A multa inicial variará de 100 (cem) a 1.000 (um mil) UFIR, segundo a gravidade da infração".

- "Foram expressamente revogados os Art. 79 e 80 do Código de Mineração, ficando com isso, eliminado o alvará de autorização para o exercício de atividade de mineração no País. Doravante – medida, aliás, de eminente alcance prático as empresas para atuarem na atividade mineira, ficam obrigadas apenas a arquivar no DNPM seus estatutos ou contratos sociais e acordos de acionistas em vigor, bem como as futuras alterações estatutárias ou contratuais".

- Ao Art. 81, foi dada uma nova redação: As empresas que pleitearem autorização para pesquisa ou lavra ou que forem titulares de direitos minerários de pesquisa ou lavra, ficam obrigadas a arquivar no DNPM, mediante protocolo, os estatutos ou contratos sociais e acordos de acionista em vigor, bem como as futuras alterações contratuais ou estatutárias, dispondo neste caso, do prazo máximo de trinta dias

após o registro no Departamento Nacional de Registro de Comércio.

Parágrafo Único: O não cumprimento do prazo estabelecido neste artigo acarretará as seguintes sanções:

I – advertência

II – multa, a qual será aplicada em dobro no caso do não atendimento das vigências, objeto deste artigo, no prazo de trinta dias da imposição da multa inicial, e assim sucessivamente, a cada trinta dias subsequentes.

- O Artigo 85, foi modificado acrescentando a possibilidade de fixação de limites subterrâneos horizontais, podendo o titular dos direitos minerários preexistentes na área, propor a fixação de limites no plano horizontal da concessão.

- Ao Artigo 92, foi dada uma nova redução, bem mais simples: O DNPM manterá registros próprios de títulos minerários.

- O Artigo 93, eliminou o parágrafo único e deu a seguinte redação: serão publicados no Diário Oficial da União os alvarás de pesquisa, as portarias de lavra e os demais atos administrativos deles decorrentes.

As modificações introduzidas pelo advento da Lei 9314/96 irão, sem dúvida, modernizar o Código de Mineração, mas o legislador deixou exageros tais como: a multa por atraso no pagamento da taxa anual, por hectare pelo titular de autorização de pesquisa no valor de 1.000 UFIR prevista no art. 20, parágrafo 3º, inciso II, alínea a; e também o parágrafo 4º do Art. 41 que prevê a disponibilidade da área na forma do Art. 32, pelo não atendimento de exigência dentro do prazo previsto.

Outros diplomas legais

Serão enumerados abaixo os diplomas legais.

Decretos-Leis:

Emitidos pela esfera legislativa federal e pelo poder executivo direcionado ao setor de rochas ornamentais.

- 328, de 14.03.1967 – D.O.U. de 14.03.1967

Dá redação ao preâmbulo e ao dispositivo do Decreto-Lei nº 227, de 28.02.1967 (Código de Mineração).

- 330, de 13.09.1967 – D.O.U. de 14.09.1967
Revoga dispositivos do Decreto-Lei nº 227 de 28.02.1967 (Código de Mineração) e restaura a vigência do art. 33, da Lei nº 4118, de 27.08.1967.

Leis:

- 6.403, de 15.12.1976 – D.O.U. de 16.12.1976

Modifica dispositivos do Decreto-Lei nº 227, 28.02.1967 (Código de Mineração).

- 6.567, de 24.09.1978 – D.O.U. de 26.09.1978

Dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências.

- 7.085, de 21.12.1982 – D.O.U. de 22.12.1982

Modifica dispositivos do Decreto-Lei nº 227, de 28.02.1967. Código de Mineração, com as alterações posteriores.

- 7.805, de 18.07.1989 – D.O.U. de 20.07.1989

Altera o Código de Mineração, cria o Regime de Permissão de Lavra Garimpeira e extingue o Regime de Matrícula.

- 7.886, de 20.11.1989 – D.O.U. de 21.11.1989

Regulamenta o Art. 43 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias e dá nova redação aos Artigos 20 e 26, do Código de Mineração.

- 7.990, de 28.12.1989 – D.O.U. de 29.12.1989

Institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira pelo resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, de recursos minerais em seus respectivos territórios, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, e dá outras providências.

- 8.001, de 13.03.1990 – D.O.U. de 14.03.1990

Define os percentuais de distribuição da compensação financeira de que trata a Lei nº 7990 de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.

- 8.876, de 02.05.1995 - D.O.U. de 03.05.1994

Autoriza o Poder Executivo a instituir como Autarquia o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, e dá outras providências.

- 8.901, de 30.06.1994 - D.O.U. de 01.07.1994

Regulamenta o disposto no § 2º do Art. 176 da Constituição Federal e altera dispositivos do Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967 - Código de Mineração, adaptando às normas constitucionais vigentes.

- 8.982, de 24.01.1995 - D.O.U. de 25.01.1995

Dá nova redação ao Art. 1º da Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978, alterado pela Lei nº 7.312 de 16 de maio de 1985.

- 9.051, de 18.05.1995 - D.O.U. de 19.05.1995

Dispõe sobre a expedição de certidões para a defesa de direitos e esclarecimentos de situações.

- 9.314, de 14.11.1996 - D.O.U. de 18.11.1996

Altera dispositivos do Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

Decretos:

- 62.934, de 02.07.1968
Aprova o Regulamento do Código de Mineração.
- 64.590, de 27.05.1969 - D.O.U. de 28.05.1969
Altera o Regulamento do Código de Mineração, aprovado pelo Decreto nº 62.934 de 02 de julho de 1968, e dá outras providências.
- 66.404 de 01.04.1970 - D.O.U. de 02.04.1970
Acrescenta item ao Art. 49 do Regulamento do Código de Mineração.
- 69.885, de 31.12.1971 - D.O.U. de 31.12.1971
Dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao ativo das empresas de mineração e dá outras providências.
- 88.814, de 04.10.1983 - D.O.U. de 06.10.1983
Altera dispositivos do Regulamento do Código de Mineração, aprovados pelo Decreto nº 62.934 de 2 de julho de 1968.
- 92.282, de 08.01.1986 - D.O.U. de 09.01.1986
Estabelece a aplicação dos regimes de Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra para o aproveitamento de substâncias minerais da Classe II, em áreas situadas nos Municípios de São Félix e Cachoeira, no Estado da Bahia e dá outras providências.
- 95.002, de 05.10.1987 - D.O.U. de 06.10.1987
Dá nova redação à especificação das classes II e VII do Art. 8º do regulamento do Código de Mineração.
- 1, de 11.01.1991 - D.O.U. de 14.01.1991
Regulamenta o pagamento da compensação financeira, instituída pela Lei nº 7990, de 28 de dezembro de 1989, e dá outras providências.
- 598, de 08.07.1992 - D.O.U. de 09.07.1992
Delega competência ao Ministro de Minas e Energia para a prática de atos relacionados à prestação do serviço público de energia elétrica, à derivação de águas e à concessão de lavra mineral.
- 1.324, de 02.12.1994 - D.O.U. de 05.12.1994
Institui como Autarquia o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, aprova sua Estrutura Regimental e dá outras providências.
- de 26.11.1994 - D.O.U. de 27.12.1994
Constitui a Comissão Nacional de Recursos Minerais - CNRM.

Portarias Ministeriais:

- 380, de 15.07.1943 - D.O.U. de 17.07.1943

Estabelece as quantias máximas de minério que podem ser explotadas através de Guia de Utilização.

- 2.029, de 29.01.1971 - D.O.U. de 08.02.1971

Estabelece instruções sobre a sucessão comercial e incorporação de direitos decorrentes de autorização de pesquisa à empresa de mineração em organização ou já existente.

- de 17.01.1995 - D.O.U. de 18.01.1995
Delega competência ao Diretor Geral do DNPM para praticar os atos que especifica.

- 42, de 22.02.1995 - D.O.U. de 01.03.1995
Aprova o Regime Interno do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.

- 443, de 06.12.1995 - D.O.U. de 08.12.1995
Modifica o Artigo 2 da Portaria nº 042 de 22 de fevereiro de 1995, que aprova o Regimento Interno do Departamento Nacional da Produção Mineral.

- 12, de 16.01.1997 - D.O.U. de 20.01.1997
Dispõe sobre os critérios gerais, referentes ao procedimento de Disponibilidade de Área desonerada de requerimento ou de titulação de direitos minerários, em decorrência de publicação de despacho no Diário Oficial.

- 13, de 16.01.1997 - D.O.U. de 20.01.1997
Dispõe sobre a aplicação da taxa anual, por hectare, incidente na vigência da autorização de pesquisa.

Portarias do Diretor Geral do DNPM:

- 124, de 25.08.1976 - D.O.U. de 13.09.1976
Estabelece instruções sobre a apresentação do Formulário de Pedido de Pesquisa Mineral.

- 231, de 11.10.1977 - D.O.U. de 17.10.1977
Estabelece instruções sobre a protocolização de requerimentos que não façam referência ao número do processo pertinente.

- 148, de 27.10.1980 - D.O.U. de 03.11.1980
Estabelece normas sobre a instrução do Requerimento de Registro de Licença.

- 197, de 21.07.1982 - D.O.U. de 23.07.1982
Estabelece instruções sobre a aplicação, no requerimento de autorização de pesquisa e de registro de licença com uma única poligonal.

- 103, de 17.05.1983 - D.O.U. de 19.05.1983
Estabelece instruções sobre a apresentação da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

- 223, de 08.08.1986 - D.O.U. de 12.08.1986
Altera o item V, da Portaria nº 148 de 27 de outubro de 1980, que estabelece regras sobre a instrução do Requerimento de Registro de Licença.

- 269, de 28.08.1986 - D.O.U. de 08.09.1986
Estabelece instruções sobre a aplicação do que dispõe o item IV, dos Artigos 54 e 55, do Regulamento do Código de Mineração.

- 3, de 04.01.1990 - D.O.U. de 09.01.1990
Estabelece instruções sobre o pagamento das vistorias efetuadas pelo DNPM, de que trata o § 8º, do Artigo 26, do Código de Mineração.

- 01, de 10.01.1992 - D.O.U. de 14.01.1992
Aprova os modelos de formulários do Relatório Anual de Lavra.

- 06, de 06.07.1992 - D.O.U. de 31.07.1992
Aprova o modelo de Guia de Recolhimento para a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais - CFEM.

- 456, de 21.10.1996 - D.O.U. de 23.10.1996
Estabelece instruções sobre a protocolização de requerimentos e de juntadas, bem como fixa o horário de funcionamento do Protocolo do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.

- 15, de 13.01.1997 - D.O.U. de 15.01.1997
Estabelece instruções sobre o Memorial descritivo que deve instruir o Requerimento de Autorização de Pesquisa.

- 16, de 13, 01.1997 - D.O.U. de 15.01.1997
Estabelece instruções sobre as áreas máximas de Requerimento de Autorização de Pesquisa, bem como sobre os prazos de vigência das autorizações de pesquisa.

- 21, de 16.01.1997 - D.O.U. de 17.01.1997
Estabelece instruções sobre o sobrestamento de Relatório Final dos Trabalhos de Pesquisa.

- 22, de 16.01.1997 - D.O.U. de 17.01.1997
Estabelece instruções sobre a renúncia do Alvará de Autorização de Pesquisa.

- 23, de 16.01.1997 - D.O.U. de 17.01.1997
Estabelece instruções sobre a prorrogação do prazo de vigência da autorização de pesquisa.

- 71, de 19.02.1997 - D.O.U. de 20.02.1997
Estabelece instruções sobre as regras e critérios específicos para habilitação e julgamento nas áreas colocadas em disponibilidade, em decorrência de publicação no Diário Oficial da União de ato de indeferimento de Requerimento de Autorização de Pesquisa ou de extinção do título autorizativo.

- 72, de 19.02.1997 - D.O.U. de 20.02.1997
Estabelece instruções sobre as regras e critérios específicos para habilitação e julgamento, em decorrência da publicação de Edital de Disponibilidade de áreas para pesquisa ou lavra.

- 95, de 17.03.1997 - D.O.U. de 19.03.1997
Delega competência aos Chefes dos Distritos Regionais do DNPM para praticar os atos que especifica.

Instruções do Diretor Geral do DNPM:

- 01, de 22.07.1982

Estabelece instruções sobre a obtenção de cópias e vista de processos em andamento ou arquivados no Departamento Nacional da Produção Mineral.

- N-01, de 22.10.1983

Estabelece instruções sobre os entendimentos e procedimentos normativos do Departamento Nacional da Produção Mineral.

- 1, de 02.08.1994 - D.O.U de 04.08.1994

Estabelece instruções sobre o requerimento e o processamento de desmembramento da área objeto de concessão de lavra.

- Ordem de Serviço nº 1, de 19.10.1994 - D.O.U de 24.10.1994

Estabelece instruções sobre o processamento dos pedidos de incorporação, arrendamento e cessão de direitos minerários.

- 1, de 18.03.1993 - D.O.U de 20.03.1997

Estabelece instruções sobre a Lei nº 9314, de 14 de novembro de 1996, que introduziu modificações no Código de Mineração.

- 1, de 06.06.1997 - D.O.U. de 10.06.1997

Estabelece instruções sobre a Lei nº 8.982, de 24 de janeiro de 1995, que introduziu modificações na Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, e Lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996, que introduziu modificações no Código de Mineração.

INSTITUIÇÕES GOVERNAMENTAIS COM ATRIBUIÇÕES NO SETOR MINERAL

- Ministério das Minas e Energia – MME

Foi criado pela Lei nº 3.782 de 22/07/1960, Art. 6º, e a MPV nº 150, de 15.03.1990, convertida na Lei nº 8.028 de 12.04.1990, Art. 22, item V, que extingue o Ministério. A Lei nº 8.422, de 13.05.1992, Art. 1º, cria o Ministério de Minas e Energia, estabelecida pela MPV nº 302 de 10.04.1992. A Lei nº 9.649 de 27.05.1998 (MPV 813195), Art. 13, item XIV, ratifica o Ministério com a mesma denominação, e no Art. 14, item XIV, constitui área de competência. A MPV nº 1.799-3 de 18.03.1999, ratifica o Ministério com a mesma denominação, e constitui área de competência.

É um órgão do Poder Executivo, com sede central na Esplanada dos Ministérios - Bloco U - 8º andar e sede regional à rua 1º de Março, nº 6, 6º andar, Rio de Janeiro, RJ, sendo o responsável pela coordenação e formulação da política mineral brasileira.

A sua estrutura jurídica do MME é composta por autarquia, empresa pública e empresa de economia mista, abrangendo os seguintes órgãos da administração direta e indireta:

- Secretaria de Minas e Metalurgia - secretaria executiva de coordenação e formulação de política setorial, e assessoramento ministerial;

- Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM; autarquia, responsável pelo planejamento e o fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais e o controle e fiscalização do exercício das atividades da mineração em todo o território nacional;

- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - empresa pública responsável pelo Serviço Geológico Nacional;

- Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRÁS - empresa de economia mista executora do monopólio estatal do petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos.

Secretaria de Minas e Metalurgia

À Secretaria de Minas e Metalurgia, um órgão específico singular, subordinado diretamente ao Ministro de Estado de Minas e Energia, compete:

I - Formular e coordenar a política do setor minero-metalúrgico, bem como acompanhar e superintender a sua execução;

II - Supervisionar o controle e a fiscalização da exploração de recursos minerais no País;

III - Promover e supervisionar a execução de estudos e pesquisas geológicas em todo o território nacional;

IV - Coordenar a coleta e análise de informações sobre a evolução e o desempenho:

a) da exploração e da exploração de recursos minerais em especial aqueles referentes a autorizações e concessões de direitos minerários;

b) dos setores metalúrgico e mineral interno e externo, e

c) do desenvolvimento e uso de tecnologias limpas e eficientes nos diversos segmentos do setor mineral brasileiro.

A Secretaria de Minas e Metalurgia para o desempenho de suas funções conta com a seguinte estrutura:

1. Gabinete
 - 1.1. - Divisão de Apoio Técnico-Administrativo
2. Coordenação-Geral de Geologia e Recursos Minerais.
3. Coordenação-Geral de Economia e Política Mineral
4. Coordenação-Geral de Mineração
5. Coordenação-Geral de Metalurgia e Transformação de Minerais Não Metálicos.

O Gabinete e as Coordenações-Gerais dispõem, para o desempenho de suas competências regimentais, de cargos em comissão e assessores, assistentes, auxiliares e gerentes de projeto, bem como de funções gratificadas de assistentes intermediários.

Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM

Foi criado no governo de Getúlio Vargas pelo Decreto nº 23.979, de 8 de março de 1934. O DNPM, dentro da estrutura do MME tem como finalidade

promover o planejamento e o fomento à exploração e ao aproveitamento dos recursos minerais, fiscalização das atividades concernentes à pesquisa mineral, à lavra, ao beneficiamento, ao comércio e à industrialização de matérias primas minerais em todo o território nacional, na forma que dispõe o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e legislação que os complementam, sendo ainda um órgão de consulta do Governo Federal para qualquer assunto referente à matéria-prima mineral ou ao seu produto.

Sua estrutura organizacional tem a seguinte distribuição:

1. Órgão de assistência direta e imediata ao Diretor Geral.
 - 1.1 - Gabinete
2. Órgãos seccionais
 - 2.1 - Procuradoria - Geral
 - 2.2 - Coordenação de Administração
 - 2.3 - Coordenação de Informática
3. Órgãos específicos singulares
 - 3.1 - Diretoria de Exploração Mineral
 - 3.2 - Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral
 - 3.3 - Diretoria de Operações
4. Órgãos descentralizados do DNPM - 25 Distritos Regionais

“Ao Gabinete compete prestar assistência ao Diretor-Geral em sua representação política e social, incumbir-se do preparo e despacho do seu expediente pessoal, bem como desincumbir-se das atividades de comunicação social e apoio parlamentar. Providenciar a publicação, divulgação e acompanhamento das matérias de interesse da Autarquia e coordenar a elaboração de seu Relatório Anual de Atividades, assim como, distribuir, orientar, coordenar e superintender os serviços do Gabinete”.

“À Procuradoria Geral compete, desempenhar as atividades de assessoramento e consultoria jurídica ao Diretor-Geral e às Unidades da Autarquia, bem como defender os interesses desta, em juízo, ou fora dele, conforme disposto na Lei Complementar nº 73 de 10 de janeiro de 1993”.

“À Coordenação de Administração compete planejar, coordenar, dirigir e orientar as atividades referentes a recursos humanos, material, patrimônio, orçamento, finanças, contabilidade e serviços gerais, bem como promover a execução das mesmas através de suas unidades administrativas”.

“À Coordenação de Informática compete planejar, dirigir, orientar, coordenar e executar as ações relativas à informática e documentação”.

“À Diretoria de Exploração Mineral compete planejar, dirigir, orientar, coordenar e executar atividades relacionadas aos trabalhos de geologia e exploração mineral, bem como fomentar as pesquisas geológicas e proteger, pesquisar e difundir a memória geológica nacional”.

“À Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral compete planejar, dirigir, orientar, coordenar e executar atividades relacionadas à economia mineral

e às minas, incluindo a exploração, beneficiamento, segurança, controle ambiental, bem como o acompanhamento, análise e divulgação do desempenho do setor mineral”.

“À Diretoria de Operações compete planejar, dirigir, orientar, coordenar e executar atividades relacionadas à outorga dos títulos minerários, à fiscalização da atividade minerária, bem como a manutenção dos registros legais e edições de normas regulamentares”.

“Aos Distritos compete exercer as atividades finalísticas do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, assegurando, controlando e fiscalizando o exercício das atividades de mineração na área de jurisdição, na forma do que dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos, a legislação que os complementa e a legislação correlativa, instruir processos técnicos e administrativos e emitir se for o caso, parecer correspondentes; representar a Autarquia na área de sua jurisdição e incumbir-se das demais atribuições que lhe forem cometidas por delegação de competência ou pelo Regimento Interno do DNPM”.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

A CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais foi criada em 15 de agosto de 1969 e, em 28 de dezembro de 1994, foi transformada no Serviço Geológico do Brasil como empresa pública, pela Lei nº 8.970, de 28 de dezembro de 1994, com os seguintes objetivos:

- Subsidiar a formulação da política mineral e geológica, participar do planejamento, da coordenação e executar os serviços de geologia e hidrogeologia de responsabilidade da União em todo o território nacional;

- Estimular o descobrimento e o aproveitamento dos recursos minerais e hídricos do país;

- Orientar, incentivar e cooperar com entidades públicas ou privadas na realização de pesquisa e estudos destinados ao aproveitamento dos recursos minerais e hídricos do país;

- Elaborar sistemas de informações, cartas e mapas que traduzem o conhecimento geológico e hidrogeológico nacional, tornando-se acessível aos interessados;

- Colaborar em projetos de preservação do meio ambiente, em ação complementar à dos órgãos competentes da administração pública, federal, estadual e municipal;

- Realizar pesquisa e estudos relacionados aos fenômenos naturais ligados à terra, tais como terremotos, deslizamentos, enchentes, secas, desertificação e outros como os relacionados à paleontologia e geologia marinha.

- Dar apoio técnico e científico aos órgãos da administração pública federal, estadual e municipal, no âmbito de sua área de atuação.

A CPRM será dirigida por um Conselho de administração, com funções deliberativas, e por uma Diretoria Executiva.

O Conselho de Administração será constituído de um Presidente, nomeado pelo Presidente da República e demissível “ad nutum”, de Diretores, em número de três, no mínimo, e cinco no máximo, um Conselheiro eleito pela Assembléia Geral de Acionistas sem o voto da União e os membros natos do Conselho de Administração, na qualidade de Conselheiros e sem direito a remuneração, os Diretores Gerais do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica e o Presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

A Diretoria Executiva, será composta de um Diretor Presidente e pelas Diretorias de Geologia e Recursos Minerais, Hidrologia e Gestão Territorial, Administração e Finanças, Relações Institucionais e Desenvolvimento.

Tem sua Sede em Brasília na SGAN - Quadra 603 - Módulo I - 1º andar - CEP 70830-030 - Brasília DF, possui oito superintendências regionais em Manaus, Belém, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Goiânia, São Paulo e Rio Grande do Sul e três residências, Fortaleza, Porto Velho e Teresina e ainda o Escritório Rio de Janeiro com endereço Av. Pasteur, 404 - Urca - CEP 22.290-240 - Rio de Janeiro - RJ, onde estão os principais órgãos de apoio técnico e administrativo.

Companhias Estaduais Remanescentes do Setor Mineral

Antes da promulgação da Constituição Federal de 1988, o setor mineral era gravado pelo I.U.M. (Imposto Único sobre Mineração). Com essa receita tributária vinculada à aplicação direta e indireta em atividades minerais, vicejou praticamente em todos os estados da Federação a criação do que passou a ser denominado Sistema Estadual de Mineração, em outras palavras, criou-se em nível de cada estado uma Companhia Estadual de Mineração voltada à pesquisa geológica e a outras atividades minerais.

Questionou-se, naquela ocasião, a importância da mineração como beneficiária de um imposto único, o que colocava a mineração em um grau mais elevado de importância em relação a outros setores tais como: saúde, educação entre outros não contemplados com os benefícios do I.U.M.

A partir da Constituição de 1988, a mineração passou então a ser gravada via ICMS (Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviço de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação), um tributo de menor custo no exercício fiscal e de coleta. Isto levou a uma reorganização do organograma administrativo dos estados, que absorveram intensamente a estrutura e as funções operacionais das Companhias que foram extintas em função do desaparecimento da receita fiscal vinculada.

No entanto, naqueles estados onde o setor mineral tinha um peso significativo em sua economia global foram celebrados acordos vinculando o repasse de percentual da arrecadação do ICMS para aplicação direta na atividade da mineração, cujos parâmetros gerais seguiram aqueles que vigoraram quando da existência do I.U.M. Isto ocorreu nos estados da Bahia, Minas Gerais e Goiás.

PROCEDIMENTOS LEGAIS PARA OBTENÇÃO DE DIREITOS MINERAIS

- Alternativas legais de regime na indústria mineraria

Em algumas situações, o acesso aos bens minerais pelo minerador pode ser feito pela escolha de regime ou forma legal que melhor se adequa às suas pretensões, observando, evidentemente, as dimensões espaciais, temporais e técnicas do empreendimento.

Assim sendo, o Código de Mineração, no seu Art. 2 prevê os seguintes regimes de aproveitamento de substâncias minerais:

1 - Regime de autorização

Este regime dedica-se à fase de pesquisa mineral, ou seja, é uma autorização que o interessado (requerente) recebe para pesquisar uma ou mais áreas onde tenha a intenção futura de desenvolver trabalhos de lavra; depende de expedição de alvará de autorização do Diretor Geral do DNPM.

2 - Regime de licenciamento

Neste regime é permitido o aproveitamento das substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, na forma *in natura*, e outras especificadas na lei, independente de prévios trabalhos de pesquisa, dependendo de registro da licença no DNPM.

3 - Regime de permissão de lavra garimpeira

Trata do aproveitamento imediato de jazimento mineral que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, possa ser lavrado, independentemente de prévios trabalhos de pesquisa, segundo critérios fixados pelo DNPM.

4 - Regime de concessão

Trata-se de um regime pertinente à fase de lavra ou do aproveitamento industrial da jazida considerada técnica e economicamente explorável, dependendo de portaria de concessão do Ministro das Minas e Energia.

Apenas as áreas pesquisadas na conformidade do citado regime podem ser concedidas à lavra.

5 - Regime de monopólio

A pesquisa e a lavra de jazidas de substâncias minerais, objetos de monopólio estatal, ficam dependentes de execução direta ou indireta do Governo Federal e são regidas por leis especiais.

Requerimento de pesquisa

O requerimento de autorização é o primeiro documento que deve ser instruído para dar início à pesquisa de minerais, será dirigido ao Diretor Geral do DNPM (Art. 16 C.M.). Tem por objetivo obter o direito de prioridade, instituído pela Constituição Federal de 1967, isto é, a precedência de protocolização do requerimento de autorização de pesquisa no DNPM. A prioridade será atribuída ao requerente, desde que a área objetivada seja considerada livre e não se enquadre em qualquer das hipóteses previstas no art. 18 do Código de Mineração.

A tramitação processual é mostrada nas Figuras 1 e 2 e na Tabela 1 anexas ao trabalho.

O requerimento será constituído de elementos de instrução, e não de informação e prova (Art. 16 do C.M.), tais como:

- Indicação do nome (Item I, do Art. 16 do C.M.)

- Indicação da nacionalidade brasileira e não-prova (Item I, do Art. 16 do C.M.).

- Indicação do número do CPF ou CGC (Item I, do Art. 16 do C.M.), permanecendo a indicação do estado civil, da profissão e do domicílio.

- A pessoa jurídica não precisa apresentar cópia do alvará que a autorizou a funcionar como empresa de mineração e nem a prova do seu registro no órgão competente. Basta apenas indicar o número do registro de seus atos constitutivos (Item I, do Art. 16 do C.M.), indicando a razão social, endereço e CGC.

- Prova de recolhimento dos emolumentos (277 UFIR = R\$ 245,06) (Item II, do Art. 16 e Item I, do Art. 20 do C.M.).

- Não precisa indicar a classe, denominação do imóvel e Distrito (Item IV, do Art. 16 do C.M.). Permanece a designação das substâncias a pesquisar, indicação da extensão superficial da área objetivada, em hectares e do município e estado em que se situa.

- Memorial descritivo da área pretendida, nos termos a serem definidos em portaria do Diretor - Geral do DNPM (Art. 16, V do C.M.).

- Planta de situação, cuja configuração e elementos de informação serão estabelecidos em portaria do Diretor Geral do DNPM (Art. 16, V do C.M.), dispensando a planta de detalhe.

- Plano de pesquisa acompanhado do orçamento e cronograma previsto para a sua execução (Art. 16, VII do C.M.), devendo ser apresentado no ato da protocolização do requerimento de autorização de pesquisa, não sendo necessário o esboço geológico.

- O atestado de capacidade financeira está dispensado, podendo o DNPM interpelar o requerente sobre a disponibilidade de fundos (§ 1º, do Art. 16 do C.M.).

- O memorial descritivo, a planta de situação e o plano de pesquisa serão elaborados por profissionais legalmente habilitados (§ 3º, do Art. 16 do C.M.). A Lei não menciona a A.R.T. que revê portaria do Diretor Geral do DNPM nº 103 de

17/05/83. O requerente poderá ganhar 60 dias de prazo para cumprir a exigência sobre apresentação da A.R.T.

- Será indeferido pelo Diretor-Geral do DNPM o requerimento desacompanhado de qualquer dos elementos de instrução referidos nos Incisos I a VII do Art. 16 do C.M.; (Art. 17 do C.M.).

- Não existe mais a complementação do requerimento de autorização de pesquisa.

- Não haverá restituição da importância relativa aos emolumentos.

- Não haverá necessidade da obtenção de assentimento prévio do Ministério da Marinha, do prefeito municipal (área urbana), e das autoridades a que estiverem jurisdicionadas à faixa de domínio das fortificações, das estradas de ferro e das rodovias, conforme previa o Art. 22, Inciso V do C.M. de 1967.

- O titular da autorização responde, com exclusividade, pelos danos causados a terceiros, direta ou indiretamente decorrentes dos trabalhos de pesquisa (Art. 22, IV do C.M.).

Alvará de pesquisa

É um documento que o titular do requerimento de pesquisa obtém quando são atendidos todos os requisitos legais e regulamentares e é outorgado por Alvará do Diretor Geral do DNPM, gerando direitos e obrigações para seu titular, em relação ao Poder Público e a terceiros.

Direitos conferidos pelo alvará

- O título de autorização de pesquisa (alvará) poderá ser objeto de cessão ou transferência que terá validade somente depois de devidamente averbado no DNPM (Art. 22, Inciso I do C.M.).

- O titular de autorização de pesquisa poderá renunciar ao título, sem prejuízo do cumprimento das obrigações decorrentes do Código; excepcionalmente, poderá ser dispensada a apresentação do relatório de pesquisa, conforme critérios a serem fixados em Portaria do Diretor Geral do DNPM (Art. 22, Inciso II e V do C.M.).

Obrigações decorrentes do alvará

- Pagamento da taxa anual por hectare (Art. 20, Inciso II, do C.M.), acabou a isenção de 1.000 hectares e o valor máximo será de 2 UFIR por hectare e a regulamentação desse pagamento será feita por portaria do Ministro das Minas e Energia. O não pagamento da taxa anual por hectare ensejará aplicação de multa (1.000 UFIR) e somente após a imposição da multa, a nulidade ex-offício do alvará de pesquisa (Art. 20, § 3, Inciso I).

Outras normas

- O que deve conter no alvará de pesquisa fica a critério do DNPM, uma vez que o Art. 21 do C.M. foi revogado, não precisando conter a denominação do imóvel.

- Não haverá mais a comunicação ao DNPM da desistência de pelo menos 50% do total originalmente titulado, da área em causa, para o terceiro ano de vigência do alvará quando o titular detiver mais de 50.000ha.

- Será de responsabilidade do DNPM a publicação no D.O.U. do alvará de pesquisa e da concessão de lavra (Art. 93 do C.M.).

- O prazo de validade de autorização não será inferior a um ano nem superior a três anos, a critério do DNPM, consideradas as características especiais da situação da área e da pesquisa mineral (Art. 22, Inciso III do C.M.).

- A prorrogação do prazo do alvará de pesquisa independe da expedição de novo alvará, contando-se o prazo de prorrogação, a partir da data da publicação no D.O.U., do despacho que deferir a prorrogação, não havendo pagamento de emolumentos para a prorrogação do prazo (Art. 2, Inciso III, Alínea C do C.M.).

- A retificação do alvará de pesquisa, a ser efetivada mediante despacho publicado no D.O.U., não acarreta modificação no prazo original, salvo se, a juízo do DNPM, houver alteração significativa no polígono delimitador da área (Art. 24 do C.M.).

- A área desonerada por publicação de despacho no D.O.U. ficará disponível pelo prazo de sessenta dias, para fins de pesquisa ou lavra, conforme dispuser portaria do Ministro de Estado de Minas e Energia.

- No fim do prazo de 60 dias e desde que não tenha havido pretendente, a área estará livre para novos requerimentos (art. 26 do C.M.); anteriormente, a área ficava livre no 30º dia após a publicação no D.O.U. do despacho indeferitório.

Relatório final de pesquisa

Este é o documento final que o titular da autorização da deve submeter à aprovação pelo DNPM, dentro dos prazos de vigência ou renovação do alvará, na forma de um relatório circunstanciado dos trabalhos, contendo os estudos quantitativos geológicos e tecnológicos da jazida e demonstrativo da exequibilidade econômica da lavra, elaborado sob a responsabilidade técnica de um profissional legalmente habilitado (Art. 22, Inciso V do C.M.) – Figuras 1 e 2; Quadro 1.

- A não apresentação do Relatório Final sujeita o titular a sanção de multa, calculada à razão de uma UFIR por hectare da área outorgada para pesquisa, existindo ainda a penalidade de ser vetada a autorização de novas pesquisas ao titular faltoso.

- Os estudos contidos no Relatório Final concluirão pela exequibilidade da lavra, inexistência, de jazida ou inexecuibilidade “temporária” da lavra face a ausência de tecnologia adequada ao aproveitamento da substância mineral ou à falta de mercado interno ou externo (Art. 23, Inciso I a III do C.M.).

- Foi criada situação de sobrestamento da decisão sobre o relatório de pesquisa (permanecem as situações de aprovação, não aprovação e arquivamento) no caso da inexecuibilidade “temporária” da lavra (Art. 30, Inciso IV, do C.M.).

- O DNPM fixará prazo para que o interessado apresente novo estudo de exequibilidade da lavra, (sob pena de arquivamento do relatório), o qual poderá ser sucessivamente renovado ou a área ser colocada em disponibilidade caso o DNPM entenda que terceiro poderá viabilizar a eventual lavra (Art. 30, Parágrafos 1º e 2º do C.M.).

- O titular, uma vez aprovado o Relatório, terá um ano para requerer a concessão de lavra e, dentro deste prazo, poderá negociar seu direito a essa concessão na forma deste Código (Art. 31, do C.M.).

Concessão de Lavra

A lavra é entendida como o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver até o beneficiamento das mesmas (Art. 36 do C.M.).

As empresas, para requererem concessão de lavra, não precisam estar autorizadas a funcionar como empresa de mineração. Quanto à documentação prevista no Art. 38, a modificação ocorrida refere-se apenas à não obrigatoriedade de ser empresa de mineração, ou seja, terá de apresentar entre outros, a planta de detalhe e atestado de capacidade financeira (os quais não são necessários na fase de pesquisa).

- Se o requerente deixar de atender, no prazo próprio, as exigências formuladas para melhor instrução do processo, o pedido será indeferido, devendo o DNPM declarar a disponibilidade da área para fins de requerimento de concessão de lavra, na forma do Art. 32 do C.M. Anteriormente não existia esse dispositivo legal.

- A taxa de emolumentos referentes à Imissão de Posse da jazida corresponde a 500 UFIR (R\$ 442,35) (Art. 44, parágrafo único do C.M.). Não é mais necessária a publicação no edital no D.O.U. para fixar a data da Imissão de Posse da Jazida.

Pedido de concessão de lavra

O requerimento de autorização de lavra será dirigido ao Ministro das Minas e Energia, pelo titular da autorização de pesquisa ou seu sucessor, e deverá ser instruído com os seguintes elementos de informação e prova (Art. 38, do C.M.):

- A área pretendida para a lavra deve estar limitada à área de pesquisa.

- A jazida objeto da lavra pretendida deve estar pesquisada, ter seu Relatório Final de pesquisa aprovado, ou estar em disponibilidade para lavra, conforme declaração do DNPM.

- Apresentação do plano de aproveitamento da jazida, de responsabilidade de engenheiro de minas legalmente habilitado, do cronograma de implantação do projeto de mineração, de plantas aéreas, e dos demais elementos de informação e prova exigida pelo Código de Mineração.

- Obtenção do prévio Licenciamento Ambiental, emitido pelo órgão ambiental competente.

- Comprovação da existência de recursos próprios ou de financiamento para os investimentos previstos na implantação e operação da mina.

Portaria de lavra

A concessão de lavra é outorgada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, uma vez satisfeitas todas as exigências legais e regulamentares, a qual confere à empresa detentora do título os seguintes direitos e obrigações básicas:

- Lavrar a jazida até a sua completa exaustão, em conformidade com o plano aprovado pelo DNPM e o licenciamento ambiental concedido pelo órgão competente, dispondo, sem qualquer ônus especial a não ser os tributos gerais, dos produtos da lavra.

- Transferir o título-pessoal e dotado de valor patrimonial a outra empresa de mineração, pelo valor de mercado, ou onerá-lo, necessitando apenas da prévia anuência do Governo Federal.

- Ter a proteção da Administração Pública contra qualquer ato que resulte em interrupção dos trabalhos de lavra a menos que infringida a lei, ou que interesse público superveniente supere o da utilidade da exploração mineral. Neste último caso, o titular da concessão de lavra deve ser indenizado pelo Estado, conforme a lei.

As principais obrigações da concessão de lavra estão abaixo alegadas:

- Iniciar os trabalhos previstos no plano de lavra, dentro do prazo de 6 meses, contados a partir da publicação da Portaria no Diário Oficial da União, salvo motivo de força maior a juízo do DNPM (Art. 47, Inciso I do C.M.).

- Não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao DNPM (Art. 47, Inciso XIV do C.M.).

- Lavrar a jazida de acordo com o plano de lavra aprovado pelo DNPM e manter a segunda via, devidamente autenticada, no local da mina (Art. 47, Inciso II do C.M.).

- Confiar a direção dos trabalhos de lavra a técnico legalmente habilitado para o exercício da profissão (Art. 47, Inciso VI do C.M.).

- Desenvolver a atividade de mineração de acordo com as normas de proteção ambiental estabelecidas no Licenciamento Ambiental (Art. 47, Inciso V, do C.M.).

- Não dificultar ou impossibilitar, por lavra ambiciosa, o aproveitamento ulterior da jazida (Art. 47, Inciso VII do C.M.).

- Extrair somente as substâncias minerais indicadas no Decreto de Concessão (Art. 47, Inciso III do C.M.).

- Comunicar imediatamente ao DNPM o descobrimento de qualquer outra substância mineral não incluída no decreto da concessão (Art. 47, Inciso IV, do C.M.).

- Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local, e evitar extravio das águas, assim como drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos (Art. 47, Incisos IX e X do C.M.).

- Evitar poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração (Art. 47, Inciso XI do C.M.).

- Proteger e conservar as fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos, quando se tratar de lavra de jazida de água mineral (Art. 47, Inciso XII do C.M.).

- Tomar as providências indicadas pela fiscalização dos órgãos federais (Art. 47, Inciso XIII do C.M.).

- Requerer ao DNPM e tomar posse da jazida no prazo ditado pelo Código (Art. 44 do C.M.).

- Responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra (Art. 44, inciso VIII do C.M.).

- Pagar a participação do proprietário do solo nos resultados da lavra, segundo valores e condições estipulados em lei.

- Apresentar ao DNPM até o dia 15 de março de cada ano, relatório das atividades realizadas no ano anterior (Art. 47, Inciso XVI do C.M.).

- Recuperar a área lavrada de acordo com o Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) aprovado pelo órgão ambiental competente.

- Os trabalhos de lavra, uma vez iniciados, não poderão ser interrompidos por mais de 6 meses consecutivos, salvo motivo comprovado de força maior (Art. 49 do C.M.).

- Solicitar aditamento ao título de lavra de qualquer substâncias mineral descoberta na mina, não incluindo no título, e passível de aproveitamento econômico.

Caducidade e revogação da portaria de lavra

A caducidade da concessão de lavra é aplicada tão somente em quatro situações de extrema gravidade, e após conclusão do processo administrativo instaurado pelo DNPM.

- Caracterização comprovada de abandono ou suspensão definitiva dos trabalhos de lavra.

- Quando as concessionárias, apesar das sanções de advertência ou multa, prosseguir no descumprimento dos prazos de início e reinício dos trabalhos de lavra.

- Quando a concessionária, após multada por mais de duas vezes no intervalo de um ano, continuar a descumprir as determinações da fiscalização.

- Prática de lavra ambiciosa ou de extração de substância mineral não compreendida na Portaria de Lavra, independente de advertência ou multa.

- A revogação da concessão de lavra é declarada quando se constar a ocorrência de reservas de minerais nucleares com valor econômico, a juízo do Governo Federal, superior ao valor econômico da substância mineral objeto do título de lavra. É assegurada ao concessionário a justa indenização do investimento por ele realizado.

Minas manifestadas

A Constituição promulgada em 1934 estatui o conceito básico de separação do proprietário do solo da do subsolo, para aproveitamento econômico dos recursos minerais do País, que passaram a ser de domínio federal. A própria Constituição reconheceu, entretanto, o direito adquirido dos proprietários das jazidas em lavra, ainda que transitórias suspensas, desde que manifestadas e registradas no DNPM, dentro do prazo e na forma estabelecida por lei intraconstitucional (Código de Minas de 1934).

Os direitos minerários das minas manifestadas continuam em pleno vigor, estando seus titulares sujeitos às mesmas condições e obrigações estabelecidas pelo Código de Mineração, e seu regulamento para as minas concedidas

(Regime de Concessão de Lavra), relativamente a lavra, tributação e fiscalização.

Grupamento minério e consórcio de mineração

Ainda dentro do Regime de Concessão, cabe destacar a existência de duas importantes figuras jurídicas com o objetivo de permitir maior racionalidade econômica e melhor produtividade aos trabalhos de lavra. São elas:

- ✓ Grupamento Mineiro e Consórcio de Mineração
- ✓ Grupamento Mineiro

Por autorização do DNPM, várias concessões de lavra de um mesmo titular e da mesma substância mineral, em área de um mesmo jazimento ou zona mineralizada, podem ser reunidas em uma só unidade mineira sob a denominação de "Grupamento Mineiro".

O concessionário do Grupamento Mineiro, a juízo do DNPM, pode concentrar as atividades de lavra em uma ou algumas das concessões agrupadas, desde que a intensidade da lavra seja compatível com a importância da reserva total agrupada.

O concessionário do Grupamento Mineiro sujeita-se às mesmas obrigações e penalidades estabelecidas na legislação minerária para as concessões da lavra em geral.

Consórcio de mineração

É uma entidade jurídica constituída por titulares de concessão de lavra próximas ou vizinhas, abertas ou situadas sobre um mesmo jazimento ou zona mineralizada, com o objetivo de incrementar a produtividade da extração.

A constituição do Consórcio de Mineração depende de autorização expressa do Ministro de Minas e Energia, após análise e parecer conclusivo do DNPM dos elementos de prova e informação exigidas pela legislação minerária. O consórcio autorizado fica sujeito ao cumprimento das condições e obrigações fixadas no caderno de encargos, parte integrante da autorização ministerial.

Participação do proprietário do solo nos resultados da lavra

A participação nos resultados da lavra é garantida ao proprietário do solo pela Constituição e equivale a 50% do valor total devido aos estados, Distrito Federal, municípios e órgãos da administração direta do Governo Federal, a título de compensação financeira pela exploração de recursos minerais. O pagamento do proprietário do solo é efetuado mensalmente até o último dia útil do mês subsequente ao do fato gerador, ou seja, o momento do faturamento.

INCENTIVOS FISCAIS, FONTES DE FINANCIAMENTO E TRIBUTAÇÃO

- Agências regionais de desenvolvimento – BN e SUDENE

O Banco do Nordeste S.A. (BN) é responsável pela administração dos recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE, criado pela Lei nº 7.827/89, que regulamentou o Art. 159, Inciso I, Alínea “C” da Constituição Federal que prioriza investimentos localizados no Semi-árido do Nordeste, oferecendo tratamento preferencial às micro e pequenas empresas. As condições de financiamento para os projetos de rochas ornamentais voltados à extração de blocos ofereciam em áreas de concessão, prazos de até 9 anos, com 3 anos de carência, juros de 8% ao ano mais Taxa Referencial – TR. Em sua grande maioria, os projetos foram financiados pelo Banco do Nordeste no prazo de 8 anos, sendo de 3 anos o período de carência e de 5 anos para amortização do principal.

A aplicação desses recursos iniciou-se logo após a promulgação da lei, tendo como consequência uma ampliação da produção e de geração de novos empregos.

Os recursos disponíveis para o FNE correspondem a 1,8% da arrecadação líquida do Imposto de Renda e do IPI.

O Banco do Nordeste, obedecerá criteriosamente a uma série de diretrizes e princípios para aplicação desses recursos. São eles:

- Aplicação de, pelo menos, a metade dos recursos no Semi-árido.
- Aplicação exclusiva no setor produtivo privado.
- Tratamento preferencial às atividades de mini e pequenos produtores rurais, às desenvolvidas por micro e pequenas empresas, às que produzem alimentos básicos e aos projetos de irrigação.
- Preservação do meio ambiente.
- Ação integrada com instituições federais sediadas nas regiões.
- Conjugação do crédito com assistência técnica.
- Adequada política de garantias, e encargos compatíveis com a preservação do Fundo e sua função econômico-social.
- Ação diferenciada em relação a outras instituições de créditos e não concorrência por outras fontes de recursos.
- Apoio à criação de novos centros de atividade e polos dinâmicos, notadamente em áreas interioranas que estimulam a redução de disparidade intra-regionais de renda.
- Adoção de mecanismo de avaliação quanto a obtenção dos resultados programados.
- Proibição de aplicação de recursos a fundo perdido.

O objetivo deste programa na área mineral é o de promover o desenvolvimento do setor mineral no

Nordeste, gerando novos empregos e aumentando a riqueza na região.

Os beneficiários subdividem-se conforme as linhas de créditos abaixo discriminadas:

- Linhas de apoio à lavra e beneficiamento em regime de permissão.
- Linha de apoio à lavra e beneficiamento em regime de concessão e licenciamento.
- Linha de apoio à pesquisa mineral.

A SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, dentro do princípio do desenvolvimento da região Nordeste, promovem financiamentos beneficiando as empresas que ali se instalaram e se mantiveram.

A principal fonte de financiamento, o FINOR – Fundo de Investimento do Nordeste, é um instrumento financeiro e, como tal, deve-se colocar a serviço dos objetivos maiores que indicarão as melhores oportunidades para futuros investimentos compatíveis com as potencialidades, vocações e vantagens locais do Nordeste.

Incentivos fiscais

Os incentivos fiscais federais estão relacionados a isenção ou redução de impostos incidentes sobre o lucro ou resultados adicionais gerados na região, e são concedidos nos casos de:

A isenção do imposto de renda se aplica a empreendimentos novos, ou seja, às empresas que se instalaram até 31 de dezembro de 2000, nas áreas de atuação da SUDENE e SUDAM, por um período de 10 anos a começar no primeiro exercício financeiro fiscal após o início da fase operacional, para incentivar a realização de: (a) projetos industriais ou agrícolas; (b) projetos de modernização, ampliação ou diversificação das empresas.

A redução de 50% do imposto de renda e adicionais não-restituíveis será dada às empresas que mantiveram empreendimentos industriais ou agrícolas em operações nas áreas da SUDENE ou SUDAM até o ano fiscal de 2001.

O imposto de renda que deixar de ser pago em razão dos incentivos fiscais constituirá reserva de capital a ser empregado no próprio projeto, não podendo ser distribuído aos acionistas.

Os incentivos fiscais estaduais está relacionado ao ICMS, ou seja, a empresa que se instalar em seus territórios terá uma redução na base de cálculo do tributo ou deferimento do seu recolhimento. Uma outra modalidade utilizada por alguns estados é a de converter o imposto a ser recolhido pela empresa em financiamento a taxas preferenciais. Com o objetivo de estimular o comércio exterior e o desenvolvimento dos Estados, eles costumam adotar políticas de isenção ou redução do ICMS.

Fontes de financiamentos

Além das fontes relativas ao FNE pelo Banco do Nordeste e FINOR pela SUDENE, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES é a principal instituição com linhas de financiamento a longo prazo no Brasil.

As linhas de crédito do BNDES, através do Financiamento Industrial (FINAME), estão disponíveis para as empresas de mineração de controle nacional ou estrangeiros.

No empreendimento mineiro são financiáveis os seguintes itens: construção, materiais e instalações, aquisição de máquinas e equipamentos novos, gastos com infra-estrutura econômica e social, estudos, consultorias e projetos, pesquisa geológica, desenvolvimento de produtos e processos, educação e treinamento gerencial, e de mão-de-obra, capital de giro associado aos investimentos fixos e recomposição do giro operacional, despesas pré-operacionais.

Incentivos à exportação

Até pouco tempo, o ICMS era gravado sobre as exportações. Nas operações internas, o ICMS é incluído no preço e transferido para o consumidor final mas, nas exportações, as possibilidades de repasse são mínimas. Nesse caso os exportadores assumem o ônus do tributo, reduzindo a atratividade do negócio como também o seu grau de competitividade quando comparado com a mesma atividade noutros países onde, em geral, as exportações ficam isentas de tributos dessa natureza.

A extinção do IUM na tributação de matérias-primas minerais e a vigência do ICMS como forma de tributação no setor, determinar inicialmente uma redução de impacto da incidência do ICMS sobre as exportações, via redução de 70% na base de cálculo facultada pelo Convênio ICM nº 7/89.

A Lei Complementar nº 87/96, popularizada como a Lei Kandir, excluía de qualquer tributação as exportações ao mesmo tempo em que criava mecanismo de compensação favorecendo os estados exportadores pela decorrente perda da receita tributária.

Com relação ao IPI, tornou-se matéria constitucional a criação de um fundo compensatório, gerado a partir da alocação de 10% do valor total do IPI arrecadado, visando sua distribuição entre os estados exportadores, condicionando que nenhum Estado beneficiário poderá receber compensação que excede a 20% do valor alocado a esse fundo.

Tributação incidente no setor

Sobre as operações relativas a mineração, incidirão os seguintes tributos:

- Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ).
- Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre prestação de serviço de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação (ICMS).

- Imposto de Renda retido na Fonte sobre juros e royalties.
- Imposto de Importação
- Contribuição social sobre lucro (CSL).
- Programa de Integração Social (PIS)
- Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS)
- INSS
- FGTS
- Compensação Financeira sobre a Exploração de Recursos Minerais (CFEM).

O Imposto de Renda Pessoa Jurídica é um imposto federal, pago mensalmente e incide sobre o lucro líquido tributável, conforme instruções normativas da Secretaria da Receita Federal (SRF). O lucro líquido tributável das empresas está sujeito ao pagamento do IRPJ com base na alíquota de 15% é de um imposto adicional de 10% sobre o que excede a R\$ 240 mil do lucro líquido.

É facultado às empresas de mineração, com faturamento anual inferior a R\$ 12 milhões, a opção de pagar o IRPJ sobre o lucro presumido ou sobre o lucro líquido tributável apurado normalmente.

O Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestação de Serviço de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) é um tributo não cumulativo administrado pelo Estado e é devido em todas as etapas de venda do produto, na cadeia que vai do produtor ao consumidor final. Estão sujeitos a incidência do ICMS todos os bens minerais produzidos no País ou procedentes do exterior, com alíquotas que variam de Estado a Estado, de acordo com o interesse do Governo local, respeitando, porém o limite máximo, válido para todos os estados.

As seguintes alíquotas máximas praticadas são as seguintes: interestadual, 18%; interestadual-contribuinte, 12%; interestadual-consumidor final, 18%; exportação, 13%; importação, 18%.

O Imposto de Renda Retido na fonte sobre juros e royalties é calculado à base de 15% do Imposto de Renda Retido na Fonte (IRRF) ou a uma alíquota menor, em função da existência de tratado entre o Brasil e o país do recebedor.

O Imposto de Importação (II) é o tributo federal incidente sobre o valor FOB dos produtos pelo país, sejam eles primários, semi-manufaturados ou manufaturados. Os bens minerais primários têm uma alíquota aplicável para quase totalidade deles é hoje praticamente zero, e os produtos proveniente do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), tem tratamento tarifário preferencial.

A Contribuição Social sobre o lucro é devido ao Governo Federal e incide sobre o lucro líquido ajustado, antes do Imposto de Renda, em conformidade com a legislação em vigor. A alíquota nominal é de 8% e a efetiva de 7,407%, uma vez que seu valor é deduzido do cálculo do imposto de renda.

O Programa de Integração Social (PIS) foi criado pela Lei Complementar nº 7 de 1970, com o objetivo de promover a integração dos trabalhadores

na vida e no desenvolvimento das empresas. A alíquota desta contribuição mensal é de 0,65% e incide sobre a receita operacional bruta, isto é, a soma das receitas que resultam no lucro operacional, acrescidas das receitas financeiras e variações monetárias, não incidindo este encargo nas exportações.

A Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) é uma contribuição que incide sobre o faturamento mensal com uma alíquota de 2% e tem por finalidade custear investimentos na área assistencial.

A Contribuição para o Instituto Nacional de Seguridade Social é feita pelas empresas na base de 20% sobre a folha de pagamento.

A Contribuição para o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) é feita pelas empresas e corresponde a 8% dos vencimentos pagos ou devidos aos empregados.

A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) foi estabelecida pela constituição de 1988, é devida aos Estados ao Distrito Federal, aos Municípios e a órgãos da administração direta da União, como contra-prestação pela utilização econômica de recursos minerais de seus respectivos territórios. A alíquota é de até 3%, variando de acordo com o bem mineral e tem como base de cálculo o faturamento líquido da venda do produto mineral, entendido como o total das vendas menos os tributos incidentes sobre a comercialização, as despesas de transporte e de seguros.

CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

A Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, tendo instituído o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA.

Constituição Federal

Art. 225 da CF - todos tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presente e futura gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

Inciso IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra, ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade.

Inciso V - controlar a produção, a comercialização, e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

§ 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente

degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

Legislação ambiental infraconstitucional

As principais normas ambientais ligadas a mineração estão abaixo descritas composta por leis, decretos, resoluções e portarias:

- Lei nº 6938, de 31.08.1981, DOU de 02.09.1981, que dispõe sobre a política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e da outras providências;

- Lei nº 7804, de 18.07.1989, DOU de 27.07.1989, altera a Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, a Lei nº 6902, de 21 de abril de 1987 e da outras providências.

- Decreto nº 97.632, de 10.04.1989, publicado no DOU de 12.04.1989, estabelece instruções sobre o EIA e o RIMA, no caso de empreendimentos que se destinem à exploração de recursos minerais;

- Decreto nº 99.274, de 06.06.1990 - DOU e 07.06.1990, regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e da outras providências;

- Resolução do CONAMA 001, de 23.01.1986 no DOU de 17.02.1986, estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e diretrizes gerais, para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente;

- Resolução do CONAMA 008, de 03.12.1987 - D.O.U de 28.12.1990, disciplina a RESOLUÇÃO/CONAMA nº 001/86 no que concerne à Audiência Pública sobre o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.

- Resolução do CONAMA 009, de 06.12.1990, no D.O.U de 28.12.1990, estabelece instruções sobre a necessidade de Licença Ambiental para extração de substâncias minerais através da guia de utilização.

- Resolução do CONAMA 010, de 06.12.1990, no D.O.U de 28.12.1990, estabelece instruções sobre a necessidade de Licença Ambiental para extração de substâncias minerais através do Regime de Licenciamento.

- Resolução do CONAMA 013 de 06.12.1990 no D.O.U. de 28.12.1990, estabelece instruções sobre a necessidade e Licença Ambiental que possam afetar a biota da Unidade de Conservação.

- Resolução do CONAMA 03 de 22.08.1991 no D.O.U. de 20.09.1991, cria a Câmara Técnica Permanente para Assessorar o plenário do CONAMA referente à Mineração e ao Garimpo.

- Portaria do IBAMA nº 887, de 15.06.1990 no D.O.U. de 20.06.1990, estabelece instruções sobre a realização de diagnóstico da situação do patrimônio espeleológico nacional, através de levantamento e análise de dados, identificando as suas críticas e definindo ações e instrumentos necessários para a sua devida proteção e uso adequado.

Estudo de Impacto Ambiental de Atividade de mineração e licenciamento ambiental

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é obrigatório nos empreendimentos das substâncias minerais, com exceção das de emprego imediato na construção civil na fase posterior a aprovação do Relatório Final de Pesquisa e tem que ser elaborado por técnicos habilitados e estar consubstanciado no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), o qual é submetido ao órgão do meio ambiente competente para análise e aprovação (Figura 2 e Tabela 1).

A aprovação do EIA/RIMA é o requisito básico para que a empresa de mineração pleitear o Licenciamento Ambiental.

A obtenção do Licenciamento Ambiental (LA) é obrigatória para a localização, instalação ou ampliação e operação de qualquer atividade de mineração objeto do regime de concessão de lavra ou licenciamento.

Para a obtenção do Licenciamento Ambiental é necessário obter as seguintes licenças ambientais que serão expedidas pelos órgãos estaduais e municipais:

Licença Prévia (LP) – exigida na fase inicial de planejamento do empreendimento mineiro sendo necessário que atenda aos requisitos básicos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo.

O Plano de Aproveitamento Econômico da Jazida (PAE), o Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD) e o EIA/RIMA são documentos necessários para obtenção da Licença Prévia (LP).

Licença de Instalação (LI) – é a autorização do início da implantação do empreendimento mineiro, de acordo com as especificações constantes do Plano de Controle Ambiental aprovado.

Licença de Operação (LO) – é a autorização após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos e instalações de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalações.

Como as indústrias de rochas são pouco agressivas em termos ambientais, os blocos são lavrados e sempre produzem uma quantidade significativa de rejeitos, produzindo assim uma poluição visual. Se a lavra situa-se próximo das áreas urbanas pode haver alguma poluição sonora e acúmulo da poeira.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A Constituição Federal definiu no Art. 20 como propriedade da União os recursos minerais, inclusive os do subsolo, e instituindo no Art. 176 que as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais são propriedades distintas das do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento garantindo ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

O Art. 225 da Constituição Federal constitui-se no dispositivo constitucional que disciplina a

interfase entre a atividade produtiva e os aspectos relacionados à prevenção, controle e recuperação do meio ambiente.

O Código de Mineração, com sua versão atualizada até 18.11.96 em conformidade com as alterações ditadas pela lei nº 9.314, de 14 de novembro de 1996, publicado no D.O.U. de 18.11.96 e com validade a partir de 17 de janeiro de 1997, constitui-se no documento básico para a análise das demandas dentro de um processo mineral, desde o requerimento de autorização de pesquisa até a concessão da Portaria de Lavra.

O atual código de mineração, sem dúvida tornou-se mais moderno, eliminando nada menos de 28 de seus artigos e revogando cinco, além de uma série de papéis e exigências.

A sanção relativa ao não pagamento da taxa anual por hectare no prazo previsto no valor de 1.000 UFIR's de acordo com o previsto no Art. 20, § 3, Inciso II, Alínea do C.M., é abusiva e incompatível com o plano real em vigência, ou seja, a multa cobrada por atraso em outras atividades constitui-se numa verdadeira extorsão por parte do estado ao bolso do empresário da mineração.

O disposto no Artigo 41, Parágrafo 4º, que trata de uma inovação do novo Código, penaliza o requerente, com o indeferimento do pedido de concessão da lavra, que deixar de atender as exigências formuladas, dentro do prazo previsto. Esta cláusula constitui um retrocesso, uma vez o minerador é brutalmente penalizado após já ter investido grandes somas de recursos financeiros, pela simples perda de um prazo muitas vezes por culpa do próprio órgão governamental.

As instituições governamentais cumprem de maneira satisfatória o seu papel no setor mineral, tanto o DNPM, na sua missão de coordenação e formulação da política mineral brasileira, quanto a CPRM no seu programa de mapeamento geológico de todos os estados da federação, apontando áreas favoráveis à pesquisa de rochas ornamentais.

As companhias remanescentes de mineração CBPM, METAMIG e METAGO, responsáveis nos estados da Bahia, Minas Gerais e Goiás, são sem dúvida responsáveis pelas primeiras colocações entre os estados brasileiros na produção de blocos de rochas ornamentais.

A maioria das empresas do setor mineral não tem capacitação técnico-financeira para administrar as diversidades, nível de especialização, frequência de atualizações e a complexidade das normas jurídicas que dão acesso aos incentivos disponíveis ao minerador, ficando esses recursos concentrados nas grandes empresas de mineração.

O setor de rochas ornamentais no Brasil possui uma extensa variedade, com grande potencial de comercialização, sendo que o segmento mais representativo é a parte de extração de blocos. Contudo este, sofreu uma grande redução pela deficiência de informações básicas tais como:

pesquisa geológica básica na caracterização dos depósitos e quantificação de reservas, informações técnicas na abertura das frentes de lavras, otimização da produção e conhecimento do mercado interno e externo.

Os investimentos na fase de lavra são muito elevados, tendo em vista a mobilização dos equipamentos visando a qualidade dos blocos extraídos e a diminuição da perda ou recuperação.

Os projetos financiados pelo Banco do Nordeste com recursos do FNE foram afetados com a mudança da TR para TJLP, inflacionando o custo total dos financiamentos fora da previsão inicial do projeto.

A indústria extrativa e de transformação mineral exige elevados investimentos e longos prazos de maturação.

A elevada taxa de juros, combinada com uma retração no mercado, provocou descapitalização das empresas e insuficiência de capital de giro.

As Guias de Utilização são largamente utilizadas pelas empresas antes da concessão de lavra, possibilitando na fase de pesquisa mineral ensaios tecnológicos de caracterização e beneficiamento que adequam o produto às exigências do mercado.

A Lei Complementar nº 87/96, exclui de qualquer tributação as exportações de uma maneira geral, sendo um grande incentivo para as empresas de rochas ornamentais.

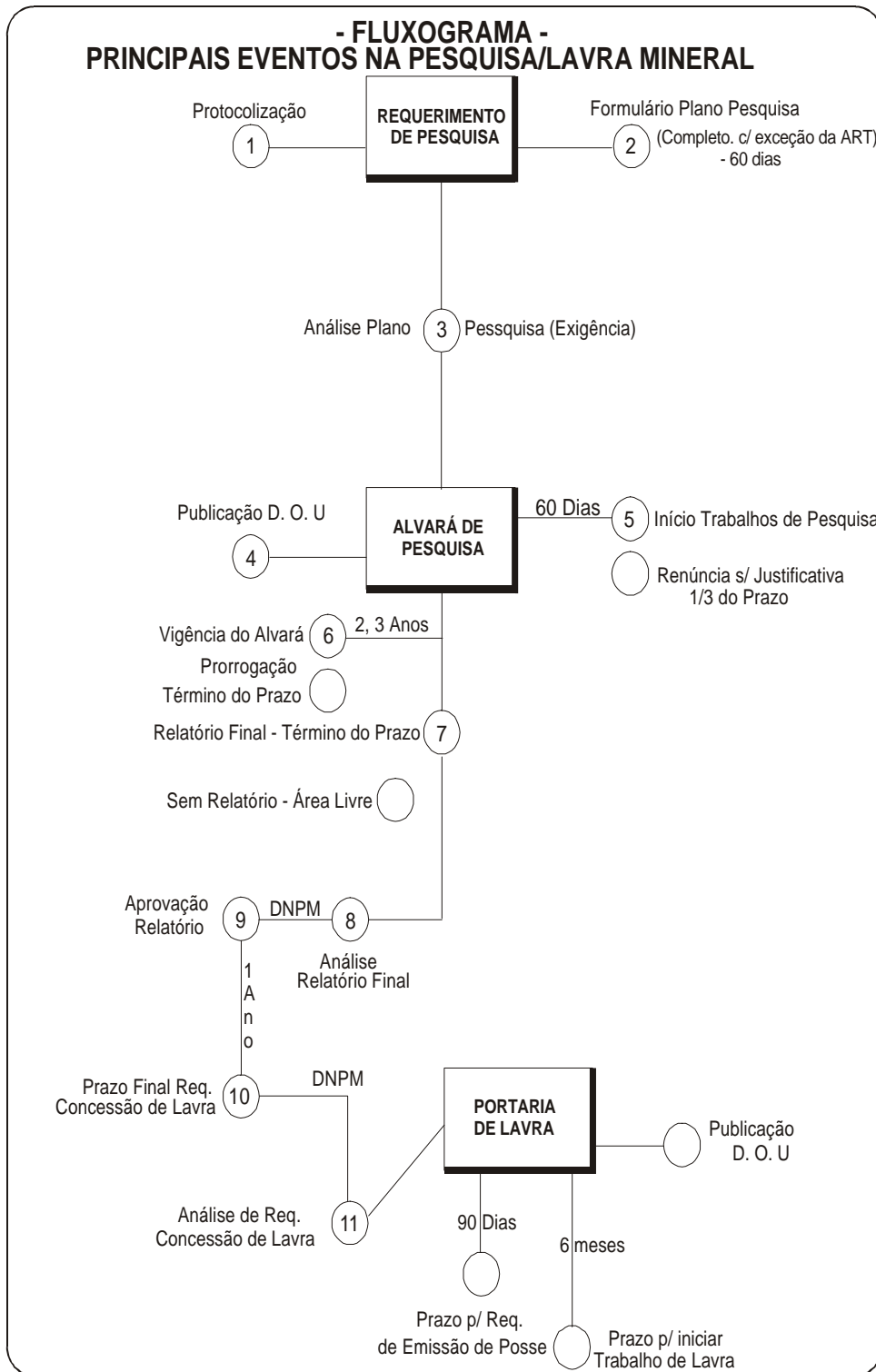
Embora tenha havido erro na concepção dos projetos no setor de rochas ornamentais, aliado à falta de experiência na parte gerencial e do conhecimento tecnológico, esse setor tem uma vocação natural no Semi-árido nordestino.

O prazo dado pelo DNPM para apresentação do Plano de Controle Ambiental é de 180 dias, que é considerado muito curto, principalmente quando não existe previsão de indeferimento no Código de Mineração se este documento não for submetido.

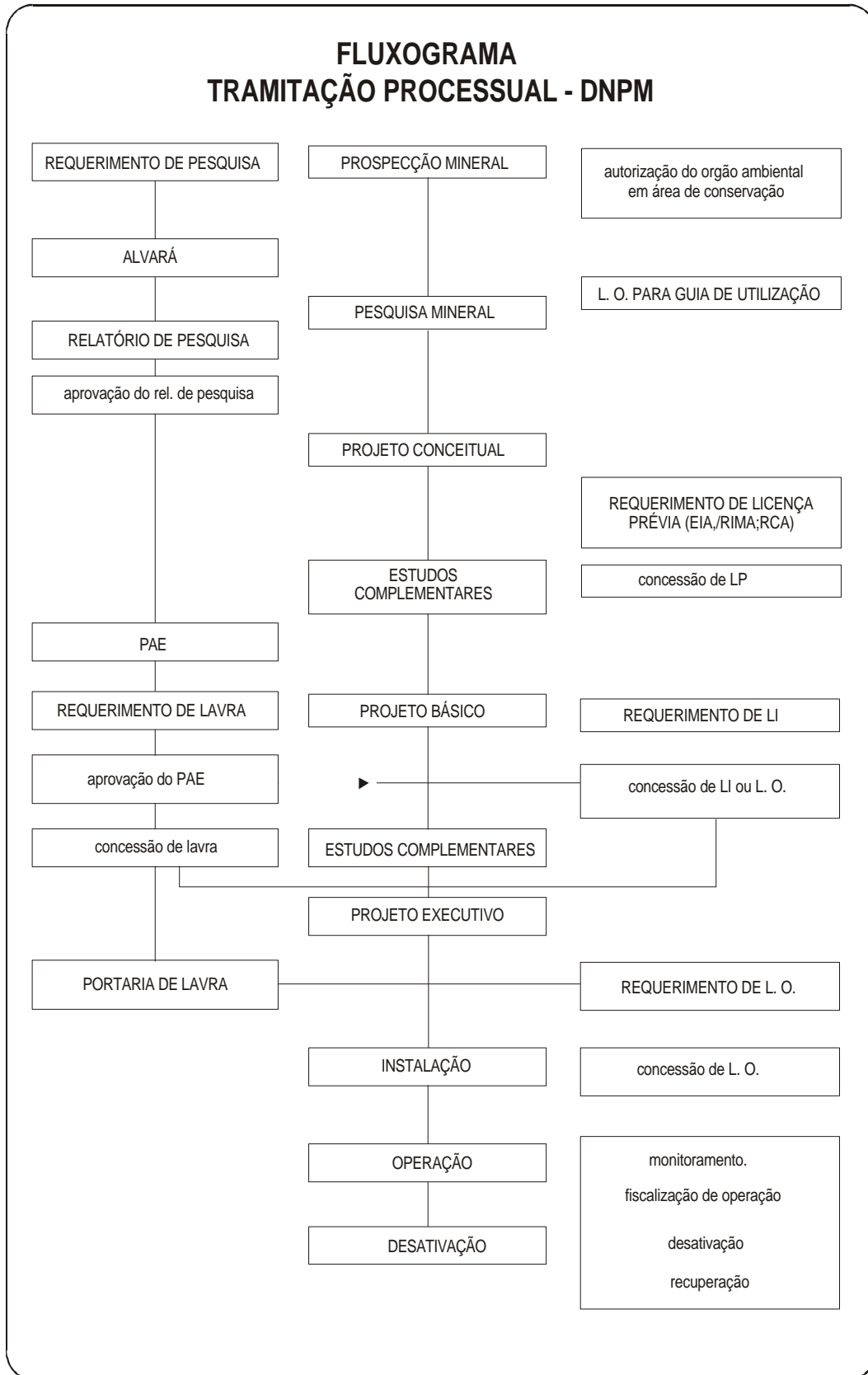
Por último, cabe observar que a volumosa legislação existente nas três esferas de governo torna-se bastante onerosa para o empreendedor, no que tange ao seu cumprimento, dada a existência de etapas muitas vezes redundantes. A simplificação do sistema tributário e fiscal que, se espera, seja efetivada com o processo de reformas em andamento no País virá, sem dúvida, simplificar o arcabouço jurídico, contribuindo para reduzir o nível de evasão e aumentar a eficiência arrecadatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Fundo constitucional de financiamento do Nordeste**. Fortaleza: BNB, 1991. 37 p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Cadastro geral das minas brasileiras**. Brasília: DNPM, 1992, 632 p.
- _____. **Código de mineração e legislação correlativa**. Brasília: DNPM, 1982. 292 p.
- _____. **Mineração no Brasil: informações básicas para o investidor**. Brasília: DNPM, 1996. 85 p.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa**. 8. ed. São Paulo: ATLAS, 1996. 232 p.
- FREIRE, W. **Comentários ao código de mineração**. Rio de Janeiro: Aidi, 1996, 294 p.
- _____. Repertório de doutrina, jurisprudência e legislação **Revista de Direito Minerário**, Belo Horizonte, v. 1, n.1, jul. 1997. 242 p.
- PINTO, U. R. **Consolidação da legislação mineral e ambiental**, 4. ed. atual e ver. Brasília: s. n., 1997.
- REVISTA ROCHAS DE QUALIDADE. São Paulo: DNPM, n. 146, jun. 1999.
- CEARÁ. Secretaria da Ciência e Tecnologia. Fortaleza: SECITECE, 1998. 5 p.
- SUDENE. **Incentivos fiscais do nordeste, avaliação e sugestões do aprimoramento**. Recife: SUDENE, 1990. 101 p.
- VALE, E. **Aspectos legais e institucionais do setor de rochas ornamentais**. Fortaleza: IEL, 1977. v. 1. 112 p.



FONTE: DNPM - FIGURA 1



FONTE: DNPM - FIGURA 2

Tabela 1 – Seqüência obtenção concessão de lavra.

Legal	Código de Mineração
Título	Alvará
Inscrição no Livro de Registro	Feito pelo DNPM
Prazo	3 ou 2 anos
Prorrogação	Prevista por até 3 anos
Sistema de Análise nas Diversas fases Processuais	<p>Tca</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análise de prioridade no • Análise de plano de pesquisa • Publicação do Alvará • Pedido de Guia de Utilização <p>(Final de três anos) Vistoria realizada por Técnico do DNPM</p> <p>Reembolso de taxa de vistoria</p> <p>Obs. Falta do relatório Multa 1 Ufir/hectare – área livre no dia seguinte ao vencimento do Alvará</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pedido de prorrogação <p>Análise do PAE 1 ano após aprovação do RFP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suspensão de lavra – Justificativa técnica

Continua...

Continua...

<p>Taxa Anual</p> <p>Taxa Suspensão de Lavra</p> <p>Prorrogação</p> <p>Averbação de Cessão de Direitos</p> <p>Taxas – Emolumentos</p> <p>Pedido de Desmembramento</p> <p>Leilão</p> <p>Reconhecimento Geológico</p> <p>Multa</p>	<p>1 UFIR/Hectare (Vigência) 1,5 UFIR/Hectare (Prorrogação)</p> <p>Inexiste pagamento de taxa (justificativa técnica)</p> <p>Análise técnica do pedido após vistoria de campo</p> <p>Análise do Pedido</p> <p>270 UFIR's</p> <p>Análise técnica do pedido</p> <p>Não Existe (Disponibilidade) Análise técnica do Projeto</p> <p>Isento de Taxa</p> <p>100 a 1.00 UFIR's</p>
<p>Regime de Aproveitamento</p>	<p>Reconhecimento Geológico (90 dias)</p> <p>Autorização de pesquisa</p> <p>Licenciamento Mineral Permissão de Lavra Garimpeira</p> <p>Concessão de Lavra</p> <p>Manifesto</p>

Continua...

Continua...

<p>Regime de Aproveitamento</p>	<p>Leis Especiais</p> <p>Monopólio Hidrocarbonetos Águas Subterrâneas Minerais em terras indígenas Minerais em faixa de fronteiras Fósseis, cavernas, grutas e sítios arqueológicos Compensação Financeira</p>
<p>Requerimento de Pesquisa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formulários padronizados • Plano de Pesquisa • Orçamento/cronograma • Planta de Situação • Memorial descritivo • Emolumentos • ART– (Anotação de Responsabilidade Técnica) <ul style="list-style-type: none"> • Técnico responsável: Geólogo ou Engenheiro de Minas
<p>Recursos</p>	<p>Nível Hierárquico Superior Diretor Geral (60 dias) Ministro (30 dias) e Recurso Voluntário ao Presidente da República</p> <p>Recurso na Justiça (1 ano)</p>
<p>Amarração das Áreas</p>	<p>Área amarrada a um Ponto inconfundível no Campo</p>
<p>CFEM</p>	<p>Apenas multa pelo atraso no pagamento</p> <p>Pagamento de taxa anual, em atraso acarreta multa de 1000 Ufir's</p>

Continua...

Continua...

Forma de Acesso ao Bem Mineral	Áreas Livres Áreas em Disponibilidade <ul style="list-style-type: none">• Pesquisa (60 dias)• Lavra
Final do Prazo para Pesquisa	Apresentação do Relatório Final (positivo ou negativo)
Prazo para Análise de Documentos	Não definido em Lei
Licença Ambiental	Liberação da Concessão está condicionada a esta licença – DNPM formula exigência
Falta de Acordo com dono do solo	O Titular solicita do DNPM envio de Ofício ao Juiz para abertura de processo de avaliação judicial da renda e indenização
Processo anterior à vigência da Lei 9.314/96	Tramitação normal
Apresentação do Relatório Anual da Lavra	Até 15 de março – Concessão de Lavra Até 30 de março – Registro de Licença A não apresentação Multa de 772,85 Ufir's

ASPECTOS TÉCNICOS-ECONÔMICOS E JURÍDICOS DO FUNDO CONSTITUCIONAL DO NORDESTE - FNE

Eliana Garcia de Carvalho

Mestranda. Universidade de Fortaleza – UNIFOR
Av. Cel. Miguel Dias, 50 – 6º andar – sala 601 – Bairro Cocó – CEP 60.810-160 -Fortaleza-CE
Fone: (85) 241-5050 / Fax: (85) 241-5030 E-mail: ecarvalho@secrel.com.br

RESUMO

Os projetos financiados pelo Banco do Nordeste do Brasil S/A – BNB, com recursos oriundos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE, quando instalado o Pólo Graniteiro do Ceará, em 19/04/1993, foram afetados, definitivamente, pelo *modus operandi* implementado pelo BNB, quando cobrou irregularmente, nos Contratos assinados entre 1990 a 1996: TR, TRD, TJLP, Taxa ANBID/CETIP, Multa, Comissões de Permanência, Taxa de Administração e Juros superiores aos regulamentados pela Lei Nº. 7.827, de 27 de setembro de 1989, que instituiu o Fundo, e que os fixou em 8% a.a.(art.12). As causas analisadas determinaram a falência de cerca de 47 % das empresas instaladas na Região Nordeste, sendo cerca de 48% das empresas no Ceará, 67% na Bahia, 34% na Paraíba e 100% no Piauí. Os equívocos cometidos no passado permanecem, ainda hoje, na interpretação e aplicação da Lei Nº. 7.827/89, e suas modificações posteriores, porque, são feitas sem o controle de constitucionalidade das políticas públicas, em desobediência aos preceitos constitucionais.(art.3º, incisos II e III, CF/88), e com farta legislação infraconstitucional. Faz-se necessário livrar o Setor de Rochas Ornamentais do Ceará desses danos que dificultam seu pleno desenvolvimento, em razão de não mais se ajustarem ao contexto atual. Acredita-se serem necessárias a revisão e reestruturação de todas essas medidas, a fim de que o FNE, cumpra, definitivamente, o objetivo e o aspecto finalístico da Lei Nº. 7.827/89, que é desenvolver a Região Nordeste, notadamente o Estado do Ceará, erradicando a pobreza, a marginalização, reduzindo as desigualdades sociais e principalmente as regionais, aumentando a arrecadação dos impostos, gerando empregos e, conseqüentemente, distribuindo melhor a renda, fomentando um maior desenvolvimento daquela região. O Fundo Constitucional é repassado pela União (art.159, inciso I, alínea “c”, da CF/88), considerado imprescindível e, talvez o único instrumento financeiro de que dispõe o Nordeste, pois, é visto como uma das mais pobres regiões da Federação.

INTRODUÇÃO

O presente artigo é parte integrante da dissertação intitulada *O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO CEARÁ: REFLEXÕES E DESAFIOS*, defendida em julho de 2003, na Universidade de Fortaleza - UNIFOR.

O estudo foi desenvolvido em seis capítulos, que se justificam pela junção e análise que se pretendeu dar ao refletir sobre fatos ocorridos no passado, e que determinaram o insucesso do Setor de Rochas Ornamentais na Região Nordeste, em especial, do Estado do Ceará, em 1996. Ressalta-se que foram abordadas questões técnicas e periféricas, não menos importantes, porém, mediante análises simplificadas.

O cerne da dissertação funda-se, especialmente na constatação das hipóteses levantadas mediante o aspecto jurídico, econômico e financeiro, de por que o Setor de Rochas Ornamentais do Ceará não alcançou o desenvolvimento esperado, quando da instalação do Pólo Graniteiro, em 19 de abril de 1993. CONSTATOU-SE QUE VÁRIOS FATORES DETERMINARAM O COLAPSO DO SETOR, EM 1996, DENTRE ELAS A IMATURIDADE DO PRÓPRIO SETOR, E A ELEVADA CAPACIDADE NOMINAL INSTALADA NAS EMPRESAS CEARENSES. MAS, NA OPINIÃO DOS EMPRESÁRIOS E, DIANTE DOS FATOS ANALISADOS, FICOU DEMONSTRADO QUE HOUVE DESVIO DE FINALIDADE DOS OBJETIVOS CONSTITUCIONAIS DO FUNDO, PERPETRADO PELO BANCO DO NORDESTE DO BRASIL S/A – BNB, QUANDO DESCUMPRIU A LEI Nº. 7.827/89, QUE INSTITUIU O FUNDO CONSTITUCIONAL DE FINANCIAMENTO DO NORDESTE – FNE, porque, por disposição constitucional, os recursos do Fundo são oriundos da União, destinados a fomentar o desenvolvimento do Nordeste, visando erradicar a pobreza e diminuir as desigualdades regionais (art. 3º, incisos II e III, CF/88). No mesmo sentido, o descumpriu também: o Código Civil e o Código de Defesa do Consumidor; a Legislação Infraconstitucional: Jurisprudência do Supremo Tribunal Federal e do Superior Tribunal de Justiça, bem como Ação Direta de Inconstitucionalidade Nº. 493, entre tantas outras.

Entretanto, o *modus operandi* implementado pelo Banco na gerência desses recursos, foi decisivo para a crise que atravessa o Setor, principalmente, pelo fato do BNB ter utilizado e imposto, irregularmente, o modelo contratual da Cédula de Crédito Industrial. Tipo de contrato de adesão, próprio de recursos captados no mercado financeiro, além de ter cláusulas com os mais variados tipos de encargos financeiros, como: TR, TRD, TJLP, TAXA ANBID/CETIP, multa, comissões de permanência, taxa de administração, e juros superiores a 8% a.a. (art.12), regulados pela Lei Nº. 7.827/89.

Estes fatos *per si* determinaram a falência de cerca de 47% das empresas instaladas na Região Nordeste, que tiveram seus projetos incentivados pelo BNB, com os recursos oriundos do FNE. O período analisado vai de 1990 a 1996, quando quebraram cerca de 48% das empresas estabelecidas no Ceará; 67% na Bahia, 34% na Paraíba e 100% no Piauí.

São inaceitáveis os equívocos, ainda hoje, cometidos na interpretação e aplicação da lei nº 7.827/89, e suas modificações posteriores, que são feitas sem o necessário controle de constitucionalidade das políticas públicas. É preciso livrar o Setor de Rochas Ornamentais dos erros que se mantêm até hoje, sobretudo pela desobediência dos preceitos constitucionais e legislação infraconstitucional vigente, como um todo.

Defende-se, a revisão de todas essas medidas, a fim de que o FNE, cumpra com seu principal objetivo, qual seja, o de contribuir para o desenvolvimento econômico e social da Região Nordeste, visando o retorno dos investimentos financeiros, especialmente no setor de rochas ornamentais.

1. ASPECTO JURÍDICO, ECONÔMICO, FINANCEIRO E A ADMINISTRAÇÃO DO BNB, COM OS RECURSOS ORIUNDOS DO FNE, DE 1990 ATÉ 1996.

O Governo Tasso Jereissati, durante seu primeiro mandato, em 1987, definiu como parte do seu Plano de Governo, uma política pública prioritária de bases tecno-financeiras, visando incentivar a implantação do Pólo Graniteiro do Estado do Ceará, através da Companhia Cearense de Mineração – CEMINAS, tendo como linhas de ação a pesquisa geológica, a descoberta de novas jazidas, a aplicação de modernas tecnologias de lavra e a instalação de equipamento de beneficiamento de última geração, resultando na industrialização de produtos acabados competitivos para o mercado interno e externo.

Neste Plano de Governo previa-se, dentre outras metas, impulsionar o desenvolvimento da indústria cearense de rochas ornamentais e de revestimentos, visando, principalmente, um melhor aproveitamento da grande diversidade de tipos litológicos encontrados no Estado, mas que, àquela época, apresentava considerável carência de infraestrutura básica para o desenvolvimento das atividades ligadas ao setor.

Confiantes nas promessas do Governo Tasso, os empresários cearenses responderam de pronto ao chamamento da Chefia do Estado. Assim, várias foram as empresas que se estabeleceram no Ceará, de 1990 a 1996, atraídas pelas facilidades financeiras oferecidas, naquela oportunidade, pelo governo estadual, através do Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará – FDI e pela União Federal, através da Lei N.º 7.827, de 27 de setembro de 1989, regulamentando o art. 159, inciso I, alínea “c,” da Constituição Federal de 1988, instituindo: o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO, o Fundo Constitucional de

Financiamento do Nordeste – FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste – FCO, os quais se organizaram nos termos da lei e passaram a funcionar como alavanca de apoio às companhias

Salientam-se ainda, outras *benesses* oferecidas pelo Governo e pela União Federal: tratamento preferencial às micro e pequenas empresas; adequada política de garantias, encargos compatíveis com a preservação do Fundo e sua função econômico-social; ação diferenciada em relação a outras instituições de crédito e apoio à criação de novos centros de atividade e pólos dinâmicos, especialmente em zonas interioranas, voltadas ao esforço de redução das disparidades intra-regionais de renda.

Após a euforia vivida pelo Setor com a implantação do Pólo Graniteiro, em 19 de abril de 1993, as empresas instaladas no Estado do Ceará começaram a quebrar por vários fatores e dentre eles ressaltando-se a visão equivocada dos órgãos financiadores, responsáveis pelas principais falhas na concepção dos projetos de extração de blocos e de beneficiamento do granito, agravadas pelo deficiente assessoramento técnico e a elevada capacidade nominal instalada nas empresas estabelecidas no setor mineral cearense, à época. (PEREIRA *et al.*, 1997).

Na verdade, observa-se que, para o bom desempenho de qualquer atividade iniciante, é mister canalizar investimentos no conhecimento de suas peculiaridades. Entretanto, esse ângulo da problemática foi negligenciado pelo Banco do Nordeste do Brasil S/A - BNB, quando da implantação dos projetos no setor de rochas ornamentais e de revestimento do Estado do Ceará, financiados com recursos do Fundo Constitucional. (PEREIRA *et al.*, 1997).

Por outro lado, o BNB, como agente da política pública, não respeitou os princípios fundamentais contidos na Constituição de 1988, cabendo destacar aqueles que garantem a dignidade da pessoa humana, os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa (art.1º, III e IV), o *desenvolvimento nacional, erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais (art. 3º, II e III)*, o fundamento da ordem econômica na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos uma existência digna, conforme os ditames da justiça social (art.170, caput), alicerçando a estrutura do sistema financeiro nacional, de forma a promover o desenvolvimento equilibrado do país e servir aos interesses da coletividade (art.192, §3º). Estes são princípios constitucionais impositivos, além de se constituírem, também, em princípios de ordem econômica auto-aplicáveis.

O BNB é uma instituição financeira federal, de caráter regional, escolhida pela União para exercer todas as atividades inerentes a função de órgão administrador dos recursos liberados pela Secretaria do Tesouro Nacional e destinados ao FNE, segundo a Lei N.º 7.827/89, art. 6º, incisos I, II, III, IV, V e VI,

parágrafo único, I, II e III, art. 7º, parágrafo único, art. 15, incisos I, II, III, IV, V e VI, instituidora do Fundo Constitucional.

Disseminou-se que o BNB, na aplicação de uma distorcida política pública, agiu com desvio de finalidade, quando desvirtuou os objetivos constitucionais do Fundo, desobedecendo aos critérios e a uma série de diretrizes e princípios para a aplicação dos recursos do FNE, considerando a inadequação do planejamento quando da aprovação dos projetos de criação, instalação e assessoria técnica, junto às empresas graniteiras, concebidos pelo Banco, além da inexistência de um planejamento funcional de distribuição, fiscalização e aplicação daqueles recursos, naquela época.

A primeira prova do citado desvio foi o emprego da Cédula de Crédito Industrial como modelo contratual. A Cédula trata de recursos captados no mercado financeiro, além de se estribar em um regime jurídico de 1969, incompatível com o estado democrático de direito da Constituição de 1988, em seus princípios de ordenação do Estado e do povo brasileiro.

O contrato padrão, utilizado pelo BNB, mostrava-se desconforme à Lei Nº. 7.827/89, que instituiu o FNE, porque encontrava-se eivado de cláusulas juridicamente inválidas, contrárias à Constituição e à legislação infraconstitucionais, analisadas, posteriormente, no subtítulo: 6.2 – Celebração dos Contratos, em que são abordados todos os aspectos constitutivos da Cédula de Crédito Industrial, em conformidade com o Decreto-Lei nº 413/69.

É correto, pois, ratificar que o BNB teve pouca vocação desenvolvimentista na Região Nordeste, notadamente quanto ao Setor de Rochas Ornamentais do Estado do Ceará, no período de 1990 a 1996, por ter aplicado políticas financeiras que não tinham por finalidade a promoção do fim da desigualdade regional nem atendiam aos interesses da coletividade, haja vista que, além do setor de rochas ornamentais, “todos os outros setores industriais”, incentivados pelo BNB desde 1989, também entraram em colapso e vieram literalmente a falir: indústrias do setor de castanha, pesca, confecção, calçado e têxtil, sendo a política regional de juros o único ponto em comum, considerando-se que, em todos esses setores industriais, também foram aplicados recursos provenientes do FNE e o modelo contratual foi o mesmo, ou seja, a cédula de crédito industrial.

Por todos esses motivos o BNB é apontado, na análise deste estudo, como um dos principais responsáveis pela quase total falência do Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, em 1996. Ademais, destaca-se que, todos esses fatores ocorreram, principalmente, como consequência do *modus operandi* da administração implementada pelo BNB, de 1990 a 1996, para com os recursos oriundos do Fundo Constitucional, notadamente o FNE, destinado a contribuir com o desenvolvimento econômico e social da Região Nordeste.

Vale lembrar que, no período de 1990 a 1995, a Região Nordeste contava com um total de 30 (trinta) empresas instaladas no setor de rochas ornamentais e de revestimentos, segundo PEREIRA *et al* (1997, p. 21 e 22). Contudo, 14 (quatorze) empresas do setor, cujos projetos foram incentivados pelo BNB com recursos do FNE (Tabela 1), tiveram falência decretada, ou seja, cerca de 47% (quarenta e sete por cento) das empresas estabelecidas na Região Nordeste, àquela época, faliram e cerraram suas portas.

Estas empresas estavam assim distribuídas: 08 (oito) no Ceará, de um total de 17 (dezessete), estabelecidas durante o período de 1990 a 1993; 04 (quatro) na Bahia de um total de 06 (seis), estabelecidas durante o período de 1990 a 1994; 01(uma) na Paraíba, de um total de 03 (três), estabelecidas durante o período de 1993 a 1995; 01 (uma) empresa em Pernambuco, estabelecida durante o período de 1993, que continua ativa; 01 (uma) empresa no Piauí, estabelecida durante o período de 1998 e, por fim, 02 (duas) empresas em Sergipe que segundo informação da Junta Comercial local, continuam ativas.

TABELA 1 - Projetos incentivados pelo Banco do Nordeste (FNE)

Empresa	UF	Investimento Total (US\$)	Data de Aprovação
FUJITA Granitos	CE	12.856.820,00	Set/90
Mineração Meruoca	CE	342.758,00	Mai/92
INTERGRAN	CE	606.630,00	Set/91
Min. Mt. Barroso	CE	687.233,00	Abr/91
Min. Centurião S/A	CE	4.729.970,00	Fev/93
GRANOS	CE	6.684.143,00	Fev/91
MDM – Módulos Danilo Marques Mármore e Granitos	CE	1.074.058,00	Mai/93
FUJIGRAN – Gran. E Mármore Ltda.	CE	1.925.687,00	Mai/93
CIGRAMA – Cia. Ind. de Granitos e Mármore	CE	2.690.848,00	Jan/91
MULTIPOLIPETRUS S/A	CE	922.347,00	Jan/92
MULTIGRAN – Mineração de Granito	CE	70.252,00	Mai/92
GRANDON Ltda.	CE	1.179.897,00	Dez/93
Min. Sta. Rosa	CE	628.551,00	Dez/93
Ind. de Márm. E Granitos Mabel Ltda.	CE	81.071,00	Jul/90
INBRASMA	CE	4.847.711,00	Ago/91
MINEVALE – Mineração Vale do Acaraú	CE	210.868,00	Jun/93
ALUSOL – Alumínio Sobral Ltda.	CE	149.529,00	Dez/91
PEVAL Mineração	BA	828.132,00	Mai/93
FEMAG Feira Mármore e Granitos Ltda.	BA	1.422.848,00	Nov/90
Montes Mineração Ltda.	BA	132.649,00	Out/91
Alberto Pereira Silva Sobrinho	BA	16.496,00	Out/94
Eumámore – Eunápolis Mármore Ltda.	BA	53.811,00	Out/94
GMN - Granitos e Mármore do Nordeste Ltda.	BA	585.915,00	Fev/91
PORTGRAN – Portela Granitos Ltda.	PB	81.849,00	Jul/95
GRANITOS Ind. e Com. Ltda.	PB	193.612,00	Abr/93
GRAMAR – Granitos e Mármore Ltda.	PB	12.142,00	Dez/93
Everton Stones Revestimentos Ltda.	SE	88.120,00	Out/91
Pecon Comercial Ltda.	SE	146.327,00	Dez/95
BRICON Ind. E Com. Ltda.	PE	529.476,00	Mar/93
Beneficiamento de Pedras e Mármore	PI	16.296,00	Jun/93
TOTAL		43.796.048,00	

Fonte: PEREIRA *et al* (1997, p. 21 e 22).

Nesta oportunidade, faremos referência ao total das empresas falidas, em percentual (%), estabelecidas na Região Nordeste e que fecharam suas portas em definitivo, encerrando suas atividades de mineração (extração e beneficiamento) no setor de rochas ornamentais e de revestimento, em período

compreendido entre julho de 1990 a dezembro de 1995. Senão vejamos a Tabela 2.

Tabela 2 – Empresas Falidas na Região Nordeste no Período de Jul/1990 a Dez/1995 - Projetos Incentivados pelo Banco do Nordeste do Brasil S/A (FNE).

ESTADOS	EMPRESAS FALIDAS (%)
CEARÁ	47,05 %
BAHIA	66,66 %
PARAÍBA	33,33 %
PIAUI	100,00%
PERNAMBUCO	NENHUMA
SERGIPE	NENHUMA
Total Geral das Empresa	47,00 % (aproximadamente)

Fonte: Autora segundo dados de Pereira et al (1997, p. 21 e 22).

Finalizadas as considerações preliminares e, com base nos fatos ocorridos na década de 90, serão analisados, três aspectos dos mais importantes, que findaram por causar o *crash de 47,05%* (quarenta e sete, vírgula cinco por cento) das indústrias de extração de blocos e de beneficiamento de mármore e granito (chapas, ladrilhos, bancadas, etc), estabelecidas no Estado do Ceará, quando da instalação do Pólo Graniteiro, em 1993, e que são os seguintes: 1) relativo ao aspecto jurídico da Lei Nº. 7.827, de 27 de setembro de 1989, que instituiu o FNE; 2) relativo ao aspecto econômico-financeiro do FNE, 3) relativo à administração BNB, com recursos oriundos do FNE, nos anos de 1990 a 1996.

1.1. DISPOSIÇÕES DA LEI Nº. 7.827, DE 27 DE SETEMBRO DE 1989 - FNE.

A Constituição de 1988, entre os seus princípios fundamentais que resguarda, destaca aquele contido no art. 3º, incisos II e III.

Dando efetividade aos princípios constitucionais, a Carta Magna, no art. 159, inciso I, alínea "c", prescreve que cabe à União entregar, do produto de arrecadação do Imposto de Renda – (IR) e do Imposto sobre Produtos Industrializados – (IPI), 03% (três por cento) para aplicação em programas de financiamento ao setor produtivo das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, através de instituições financeiras de caráter regional, de acordo com os planos regionais de desenvolvimento, ficando assegurados ao semi-árido nordestino, metade dos recursos destinados à Região, na forma que a lei estabelece.

Assim, ao entrar em vigor a Lei Nº. 7.827, de 27 de setembro de 1989, regulamentando o art. 159, inciso I, alínea "c", da Constituição, e que instituiu o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte -

FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional do Centro-Oeste - FCO, para fins de aplicação dos recursos captados, uma vez instituídos e organizados, deveriam ter funcionado nos termos da lei e não nos termos do Decreto-Lei Nº. 413/69.

Este trabalho propõe-se, no entanto, a analisar apenas os aspectos principais do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE, cuja finalidade específica é financiar, em condições compatíveis às peculiaridades da região, atividades econômicas do semi-árido, as quais deve ser destinada a metade dos recursos oriundos da União, nos termos do art. 159, Inciso I, alínea c, da CF de 1988, inclusive oferecendo tratamento preferencial às micro e pequenas empresas.

O caráter de permanência do FNE, caracterizado por sua continuidade e estabilidade, por se tratar este de fonte de financiamento de médio e longo prazo, assegurada pelo volume anual de recursos que lhe são transferidos pelo Tesouro Nacional, conforme o art. 6º, incisos I, II, III, IV, e V, parágrafo único, incisos I, II e III, combinados com o art. 7º, parágrafo único, e pelo retorno dos recursos aplicados, ainda funciona, também, como fonte de recursos para o Ceará, pois contribui na captação de novos investimentos financeiros para o Estado.

Os recursos do FNE, por princípio, devem ser empregados, exclusivamente, para atenuar as desigualdades econômicas e sociais, erradicar a pobreza que aprofunda o caráter separatista entre as regiões mais pobres do NE e as mais ricas do Sul e Sudeste, vindo assim a se consolidar como instrumento capaz de estimular e incentivar a implementação de políticas regionais e estaduais, cuja meta prioritária será alcançar o desenvolvimento econômico e social da região nordestina, considerada uma das mais afetadas pela concentração de renda, pelo entrave climático e pelo baixo poder aquisitivo de sua população.

Vale lembrar que o Governo Federal, através da Medida Provisória – MP Nº. 1.988 -16, publicada no Diário Oficial da União – DOU, do dia 14 de janeiro de 2000, implementou algumas modificações no que diz respeito ao Sistema de Apoio ao Desenvolvimento Regional do Nordeste (Agência de Desenvolvimento e FINOR), reenfatizando a importância do FNE.

Através da Lei Nº. 7.827/89, arts. 13, 14 e 16, o Governo Federal designou quais instituições financeiras federais, de caráter regional, seriam responsáveis pela administração dos Fundos Constitucionais, devendo agir de acordo com o Conselho Deliberativo das Superintendências de Desenvolvimento das Regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, e que são as seguintes, abaixo arroladas:

1. Banco da Amazônia S/A – Basa pelo FNO;
2. Banco do Nordeste do Brasil S/A – BNB pelo FNE, e o
3. Banco do Brasil S/A - BB pelo FCO.

A seguir, destacam-se os principais artigos da Lei Nº. 7.827/89, instituidora dos Fundos Constitucionais. Vejamos:

I – Das Finalidades e Diretrizes Gerais

O parágrafo primeiro do art. 2º prescreve que a aplicação dos recursos dos Fundos não pode sofrer nenhuma restrição de controle monetário, além de destinar crédito diferenciado para as regiões beneficiárias, considerando suas reais necessidades, o que demonstra a supremacia da finalidade constitucional a ser obedecida nas políticas públicas.

Já o parágrafo segundo, do mesmo artigo, prescreve que, no caso da Região Nordeste, o FNE inclui como finalidade específica financiar, de acordo com as condições peculiares às atividades econômicas do semi-árido, metade dos recursos ingressados, nos termos do art. 159, inciso I, alínea "c", da Constituição Federal de 1988.

O art. 3º dita as diretrizes que serão observadas quando da formulação dos programas de financiamento de cada um dos Fundos Constitucionais - FNO, FNE e FCO. Vejamos o que determinam esses artigos:

Verbis: ... Art. 2º - Os Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte, Nordeste e Centro-Oeste, têm por objetivo contribuir para o desenvolvimento econômico e social das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, através das instituições financeiras federais de caráter regional, mediante a execução de programas de financiamento aos setores produtivos, em consonância com os respectivos planos regionais de desenvolvimento.

§ 1º- Na aplicação de seus recursos, os Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte, Nordeste e Centro-Oeste ficarão a salvo das restrições de controle monetário de natureza conjuntural e deverão destinar crédito diferenciado dos usualmente adotados pelas instituições financeiras, em função das reais necessidades das regiões beneficiárias.

§ 2º- No caso da região Nordeste, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste inclui a finalidade específica de financiar, em condições compatíveis com as peculiaridades da área, atividades econômicas do semi-árido, às quais destinará a metade dos recursos ingressados, nos termos do art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal.

Art. 3º - Respeitadas as disposições dos Planos Regionais de Desenvolvimento, serão observadas as seguintes diretrizes, na formação dos programas de financiamento de cada um dos Fundos:

III - tratamento preferencial às atividades de pequenos e mini-produtores rurais e

pequenas e micro-empresas, as de uso intensivo de matérias-primas e mão-de-obra locais e as que produzam alimentos básicos para consumo da população, bem como aos projetos de irrigação, quando pertencentes aos citados produtores; suas associações e cooperativas;

V – adoção de prazos e carência, limites de financiamento, juros e outros encargos diferenciados ou favorecidos, em função dos aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e espaciais dos empreendimentos.

II – Dos Beneficiários

O art. 4º elenca os beneficiários dos recursos dos Fundos Constitucionais. Por sua vez, o art. 5º define quais Regiões serão beneficiadas com a aplicação dos recursos dos Fundos.

III – Dos Recursos e Aplicações

No art. 6º, incisos I, II, III, IV e V, parágrafo único, I, II e III, observa-se em como as fontes dos recursos dos Fundos Constitucionais (FNO, FNE e FCO) são constituídas. Senão vejamos o que determina este artigo:

Verbis: ... Art. 6º Constituem fontes de recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte, Nordeste e Centro-Oeste:

I - 3% (três por cento) do produto da arrecadação do imposto sobre renda e proventos de qualquer natureza e do imposto sobre produtos industrializados, entregues pela União, na forma do art. 159, inciso I, alínea c da Constituição Federal;

II - os retornos e resultados de suas aplicações;

III - o resultado da remuneração dos recursos momentaneamente não aplicados, calculado com base em indexador oficial;

IV - contribuições, doações, financiamentos e recursos de outras origens, concedidos por entidades de direito público ou privado, nacionais ou estrangeiros;

V - dotações orçamentárias ou outros recursos previstos em lei.

Parágrafo único: Nos casos dos recursos previstos no inciso I deste artigo, será observada a seguinte distribuição:

I - 0,6% (seis décimos por cento) para o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte;

II - 1,8% (um inteiro e oito décimos por cento) para o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste; e

III - 0,6% (seis décimos por cento) para o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste.

Deste modo, verifica-se, facilmente, no art. 6º, o plano de contas do FNE quanto à formação de seus ativos. Por isso, a interpretação sistêmica da Lei Nº. 7.827/89 e o Decreto-Lei Nº. 413/69, que regula a Cédula de Crédito Industrial, demonstra a incompatibilidade técnica de se empregar o modelo da cédula de crédito industrial nos mútuos com recursos do FNE, uma vez que, cédulas, os ativos são compostos, segundo o Decreto-Lei Nº. 413/69, por juros, correção monetária, multas e comissões, verbas essas que não estão previstas como fonte de recurso de recomposição do FNE.

Vale lembrar que, tendo o FNE natureza constitucional, com objetivo de contribuir para erradicar a pobreza e diminuir as desigualdades sociais, os juros e quaisquer outros encargos, a que título fosse, proveniente deste Fundo Constitucional não poderiam exceder de 8% a.a. (oito por cento ao ano), e nem a correção monetária não poderia ser cobrada com plenitude, conforme dispunha o art. 12 e 11 da Lei Nº. 7.827/89.

Assim, cabe destacar que as rubricas contábeis, previstas neste artigo, denotam a inaplicabilidade da Cédula de Crédito Industrial, especificadamente quanto ao retorno das aplicações financeiras. Por isso, vale ressaltar, à guisa de esclarecimento, bem como ratificar os fatos alegados, facilmente constatados quando se lê as Notas Explicativas das Demonstrações Contábeis do Balanço Patrimonial do BNB. Na Nota Explicativa nº 6 (seis), do Balanço de 1994, e na Nota Explicativa nº 21 (vinte e um), do Balanço de 1995, verificam-se as diferentes irregularidades cometidas pelo BNB na gerência dos recursos originários do FNE, que serviram para encobrir a verdadeira situação econômico-financeira do Banco.

Destarte, o art. 7º prescreve sobre as liberações dos valores destinados a cada um dos Fundos Constitucionais, diretamente em favor das instituições financeiras federais de caráter regional.

IV – Dos Encargos Financeiros

Já o Art. 11, diz que os encargos financeiros serão reduzidos quanto à cobrança de juros e atualização monetária, visando ao desenvolvimento econômico e social das Regiões Norte, *in casu* Nordeste, principalmente o Estado do Ceará e o Centro-Oeste.

Por sua vez, o art. 12 determina que as taxas de juros, estando aí incluídas comissões, e quaisquer outras remunerações, não poderão ser superiores a 08% a.a. (oito por cento ao ano).

V – Da Administração

O art. 13 elenca os órgãos responsáveis pela administração de cada um dos Fundos Constitucionais, que será distinta e autônoma, observadas as atribuições previstas nesta Lei, exercida respectivamente pelo Conselho Deliberativo das Superintendências de Desenvolvimento das regiões beneficiárias e pela instituição financeira federal de caráter regional.

Por sua vez, o art. 15, e seus incisos I, II, III, IV, V e VI, diz são as atribuições de cada uma dessas instituições financeiras federais de caráter regional. Senão vejamos.

Verbis: Art. 15. São atribuições de cada uma das instituições financeiras federais de caráter regional, nos termos da lei:

- I – gerir os recursos;
- II – definir normas, procedimentos e condições operacionais;
- III - enquadrar as propostas nas faixas de encargos, fixar os juros e deferir os créditos;
- IV – formalizar contratos de repasse para outras instituições credenciadas como agentes financeiros do fundo;
- V – prestar contas sobre os resultados alcançados, desempenho e estado dos recursos e aplicações;
- VI – exercer outras atividades inerentes à função de órgão administrador.

Já o art. 16, define o Basa, o BNB e o BB como administradores do Fundo Constitucional de Financiamento do FNO, FNE e FCO, respectivamente.

No art. 17, estipulou-se que cada instituição financeira federal de caráter regional, *Basa, in casu* BNB e BB, farão jus à taxa de administração de até 2% a.a. (dois por cento ao ano), calculada sobre o patrimônio líquido do Fundo respectivo e apropriada mensalmente. Vejamos, o que determinam esses dois artigos:

Verbis: ... Art. 16. O Banco da Amazônia S.A – Basa, o Banco do Nordeste do Brasil S.A – BNB e o Banco do Brasil S.A – BB são os administradores do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO, do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE e do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste – FCO, respectivamente.

Parágrafo Primeiro (§1º): O Banco do Brasil S.A transferirá a administração, patrimônio, operações e recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste – FCO para o Banco de Desenvolvimento do Centro-Oeste, após sua instalação e entrada em funcionamento, conforme estabelece o art. 34, parágrafo(§)11, do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias.

Parágrafo segundo (§2º): Obedecida à transferência prevista no parágrafo anterior, os recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste – FCO poderão, a critério do Banco de Desenvolvimento do Centro-Oeste, ser repassados a bancos oficiais federais que atendam aos requisitos do art. 9º desta Lei.

Verbis: Art. 17. Cada instituição financeira federal de caráter regional fará jus à taxa de

administração de até 2% (dois por cento) ao ano, calculada sobre o patrimônio líquido do Fundo respectivo e apropriada mensalmente.

Parágrafo único: Na aplicação dos recursos, as instituições financeiras federais de caráter regional e os agentes financeiros credenciados poderão cobrar a “del credere”, compatível com os riscos assumida pelos financiamentos concedidos e adequada à função social de cada tipo de operação, respeitados os limites de encargos fixados no art. 12 desta Lei.

VI – Do Controle e Prestação de Contas

O art. 19 prescreve a obrigatoriedade da publicação semestral dos Balanços dos respectivos Fundos, devidamente auditados pelas instituições financeiras federais de caráter regional: *Basa, in casu, o BNB e BB.*

O BNB não publicou o Balanço do FNE com a habitualidade prevista na Lei Nº. 7.827/89, art. 19, ou seja, semestralmente. Como exemplo do alegado, citamos apenas o ano de 1994, entre outros. Além do mais, salienta-se que, apesar de não constituir objeto do presente estudo, o BNB também não publicou o Balanço relativo a 2002 e 2001.

Quanto ao Balanço Contábil do BNB, como determina a Lei das Sociedades Anônimas – S/A, Lei Nº. 6.404, de 15 de dezembro de 1976, art. 176, parágrafo 1º, o Banco tem até o dia 30 de abril para publicar o Balanço. No entanto, a título de registro, no ano 1997, o BNB só publicou seu Balanço Contábil em 22/Jul/1997, e sem trazer à baila seus prejuízos financeiros, descumprindo os ditames da lei.

Por outro lado, ainda que o BNB tenha publicado seus Balanços Contábeis, de 1993 a 1996 no prazo assinado pela Lei das S/A, novamente descumpriu o art. 19, da Lei Nº. 7.827/89. Desse modo, o Banco incorporou o costume de publicar o Balanço do FNE, apenas quando publicava os seus próprios Balanços, o que evidencia o atraso nas publicações dos Balanços do Fundo, contrários à regulamentação da citada lei.

Na verdade, o BNB unificou o Balanço do FNE com o Balanço do próprio Banco, nos anos de 1994 e 1995, sem que nenhuma lei vigente no ordenamento jurídico outorgasse esta permissão. Agindo deste modo, o BNB acabou confundindo os Patrimônios, apesar de se tratar de duas personalidades jurídicas distintas e autônomas, conforme prescreve o art. 13, da Lei Nº. 7.827/89. Com isso, ao fazer uso desse tipo de manobra contábil, o BNB encobria os prejuízos financeiros do próprio Banco, já que a liquidez final apresentada nos Balanços Patrimoniais nos anos de 1994 e 1995, não correspondia com a real situação econômico-financeira do BNB, naquele período.

Perante o exposto, conclui-se que apenas quando se operava a consolidação dos dois Balanços, ou seja, o Balanço do próprio Banco com o Balanço do FNE, é que a liquidez do BNB, no período

de 1994 e 1995, ficava positiva, manifestando resultados artificialmente elevados, devido à somatória dos resultados do patrimônio líquido do Fundo.

Finalmente, o art. 20 determina que cada instituição financeira, federal, de caráter regional deve apresentar, semestralmente, ao Conselho Deliberativo da Superintendência de sua respectiva região, relatório circunstanciado das atividades desenvolvidas e dos resultados obtidos.

Os recursos oriundos dos Fundos Constitucionais foram regulamentados, aproximadamente, um ano após a promulgação da Constituição Federal de 1988. Todavia, na época da ditadura militar, os recursos destinados para as regiões subdesenvolvidas, como o Nordeste brasileiro, eram concedidos pela União a título de “fundo perdido”.

Hoje, os recursos dos Fundos Constitucionais, depois de emprestados, terão que ser reembolsados à União, acrescidos de juros e correção monetária. Contudo, para distinguir esse recurso do dinheiro captado no mercado financeiro, a Lei Nº. 7.827/89 e seus artigos, (Parágrafo primeiro, art. 2º; Parágrafo primeiro, Inciso V, art. 3º e o art. 11), limitaram o cálculo dos juros e da correção monetária, estipulando que tais custos financeiros seriam favorecidos com redução, chegando a ponto de estabelecer que os juros “e quaisquer outras remunerações” não poderiam exceder a 8% a. a. (oito por cento ao ano).

1.1.1 Origem dos Recursos

Na Constituição Federal, o art. 159, inciso I, alínea “c”, combinada com o art. 6º, incisos I, II, III, IV, V e o parágrafo único, I, II, III, art. 16 e 17, da Lei Nº. 7.827/89, determinam como as fontes dos recursos dos Fundos Constitucionais são constituídas e em como serão administrados.

Assim, o BNB, como instituição federal de caráter regional, responsável pela administração do FNE, não poderia aplicar nos contratos as regras do mercado financeiro, nem cobrar juros, multa, taxa de administração ou quaisquer outros encargos, a que título fosse, quando contratasse com os empresários do Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, especialmente a comissão de permanência nas obrigações em atraso, pois, a referida comissão, além de ser indevida, por ter sido expurgada do ordenamento jurídico por força do art.25 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias - ADCT, só seria aplicável nas operações financeiras do mercado de capitais e não naquelas operações financeiras em que se utilizaram recursos públicos destinados pela Constituição Federal de 1888 para o desenvolvimento da Região Nordeste, notadamente do Estado do Ceará.

O BNB não precisava empreender nenhum esforço para captar os recursos do FNE. Aliás, fazendo-se uma leitura, mesmo que superficial, dos Contratos lavrados quando da instalação do Pólo Graniteiro, observa-se que os juros e a correção

monetária cobrada foram demasiadamente extorsivos, por ter sido aplicado o modelo contratual da Cédula de Crédito Industrial.

Ademais, o BNB aplicou a TR como indexador, quando o Supremo Tribunal Federal e a própria Lei Nº. 8.177/91, que a criou, definiram a TR como taxa de juros.

No mesmo sentido, o BNB aplicou multa de 10% (dez por cento) nos contratos, quando a Lei Nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990 (CDC), determina em seu art. 52, II, III, V, e o parágrafo (§) primeiro do Código de Defesa do Consumidor, circunscreve: “as multas de mora decorrentes do inadimplemento de obrigações no seu termo, não poderão ser superiores a 2% (dois por cento) do valor da prestação”. (Novo texto. Redação dada pela Lei Nº. 9.298, de 01 de agosto de 1996 – DOU 2.8.1996, p. 14457).

Por outro lado, o BNB cobrou Comissão de Permanência, quando nem o Decreto-Lei Nº. 413/69 nem a Lei Nº. 7.827/89 do FNE, permitem tal cobrança.

Destarte, quando o BNB contratava, estipulava *pari passu* como indexador dos contratos sempre uma taxa de juros (TR ou TJLP) e mais uma taxa de juros no limite de 8% (oito por cento), os quais, somados entre si e calculados com capitalização mensal, prática regular adotada pelo BNB no período de 1990 até 1996 e que, também, a lei do FNE não permitia, porque findava por elevar artificialmente a dívida das Empresas mutualistas e, conseqüentemente, também aumentava o tamanho dos Ativos do Fundo, valores sobre os quais iriam incidir anualmente o “del credere” de 2% (dois por cento), o qual remunerava o BNB por exercer a função de gestor do FNE.

Na verdade, fica provado que em aplicando o modelo contratual da Cédula de Crédito Industrial, o BNB elevava, contábil e ilegalmente, os Ativos do Fundo, que lhe proporcionavam uma remuneração maior, pois, com a adoção desta conduta irregular, o patrimônio líquido do FNE também ficava majorado.

Destarte, o BNB adotou postura de Banco comercial e não de um Banco de desenvolvimento, quando utilizou nos contratos o modelo da Cédula de Crédito Industrial, que regula empréstimo de dinheiro captado no mercado financeiro. A comprovação deste fato pode ser observada a partir da comparação realizada entre a forma de cobrança de juros perpetrada pelo BNDES, com os recursos do FINAME e, pelo BNB com os recursos oriundos do FNE.

A Secretaria do Tesouro Nacional fazia as liberações mensalmente, dos valores destinados para o FNE, como processo distributivo da renda das regiões mais ricas (Sul e Sudeste) para as regiões mais pobres do país, e eram depositados diretamente em favor do BNB os valores das liberações relativos ao FNE, já que é gestor deste Fundo Constitucional, conforme o art. 7º, parágrafo único da Lei Nº. 7.827/89.

Esses recursos não traziam “nenhum risco a ser coberto” que justificasse o comportamento do BNB, quando cobrou tão exorbitantes encargos financeiros sobre os aportes do FNE, desvirtuando completamente as finalidades e diretrizes gerais deste Fundo Constitucional, da Lei Nº. 7.827/89, prescritas nos art. 2º, parágrafos 1º e 2º e o art. 3º, incisos III e V, transcritos anteriormente. A prova destes fatos analisados é facilmente verificável, porque os recursos do FNE, FNO e FCO são oriundos da arrecadação do IR e IPI, na conformidade do art.159, inciso I, alínea “c”, CF de 1988. Vejamos, o que prescreve esse princípio constitucional:

Verbis: - Da Repartição das Receitas Tributárias

...Art. 159 – A União entregará:

I – do produto da arrecadação dos impostos sobre renda e provento de qualquer natureza e sobre produtos industrializados, quarenta e sete por cento na seguinte forma:

[...]

c) Três por cento para aplicação em programas de financiamento ao setor produtivo das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, através de suas instituições financeiras de caráter regional, de acordo com os planos regionais de desenvolvimento, ficando assegurada, ao semi-árido do Nordeste, a metade dos recursos destinados à Região, na forma que a lei estabelece.

O setor mineral cearense tinha como objetivo principal utilizar matéria-prima regional e empregar mão-de-obra local, em regime de industrialização do interior. No entanto, esse objetivo ficou prejudicado devido à política ilegal e abusiva de juros e a correção monetária empregada pelo BNB com os aportes financeiros do FNE, o que onerou excessivamente os contratos assinados no período de 1993 até 1996, com os empresários do setor. E, vale lembrar que, mais tarde, em idos de 1996, o Setor de Rochas Ornamentais do Estado do Ceará entrou em colapso.

1.2 Celebração dos Contratos

Na verdade, como já vimos, após a instituição do Fundo Constitucional (FNE), foi imposto irregularmente pelo BNB a título de contrato de adesão na celebração dos Contratos com os empresários do Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, a Cédula de Crédito Industrial, regulamentada pelo Decreto-Lei N.º 413, de 9 de janeiro de 1969, arts. 1º a 66.

A Cédula de Crédito Industrial é definida como promessa de pagamento em dinheiro, com garantia real, cedularmente constituída; é título líquido e certo, exigível pela soma dela constante ou do endosso, além de juros da comissão de fiscalização, se houver, e demais despesas que o credor fizer para segurança, regularidade e realização de seu direito creditório, como decretam os arts. 9º até 14.

Por isso, é correto afirmar que a Cédula de Crédito Industrial é um contrato bancário, que trabalha com recursos captados no mercado financeiro, conforme determina o Decreto-Lei N.º 413/69 e seus art(s). 1º; Parágrafo único, do art. 5º; art. 8º e o art. 52.

O Decreto-Lei N.º 413/69 em seu parágrafo único, art. 5º, prescreve que os valores emprestados vencerão juros e/ou correção monetária às taxas e aos índices definidos pelo Conselho Monetário Nacional, que serão calculados sobre os saldos devedores da conta relativa à operação financeira, prevendo, em caso de mora, uma taxa de juros de até 1% a.a. (um por cento) ao ano.

No art. 8º tem-se a previsão da cobrança de valores, nos moldes do art. 5º, para o pagamento de quaisquer despesas com fiscalização, vistorias ou outros procedimentos, visando a cumprir todas as condições legais e cedulares.

Por sua vez, o art. 52 trata da aplicação no que couber, das normas de Direito Cambial, exceto o protesto, garantindo, assim, o direito de regresso contra os endossantes e avalistas.

Destaca-se que, toda orientação prescrita no Decreto-Lei N.º 413/69 foi conferida validade e eficácia pela Constituição Federal de 1969. Entretanto, apesar do Fundo Constitucional só ter sido regulamentado em 27 de setembro de 1989, foi o modelo contratual adotado no período estudado, ou seja, de 1990 a 1996 e, ainda hoje, este modelo de contrato é aplicado pelo BNB.

O BNB, ao administrar o FNE, seguindo a orientação do Decreto-Lei N.º 413/69 gerou uma imensa distorção entre o verdadeiro objetivo dos recursos oriundos do Fundo Constitucional, qual seja, aquele de erradicar a pobreza do Nordeste, não contribuindo para o seu desenvolvimento econômico e social, pois a natureza financeira do recurso captado no mercado financeiro não se aplica aos recursos que têm destinação ao desenvolvimento regional, como determina o art. 159, inciso I, alínea “c” da CF de 1988, pela simples lógica de que os recursos destinados ao desenvolvimento ficariam tão caros que sua criação na Constituição Federal tornar-se-ia letra morta.

Há recursos administrados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (FAT/FINAME), cujo custo financeiro fica menor que o resultante na administração do FNE, implementada pelo BNB.

Vale lembrar que esses recursos do BNDES sempre foram, por vontade política do Governo Federal, em sua quase totalidade, destinado à Região Sudeste, enquanto que a Região Nordeste recebeu 1,42% (um vírgula quarenta e dois por cento) dos valores desembolsados pelo BNDES em 2001, conforme mostra as Figuras 1 e 2, que apresentam os valores desembolsados em bilhões de dólares, desde o ano de 1994 até 2001, bem como sua destinação. Vejamos a seguir:

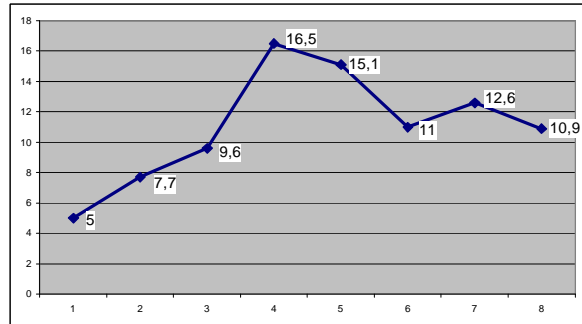


FIGURA 1 - Recursos desembolsados pelo BNDES desde 1994 até 2001 (Valores em bilhões de dólares).

Fonte: BNDES/Simonsen Associados *apud*.A CORROSÃO (2002, p. 93).

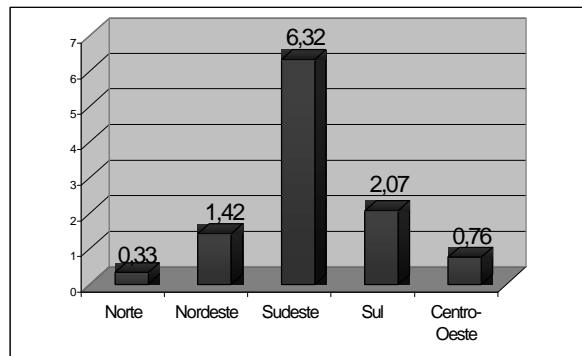


FIGURA 2 – Distribuição regional dos desembolsos (2001) dos Recursos do BNDES – (Valores em bilhões de dólares).

Fonte: BNDES/Simonsen Associados *apud*.A CORROSÃO (2002 p. 93).

1.3 Dos Juros e dos Indexadores Contratuais

Os juros e os indexadores cobrados nos contratos pactuados, que posteriormente serão demonstrados, foram os mesmos aplicados no mercado financeiro, embora os recursos do FNE fossem tutelados constitucionalmente.

Convém destacar que se distingue um Banco de desenvolvimento, também chamado Banco de fomento, de um banco comercial, denominado Banco de depósitos. Em essência, são os mercados em que atuam, quer para captar recursos quer para mutuá-los.

A descrição do fluxo de capital num banco comercial, de um modo simplista, opera-se quando este banco recebe capitais de um investidor, proprietário do dinheiro, que o entrega para a intermediação numa casa bancária, na expectativa de que esse dinheiro, num determinado prazo, seja-lhe devolvido com alguma remuneração, ou seja, o Banco comercial, além de seus custos operacionais, há de promover uma receita que o englobe e remunere o investidor. O dinheiro captado do investidor deve permear, através da intermediação

bancária, toda a economia, até chegar no trabalho humano, cuja produção deve ser adquirida remunerando, com sua mais valia, o capital mutuado.

Por outro lado, num Banco de desenvolvimento, que tenha por natureza promover o desenvolvimento, as fontes de recursos, geralmente, são oriundas de Fundos públicos, os quais não são remunerados, nem na mesma velocidade, nem na mesma proporção dos recursos privados investidos num Banco comercial.

No caso específico do FNE, o BNB foi e ainda continua sendo o administrador dos recursos destinados ao desenvolvimento do Nordeste e à diminuição da pobreza nesta região. E, como se viu na lei, o BNB, além de não ter custo de captação, ainda foi remunerado para cumprir o dever que a Carta Magna de 1988 lhe outorgou, através do art. 17 da Lei N.º 7.827/89.

O BNB, quando utilizou recurso do FNE para financiar os contratos pactuados com as Empresas do Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, usou a título de modelo contratual as Cédulas de Créditos Industriais, e empregou a Obrigação Reajustável do Tesouro Nacional - ORTN, a Obrigação do Tesouro Nacional - OTN e o Bônus do Tesouro Nacional – BTN (extinto oficialmente em 1º de Fevereiro de 1991), todos indexadores regulares vigentes na economia brasileira, durante o período de 1986 a 1989.

Todos estes indexadores enlistados serão demonstrados, evidenciando as variações econômicas e as taxas de juros oficiais, de 1990 a 1996, período objeto desta análise.

Salienta-se, também, que o BNB se valeu indevidamente da cobrança de multas, comissões, taxas de permanência e, ainda, taxas de administração, quando a Lei N.º. 7.827/89, art. 11, proíbe a cobrança de tais encargos financeiros.

Na verdade, a cobrança indevida de indexadores econômicos, bem como de taxas de juros, implementada pelo BNB, é coibida por lei, considerando que todos são taxas de juros, que não têm a natureza jurídica de servir como índice de correção monetária

Os indexadores econômicos empregados pelo BNB, no período de 1990 a 1996, foram os seguintes:

- 1º - Taxa Referencial – TR;
- 2º - Taxa Referencial Diária – TRD;
- 3º - Taxa ANBID/CETIP – Taxa da Associação Nacional dos Bancos de Investimento e Desenvolvimento – ANBID e Central de Liquidação e Custódia de Título Privados – CETIP;
- 4º - Taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP.

É necessário, antes de qualquer abordagem sobre juros, notadamente para que se possa entender o conceito de juro extorsivo, que se faça um esforço de análise histórica sobre o instituto da correção monetária.

A correção monetária tem por natureza a reposição do poder de compra da moeda nacional e, na prática bancária, os capitais mutuados deviam ser pagos com correção monetária e taxa de juros. Daí é mister que, primeiramente, se discorra sobre a história da correção monetária.

Em 1964, após o golpe militar, o Brasil foi buscar recursos financeiros junto ao Fundo Monetário Internacional - FMI. Os monetaristas da equipe econômica do governo, daquela época, preocupavam-se com a inflação e a conseqüente perda do poder de compra da nossa moeda, como acontecia também em outros países capitalistas.

Esse sistema queria estabelecer um ganho real (taxa de juros) que superasse o valor das moedas, corroído pela inflação (correção monetária). Foi instituído, em 1964, um Título Público denominado Obrigação Reajustável do Tesouro Nacional - ORTN, vendida no mercado financeiro pelo Governo Federal com garantia de recompensa, incluindo a inflação e uma taxa de juros pré-fixada.

Estava, assim, inaugurada a época da indexação da Economia brasileira, que incutiu na mente de nosso povo o gosto por uma cultura econômica permanentemente inflacionária, que culminou, no final da década de 80, após mais de vinte anos de sua aplicação, com a descoberta de que o Plano Econômico do Fundo Monetário Internacional – FMI, não tinha dado certo. Por esse motivo, o Brasil não formou uma poupança interna, o endividamento público não parou de crescer, as desigualdades sociais aumentaram, afetando brutalmente o equilíbrio econômico e social do país.

A Obrigação Reajustável do Tesouro Nacional – ORTN, serviu de parâmetro identificador de uma inflação passada, constituindo ônus permanente, com a contínua projeção de inflação futura.

Ao final desse modelo econômico, a ORTN ainda era utilizada como indexador da Economia, mas foi extinta e substituída pela Obrigação do Tesouro Nacional - OTN, regulamentada pelo Decreto-Lei N.º. 2.283, de 27 de fevereiro de 1986, na vigência do Plano Cruzado, um conjunto de medidas de contenção da inflação caracterizada por um choque heterodoxo, cuja implementação se deu durante o governo Sarney, mas que continuou refletindo a inflação nas relações comerciais, civis e financeiras.

Ademais, em substituição à extinta BTN, os créditos do Estado (fiscais e parafiscais) passaram a ser corrigidos por outra unidade de correção monetária, a Unidade Fiscal de Referência - UFIR, criada pela Lei N.º. 8.383, de 31 de janeiro de 1991. Tudo aconteceu com o fim dos indexadores oficiais, quando a OTN também foi substituída pelo Bônus do Tesouro Nacional - BTN, regulamentada pela Lei N.º. 7.730, de 31 de Janeiro de 1989, vigente durante o Plano Collor 2. Por sua vez, esta foi igualmente extinta, definitivamente, em 1º de Fevereiro de 1991. Sucumbiu também como os outros indexadores oficiais das obrigações civis e comerciais, pela Lei N.º.8.177, de 01 de março de 1991. Nascia, então, a

Taxa Referencial - TR e a Taxa Referencial Diária - TRD, criada por essa mesma Lei.

Na verdade, observa-se que, na celebração dos contratos financiados com recursos provenientes do FNE, entre 1989 e 1991, tinha-se o Bônus do Tesouro Nacional – BTN, como indexador. De 1991 em diante, o indexador foi a TR. Mas, fomos afetados, negativamente, mais uma vez, em dezembro de 1994, agora pela alteração da TR para a TJLP, o que elevou substancialmente a taxa básica incidente e, conseqüentemente, o custo total dos financiamentos, com efeito, contrário ao pretendido, quando da assinatura dos contratos com o BNB, em idos de 1990 a 1993.

Segundo Pereira et al (1997, p. 16), enquanto a TR, nos meses de setembro a novembro de 1996 (valor do primeiro dia do mês), variou de 7,8% a.a. a 10,2% a.a., a TJLP, para os meses desse período, foi de 21,94% a.a. A atualização monetária através da TJPL não apenas estava bastante acima da TR, naquela época, como também da inflação, resultando em aumento da taxa real de juros, uma vez que a inflação acumulada no período de novembro de 1995 a outubro de 1996 ficou entre 10,27% a.a. e 13,72% a.a.

Na Tabela 3 estes dados podem ser constatados, com efeito, será apresentada também a inflação acumulada no período de outubro de 1995 a novembro de 1996, segundo Pereira et al (1997, p. 16).

Tabela 3 - Inflação Acumulada no Período Outubro/95 a Novembro/96.

Índice	Taxa Anual
¹ INPC (IBGE)	12,98
² IGPM (FGV)	10,27
³ FGV (IPC)	13,72
⁴ FIPE (IPC)	12,10

¹Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC (IBGE)

²Índice Geral de preços ao Consumidor e de Mercado – IGPM (FGV)

³Fundação Getúlio Vargas – FGV (IPC)

⁴Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE (IPC perspectiva regional)

FONTE: Diário de Pernambuco - Economia, 15/11/96 *apud* PEREIRA et al (1997, p. 16).

Desse modo, o nível de endividamento das empresas ficou muito elevado, frente às dificuldades existentes para a liquidação dos financiamentos obtidos, principalmente por causa das alterações nas condições pactuadas, desrespeitando as determinações da Lei N.º. 7.827/89, que instituiu os Fundos Constitucionais, principalmente o FNE, e pelas mudanças ocorridas no mercado consumidor de rochas ornamentais.

Este mesmo entendimento é compartilhado por Pereira et al (1997, p. 43), segundo comparação a seguir:

Verbis:

Como já foi visto, volumes consideráveis de recursos foram financiados para o Setor. Existe uma dificuldade generalizada de cumprimento das condições contratuais vigentes, sendo questionados especialmente os prazos de carência e as taxas de juros. Tais questionamentos são procedentes e deveriam ser levados em consideração pelos órgãos financiadores que, ao aprovarem os projetos, tornaram-se co-responsáveis pelo sucesso dos empreendimentos. [...]

[...] Parte das dificuldades resulta de fatores exógenos: Os erros de concepção dos projetos e falta de experiência [...] Para a formação do quadro adverso que o setor vêm enfrentando.

Há necessidade de renegociação dos contratos de financiamento. No entanto, essa renegociação deveria ser feita caso a caso e deveria contar com projetos analisando detalhadamente os problemas existentes, indicando, de forma clara como os mesmos seriam superados, seja na área operacional, gerencial ou comercial.

1.4 Taxa Referencial - TR e Taxa Referencial Diária (TRD)

A Taxa Referencial - TR foi criada pela Medida Provisória - MP N.º 294, em 01 de fevereiro de 1991 e, regulamentada pela Lei N.º 8.177/91 durante o Plano Collor II, com o fim da correção monetária e a extinção do Bônus do Tesouro Nacional - BTN, ou Obrigação do Tesouro Nacional - OTN.

A TR teve como objetivo permitir o funcionamento do sistema financeiro face à nova desindexação da Economia, ou seja, estabelecer uma taxa de juros básica, que servisse de referência para o resto de todo o sistema financeiro e, que pudesse ser utilizada por agentes econômicos nos vários mercados existentes.

O valor da TR era encontrado a partir da remuneração média mensal dos depósitos a prazo fixo, captado nas agências dos Bancos comercial, bancos de investimentos, tidos como Certificados de Depósito Bancário - CDBs e o Recibo de Depósito Bancário - RDB, de Impostos ou Tributos Públicos, de acordo com a metodologia fixada pelo Conselho Monetário Nacional. Para esse cálculo, o Banco Central fazia uma amostra das trinta maiores instituições financeiras do País; o critério utilizado para a escolha dessas instituições era o volume de captação de depósitos a prazo de cada uma delas, obtidos mediante balanços semestrais.

Depois de calculada a TR, a taxa de mercado era prefixada com prazo entre 30 (trinta) e 35 (trinta e cinco) dias, sempre divulgada até o oitavo dia útil do mês de referência, pelo Banco Central do Brasil - BACEN. Após sua divulgação, a fixação da Taxa Referencial Diária -TRD, no resto dos dias úteis daquele mês, deveria ser igual a TRD acumulada até

o primeiro dia útil do mês subsequente, ficando estes iguais a TR do mês corrente.

A TRD foi extinta pela Lei Nº. 8.660, de 28 de maio de 1993, que estabelecia novos critérios para a fixação da Taxa Referencial – TR.

Por fim, a TR foi usada como base para reajustes de contratos antes reajustados pela BTN ou OTN, como as cadernetas de poupança, o dinheiro bloqueado durante a vigência do Plano Collor e, principalmente, para a correção de débitos de impostos, taxas e tantas outras obrigações fiscais.

As Variações Econômicas da Taxa Referencial - TR, criada pelo Governo Federal em 1991, perdurando até novembro de 2002, estão disponibilizadas no Site do Banco Central do Brasil – BACEN sobre o título “Séries Temporais” - código 7812.

1.5 TAXA DE JUROS DE LONGO PRAZO (TJLP)

A TJLP foi gerada em dezembro 1994, por meio de uma Medida Provisória - MP Nº. 684/94, que, em dezembro de 1995, após várias reedições, tomou o número 1.219/95 e em 1996, também no mês de dezembro, chegou finalmente à MP Nº. 1.471/96. Entretanto, somente depois de um longo período de 02 (dois) anos na excepcionalidade normativa, transformou-se na Lei Nº. 9.365, de 16 de dezembro de 1996, sem o mínimo cuidado com a dimensão técnico/legislativo e – muito menos – com o seu poder de aplicabilidade.

A referida taxa de juros (TJLP) se revela inconstitucional, por desatender vários princípios da Constituição Federal de 1988, sobretudo, o art. 1º, incisos I a V, e o Parágrafo Único, art. 192, o caput do art. 192 e o art. 25, inciso I da ADCT, que posteriormente serão comentados. Aliás, o próprio STF, atendendo à ação da Federação nacional dos Bancos, declarou que o limite constitucional de juros estava necessitando de uma lei complementar que definisse o conceito de juros reais. Por isso, a TJLP não poderia ser instituída sem que uma Lei Complementar delimitasse o conceito e extensão do seu limite.

A TJLP, sob o aspecto constitucional, deve ser rejeitada pelo Poder Judiciário, bem como por toda a sociedade brasileira, em face do que rezam os seguintes dispositivos:

Verbis: Art. 1º A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos:

I - a soberania;

II - a cidadania

III - a dignidade da pessoa humana;

IV - os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa;

V - o pluralismo político.

Parágrafo único: Todo o poder emana do povo, que o exerce por meio de representantes eleitos ou diretamente, nos termos desta Constituição.

Convém ressaltar, não bastasse a inconstitucionalidade por ofensa aos princípios Constitucionais - art. 1º, incisos I a V e Parágrafo Único, combinados com o caput do art. 192, que exigem que a taxa de juros seja regulada por Lei Complementar, para regulamentar o sistema financeiro nacional e nunca por uma Lei Ordinária. Por outro lado, não há mais o que falar sobre a aplicabilidade da norma explicabilidade de Lei Nº. 4.595/64, pois, o art. 25, inciso I, do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias - ADCT, expressamente revogou a possibilidade do Conselho Monetário Nacional – CMN, continuar com o seu poder normativo, em matéria que a Constituição Federal delegou competência apenas ao Congresso Nacional. Senão vejamos:

Verbis: ... Art. 25. Ficam revogados, a partir de cento e oitenta dias da promulgação da Constituição, sujeitos estes prazos à prorrogação por lei, todos os dispositivos legais que atribuam ou deleguem a órgão do Poder Executivo competência assinalada pela Constituição ao Congresso Nacional, especialmente no que tange à:

I – ação normativa[...].

Assim, não poderia nunca uma Lei Ordinária tratar de instituir uma abertura de taxa de juros para o capital internacional, sem essa Lei Complementar, ou seja, por sua total, impossibilidade jurídica resultante do estabelecimento de critérios sem conteúdo jurídico definido, considerando que por várias vezes os Tribunais Superiores Pátrios já rechaçaram essa ilegalidade, proibindo que as instituições financeiras utilizando-se do critério unilateral fixem o índice de correção dos Contratos com elas firmados.

Vale lembrar que os Tribunais Superiores já declararam a ilegalidade da Taxa ANBID/CETIP, por conduta ilegal e abusiva, por querer sujeitar ao arbítrio de uma das partes apenas a fixação da taxa de remuneração da obrigação, e assim obrigando a outra parte a se submeter ao seu jugo.

Acórdão: RESP 108956 / RS

Fonte: DJ DATA:09/06/1997 PG:25537

Relator : Min. WALDEMAR ZVEITER

Data da Decisão: 28/04/1997

Órgão Julgador: TERCEIRA TURMA

Ementa

CIVIL - EMBARGOS A EXECUÇÃO - CÉDULA RURAL PIGNORATÍCIA E HIPOTECÁRIA - CLAUSULA CONTRATUAL

ESTIPULANDO TAXA ANBID - ILICITUDE. I - ILICITUDE DA CLAUSULA CONTRATUAL QUE ESTIPULA ENCARGOS FINANCEIROS VINCULADOS A TAXA DIVULGADA PELA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS BANCOS DE INVESTIMENTO E DESENVOLVIMENTO - ANBID, SUPOSTOS PELO DEVEDOR, SUJEITANDO O ATO AO ARBITRIO DE UMA DAS PARTES (RESP. N. 44.847/SC - 2. SEÇÃO - DJ DE 02.10.95). II - NÃO SE PERMITE A ESTIPULAÇÃO DE JUROS, POR INADIMPLEMENTO, EM CRÉDITO RURAL, SUPERIOR A 1% AO ANO (INTELIGÊNCIA DO PARÁGRAFO ÚNICO, DO ART. 5, DO DECRETO-LEI N. 167/67). III - RECURSO NÃO CONHECIDO.

Feitas essas considerações preliminares, salienta-se que a criação da TJLP também foi motivada pela desindexação da Economia no âmbito do Sistema Financeiro Nacional, e pela necessidade de alongamento do endividamento público, quando foi implantado em nosso País, o Plano Real em julho do ano de 1994.

Posteriormente, no período de 30 de dezembro de 1998 a 30 de setembro de 1999, a TJLP passou a ser ilegalmente quantificada, tomando por critério uma medida anterior a ela própria.

O Governo Federal, consciente da disfunção da TJLP, editou outra Medida Provisória – MP, criando uma nova taxa de juros que também denominou de TJLP, mas cuja natureza jurídica é completamente diferente daquela TJLP que já constava dos Contratos.

Historicamente a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) foi regulamentada pela Resolução BACEN N°. 2.121, de 30.11.1994, tendo sofrido alterações através das Resoluções BACEN N°. 2.145, de 24.02.95, N°. 2.335, de 13.11.96, N°. 2.587, de 30.12.98, e N°. 2.654, de 30.09.99.

Inicialmente, a TJLP era calculada com base na média aritmética ponderada da rentabilidade média anual dos títulos da dívida pública externa e dos títulos da dívida pública mobiliária interna federal, apurada em uma amostra trimestral, com valores expressos em Reais (R\$).

A partir da Resolução BACEN N°. 2.587, de 30.12.98, foi introduzido um "teto" para a TJLP, passando esta a corresponder ao menor valor entre o calculado:

- i) pelo critério tradicional de média aritmética ponderada da rentabilidade média anual dos títulos da dívida pública externa e dos títulos da dívida pública mobiliária interna federal; e
- ii) pela media aritmética simples da TJLP vigente nos últimos 12 meses, multiplicada por um fator de 1,1.

Esta modificação, introduzida pelo Banco Central, revestia-se de ilegalidade, porquanto a TJLP foi criada por lei, com uma definição clara de que seria uma média das duas médias de juros dos títulos da dívida externa e interna, só cabendo ao Banco Central definir as cestas de títulos e a fórmula de cálculo das duas médias.

Apesar desta alteração, a TJLP vinha apresentando tendência de alta ao longo do ano de 1999. A taxa vigente no 1º trimestre/99 foi de 12,84% a.a., tendo evoluído crescentemente até atingir 14,05% a.a. no 3º trimestre. Mantido o critério de cálculo, o valor da TJLP seria ainda maior no 4º trimestre/99, comportamento este que esbarrava no desempenho da taxa Selic, que vinha apresentando viés de queda desde abril/99.

No ano de 1999, a TJLP, que deveria servir de taxa de juros para remunerar os valores emprestados ao desenvolvimento econômico e social do país, já tinha, por obra e competência do Banco Central, uma curva mais elevada que a taxa Selic, empregada pelo mercado financeiro empregava para remuneração de capital com custo de captação.

Este cenário motivou nova alteração no critério de cálculo, o que foi formalizado através Medida Provisória N°. 1.921, de 30 de Setembro de 1999 e regulamentado pela Resolução BACEN N°. 2.654/99, de 30 de Setembro de 1999.(BNDES, 2002).

Pelo novo critério, a TJLP é obtida a partir de dois componentes básicos:

i) a meta de inflação fixada pelo Conselho Monetário Nacional (CMN); e

ii) um prêmio de risco. (BNDES, 2002).

A TJLP tem vigência de três meses, sendo expressa em termos anuais. É fixada pelo Conselho Monetário Nacional e divulgada até o último dia do trimestre imediatamente anterior ao de sua vigência (no caso, 31 de Dezembro, 31 de Março, 30 de Junho a 30 de Setembro).

Pela nova metodologia de cálculo, a TJLP é dada pelo somatório:

- i) da meta de inflação, calculada pro rata para os doze meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN); e

ii) do prêmio de risco.(BNDES, 2002).

Atualmente, a meta de inflação (MI) fixada pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) é baseada no índice de Preços ao Consumidor Ampliado (IPCA) a está fixada em 3,5% para o ano de 2002, a 4,0% para o ano de 2003, e a 3,75% para o ano de 2004. Neste sentido, a meta utilizada para efeito de cálculo da TJLP divulgada em 19 de Setembro de 2002, corresponde a 3,875% “. (BNDES, 2002)

O PRÊMIO DE RISCO INCORPORA UMA TAXA DE JURO REAL INTERNACIONAL E UM COMPONENTE DE RISCO BRASIL, NUMA PERSPECTIVA DE MÉDIO E LONGO PRAZO, TENDO SIDO ATUALMENTE FIXADO EM 6,125% AO ANO.(BNDES, 2002).

A TJLP, por inúmeras vezes, após incorrer em ilegalidade, foi rechaçada pelo Poder Judiciário, por decisão dos Tribunais Superiores Pátrios e, mais uma vez foi reformulada, através da Medida Provisória - MP Nº. 1.921/99, passando-se à MP Nº. 2.090/2001 que, após várias reedições, converteu-se, na Lei Nº. 10.183/2001(a seguir transcrita), tendo, entretanto, continuado a padecer dos mesmos vícios anteriores, só que, desta vez, a submissão da TJLP aos critérios ditados, livremente, pelo capital especulativo nacional e internacional, ficou mais patente.

LEI Nº 10.183/2001

Art. 1º A partir de 1º de Outubro de 1999, a Taxa de Juros de Longo Prazo - TJLP terá período de vigência de um trimestre-calendário e será calculada a partir dos seguintes parâmetros:

I - meta de inflação calculada pro rata para os doze meses seguintes ao primeiro mês de vigência da taxa, inclusive, baseada nas metas anuais fixadas pelo Conselho Monetário Nacional;

II - prêmio de risco."

Assim, atualmente, a TJLP é calculada com base na meta de inflação e um elemento sem qualquer definição jurídica, nominado de "prêmio de risco". Entretanto, em momento nenhum a citada Lei ou mesmo quaisquer normas regulamentadoras do Conselho Monetário Nacional, definiram o que vem a ser prêmio de risco.

A expressão prêmio de risco (como elemento de Direito Econômico) não tem uma definição na lei e/ou outras normas do CMN, bem como, não há definição de qual seja sua fórmula de cálculo, de maneira a dar ao seu aplicador o mínimo de segurança jurídica, ao revés, justamente por sua indefinição, sobressai-se como ferramenta de abuso e confisco; sabe-se que o Banco Central vem se utilizando, para fixação do prêmio de risco, de dois componentes que são ditados livremente pelas instituições financeiras, quais sejam: uma taxa de juro real internacional e um componente de risco Brasil.

Dessa forma, pode-se afirmar que a TJLP nada mais é do que a união, em um só corpo, de um elemento de correção monetária (meta de inflação) e um elemento de juros (prêmio de risco). Portanto, como se admitir que tal taxa sirva para remuneração de empréstimos feitos com recursos que não foram captados no mercado (FNE) e que deveriam servir justamente para o desenvolvimento da atividade produtiva, gerando emprego e renda.

Por outro lado, a taxa de juro real, internacional, apesar de também não se tratar de nenhum elemento concreto, bem como, o risco Brasil, é a maior encarnação da atividade especulativa. Isso gera influência nos juros que remunerarão os títulos dos quais são credores; as próprias instituições financeiras que fixam o risco país, ou seja, o credor é quem dita livremente a sua remuneração.

Ademais, a TJLP, na medida em que adota uma hipotética e desconhecida taxa de juros internacionais, afronta à soberania do país e desfavorece os valores sociais do trabalho e da livre iniciativa para premiar – como legalmente confessa – o capital especulativo, venha de onde vier, seja ou não um capital lícito.

Assim, é correto afirmar que a TJLP, da forma em como está regulamentada pela Lei Nº. 9.365/96, é inconstitucional, porque contraria a própria Constituição Federal de 1988 e, ainda, a legislação vigente do ordenamento jurídico brasileiro.

Ao final, conclui-se que esse foi o modo obliquo de agravar os Contratos referenciados em TJLP, através de uma Lei nova, visando a malferir a garantia Constitucional de que a Lei nova não prejudica o Ato Jurídico Perfeito, a Coisa Julgada e o Direito Adquirido, art. 5º, inciso XXXVI da Constituição Federal.

Estes fatos compõem, precisamente, a situação fática, destacando-se a forma irregular como o BNB tratou os recursos oriundos do FNE, quando contratou com 17 (dezesete) empresários do Setor de Rochas Ornamentais do Estado do Ceará.

Na verdade, daquele total, 08 (oito) empresários vieram a ter sua falência decretada, no período de 1993 a 1996, porque o BNB empregou como modelo de contrato o instituto jurídico do Contrato de Adesão, *per si* eivado de ilicitude e porque também obedeceu às suas disposições legais, que terminaram comprometendo o equilíbrio contratual entre as partes, afastado pelo caráter adesivo dos Contratos em apreço.

1.6 Taxa da Associação Nacional dos Bancos de Investimentos e Desenvolvimento - ANBID e Central de Liquidação e Custódia de Títulos Privados – CETIP.

A Taxa da Associação Nacional dos Bancos de Investimentos – ANBID é uma taxa de juros obtida pela Associação dos Bancos de Investimentos e pela Central de Liquidação e Custódia de Títulos Privados – CETIP, tendo em vista a média do volume de captação e aplicação em CDB, RDB, CDI e CDI-OVER. Era publicada diariamente, até às 12h, nos principais jornais do país. Essas taxas são flutuantes (variáveis) e têm caráter unilateral. As taxas são apuradas e informadas ao Banco Central – BACEN. Posteriormente, a memória desses cálculos passou a ser são conservadas, para efeito de uma eventual exibição e fiscalização.

No Brasil, de acordo com as leis vigentes que regulam o mercado financeiro, a fixação das Taxas médias, competia, privativamente, ao Conselho Monetário Nacional – CMN que deve "disciplinar o crédito em todas as suas modalidades e as operações creditícias em todas as suas formas" (inciso VI) e, "limitar, sempre que necessário, as taxas de juros, descontos, comissões e qualquer outra forma de remuneração de operações e serviços bancários ou financeiros" (inciso IX), conforme o expresso no artigo 4º da Lei N.º. 4.595/64.

Foi no exercício dessa competência que o Conselho Monetário expediu a Resolução N.º. 1.143, de 26 de junho de 1986, para:

I - autorizar as instituições financeiras a realizar em operações ativas e passivas a taxas flutuantes (variáveis), que poderão ser reajustadas em períodos fixos, desde que tais operações tenham prazo igual ou superior a 180 dias.

Pelo mesmo diploma, fica o Banco Central do Brasil autorizado a:

IV - b) fixar parâmetro para base do reajuste periódico das taxas de que trata o item I desta Resolução.

No desempenho da função, para a qual estava autorizado, o Banco Central expediu a Circular N.º. 1.047, de 9 de julho de 1986, cujo artigo 3º, tem a seguinte redação:

Para efeito do disposto na alínea b, do item IV, da Resolução N.º. 1.143/86, é facultada a utilização da taxa média de captação por Certificados de Depósitos Bancários, com prazo de 60 (sessenta) dias, apurada por este Banco Central e divulgada por entidade por ele credenciada, ou de outra taxa referencial de fácil aferição e de conhecimento público.

Como se vê, a taxa variável somente podia ser fixada pelo Banco Central, conforme delegação recebida do Conselho Monetário Nacional - CMN. A disposição dúbia constante do final do artigo 3º, da Circular N.º 1.047/86, deve ser entendida como uma outra taxa também fixada pelo mesmo Banco Central, pois não se concebe estivesse ele abrindo mão da autorização delegada pelo Conselho Monetário Nacional e, muito menos, entregando-a a uma entidade interessada nos resultados da fixação dos valores dos encargos financeiros.

Esse é o convencimento do Sr. Ministro Ruy Rosado de Aguiar, do Superior Tribunal de Justiça – STJ, em seu Acórdão, proferido no Recurso Especial N.º 46.746-2 - SC (Registro n.º 94.0010623-8) a respeito da Taxa ANBID/CETIP.

No mesmo sentido, a Súmula 176, do STJ, pacificou a jurisprudência pátria, quando afastou a incidência de cláusula contratual que previa a utilização de taxa de juros divulgada pela ANBID/CETIP, para o cálculo dos encargos financeiros, em caso de inadimplência do devedor do mútuo. Aliás, se assim não fosse, o mutuário dificilmente teria condições de saber a que taxa estaria sujeito, em caso de inadimplência: se à taxa de juros prefixada ou a taxa de juros pós-fixada; se a

divulgada pela ANBID ou pela CETIP, e qual delas é a mais praticada no mercado financeiro. Por outro lado, essa taxa afronta o preceito de lei estabelecido nos arts. 20 e 115 do antigo Código Civil brasileiro, que considerava nulas as Cláusulas Potestativas. Vejamos o que diz a Súmula 176 do STJ:

Verbis: Súmula 176

É NULA A CLÁUSULA CONTRATUAL QUE SUJEITA O DEVEDOR A TAXA DE JUROS DIVULGADA PELA ANBID/CETIP

Por fim, apesar de toda a proibição legal, determinando ser ilícita a cláusula contratual que deixa a fixação do valor dos encargos financeiros do mútuo ao talante da entidade de classe a que pertence o credor, ou seja, deixar ao arbítrio do credor a fixação do preço do negócio, o BNB, mesmo assim, cobrou dos empresários do Setor de Rochas Ornamentais do Ceará encargos financeiros vinculados à divulgação da taxa ANBID/CETIP, contrariando, inclusive, os ditames da Lei N.º. 7.827/89, que instituiu o FNE, a própria Constituição Federal de 1988 e tantos outros dispositivos legais já citados e analisados no curso deste trabalho.

1.7 TAXA DE JUROS E A CÉDULA DE CRÉDITO INDUSTRIAL

A real natureza jurídica da TR e TRDs, tidas como taxas de juros não é legítima, porque não são índices de correção monetária. Assim, ficou proibida sua incidência como indexadores econômicos, segundo prescreve o art. 12, da Lei N.º 7.827/89 - FNE, no sentido de que "quaisquer outras remunerações, direta ou indiretamente referidas à concessão de crédito, não poderão ser superiores a 8% (oito por cento) ao ano".

Neste mesmo sentido a ponto a proibição de incidência da TR e TRDs sobre os recursos dos Fundos Constitucionais, por decisão vinculante do Supremo Tribunal Federal – STF, no julgamento da Ação Direta de Inconstitucionalidade – ADIn. N.º 493 - DF, em cujo julgamento proclamou-se a falta de proporcionalidade e razoabilidade da TR e da TRDs, como os índices de correção monetária, posto não refletirem a variação do poder aquisitivo da moeda.

A TR e a TRDs não são índices de correção monetária, porque assim não foram expressamente declaradas pela Lei N.º 8.177/91, em seus arts. 12, 17 e 39. E, portanto, só poderão ser qualificadas como Taxas Remuneratórias, ou melhor, taxa de juros, ficando desse modo, descaracterizada, a pretendida natureza da TR como índice de atualização monetária.

Por esse motivo, a aplicação da Taxa Referencial - TR não podia ser aplicada nas prestações futuras dos contratos precedentes, celebrados na vigência da Lei N.º. 7.827/89 do FNE, porque, se assim fosse, implicaria em alteração do valor real dessas mesmas parcelas, já previamente contratadas.

Destarte, a Taxa de Juros a Longo Prazo – TJLP, é taxa de juros, tem caráter eminentemente remuneratório, como prescreve o art. 4º da Lei Nº. 9.365/94, que a regulamentou.

A TJLP não pode ser aplicada aos financiamentos concedidos com os aportes financeiros dos Fundos Constitucionais, previstos pelo art. 1º da Lei Nº. 9.126/95, porque realizados antes de 1º de julho de 1995, conforme prevê a Constituição Federal de 1988 em seus arts. 5º, XXXVI e 60, § 4º, IV, conjugados, segundo as quais "a lei não prejudicará o direito adquirido, o ato jurídico perfeito, e a coisa julgada".

Ademais, a TJLP não podia incidir também sobre os contratos, considerando a limitação imposta pelo art. 12, da Lei Nº. 7.827/89 do FNE, devido à redação vigente ao tempo da celebração desses contratos com os empresários do Setor de Rochas Ornamentais Cearense.

Quanto à Cédula de Crédito Industrial, conferida pelo Decreto-Lei Nº. 413/69, podemos dizer que essa não foi a melhor via de instrumentalização para a cobrança do financiamento concedido pelo Banco do Nordeste S/A - BNB, com os recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE, porque inadequada, considerando o regime próprio desse financiamento, que reclamava por um instrumento próprio e afeição às especificidades da Lei Nº. 7.827/89.

A Lei Nº. 7.827/89 e suas modificações posteriores exigem um contrato próprio, a luz do que regula o Código Civil – CC, nos Contratos de Mútuo, adequando-se à equação financeira que regula os empréstimos do FNE. Quanto à Taxa de Juros e ao objetivo constitucional do Fundo, há que esse contrato contemplar um custo financeiro mínimo, a fim de que se atendam os princípios constitucionais, como o art. 3º, inciso III, e o art. 192, caput, da Constituição Federal de 1988, de diminuição das desigualdades regionais e erradicação da pobreza.

De igual forma, tem que se ter muito cuidado nessa construção contratual, porque os juros reais, bem como as taxas de juros que trabalham com esse conceito, necessitam de uma Lei Complementar prévia, como determina a Constituição Federal, caput, do art. 192. Vejamos o diz o artigo:

Verbis: - Do Sistema Financeiro Nacional

... Caput, do art. 192 - O sistema financeiro nacional, estruturado de forma a prover o desenvolvimento equilibrado do país e a servir aos interesses da coletividade, será regulado em lei complementar, que disporá, inclusive, sobre[...].

Observa-se aqui também, seu aspecto finalístico, qual seja:

Contribuir para o desenvolvimento econômico e social das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, através das instituições financeiras federais de caráter

regional, mediante a execução de programas de financiamento aos setores produtivos, em consonância com os respectivos planos regionais de desenvolvimentos.

Ao final, depois da análise crítica dos fatos expostos ao longo deste trabalho, é correto afirmar, que um dos fatores preponderantes, que determinou a falência de 08 (oito) empresas de extração e beneficiamento de granito, que integravam o Setor de Rochas Ornamentais do Estado do Ceará (47,5%), de um total de 17 (dezesete), uma vez que todas tiveram seus projetos incentivados pelo BNB, de 1993 a 1996, com os recursos oriundos do FNE, teve origem em seu nascedouro, deveu-se à imaturidade do setor, em que é necessário reconhecer a responsabilidade, tanto das empresas como dos órgãos de fomento, na implantação de projetos com erros de concepção ou fundamentados em estimativas pouco confiáveis, mas, mesmo assim, aprovados pelo BNB segundo PEREIRA *et al* (1997), e concomitantemente aliados a uma elevada capacidade nominal instalada na produção de rochas na época.

Na verdade, a visão equivocada do Setor de Rochas Ornamentais da Região Nordeste, principalmente no Estado do Ceará, relacionada à má administração do BNB, órgão responsável pela administração do FNE, para gerir os recursos, definir normas, procedimentos, enquadrar propostas, fixar juros, créditos e tantas outras atribuições, tudo previsto nos arts. 15º, 16º e 17º, da Lei Nº. 7.827, de 27 de setembro de 1989, que instituiu o Fundo Constitucional, entre outros motivos, podemos concluir pelo seguinte arrazoado:

- Houve desvio de finalidade, porque, por disposição constitucional, os recursos do FNE foram oriundos da União, (art. 159, inciso I, alínea "c", da CF/88), ou seja, dos contribuintes, e destinados a fomentar o desenvolvimento do Nordeste, visando a erradicar a pobreza, diminuir as desigualdades sociais dessa Região (art. 3º, incisos II e III, da CF/88), e não para o BNB, com eles, obter ganhos financeiros, tirando vantagens ilícitas de sua posição de agente administrador do FNE;
- Houve desvio de finalidade, porque, o BNB também tirou proveito dos recursos do FNE quando capitalizou juros (juros de juros), com uma periodicidade diária, desrespeitando a Súmula 121 do STF, a jurisprudência pacificada do STJ, entre outras;
- A política de juros e a correção monetária, empregada pelo BNB nos Contratos pactuados com o Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, demonstraram pouca vocação desenvolvimentista do Banco, se comparada à forma de cobrança dos juros implementada pelo BNDES, com recursos oriundos do Sistema FAT/FINAME, cujo objetivo principal também é o de desenvolver a Região Nordeste, ou seja, o mesmo objetivo do FNE.

CONCLUSÕES

O governo Lula, recém eleito para gerir os interesses do povo brasileiro, vem apresentando como objetivos centrais do plano de governo as seguintes metas: geração de empregos; combate à fome; redução das desigualdades regionais; substituição das importações e aumento das exportações. Por isso, o Setor de Rochas Ornamentais, cujos Pólos de desenvolvimento se encontram espalhados por toda a nação, mas essencialmente fora dos Estados mais industrializados, pode, significativamente, alavancar a consecução dos objetivos principais do governo federal.

Na verdade, o Brasil precisa, com a máxima urgência, sem relegar a defesa das reformas há tempos reclamadas pela sociedade, estabelecer novas políticas de investimentos e incentivos para os mercados consumidores de rochas ornamentais e minerais industriais, a curto prazo, estimulando o retorno dos investidores no âmbito do setor mineral. Assim, se tais ações fossem implementadas, rapidamente, o Setor de Rochas Ornamentais apresentaria uma resposta com reflexos positivos no mercado de emprego, na geração local de renda, no aumento das exportações, contribuindo, de forma positiva para a redução das desigualdades regionais, principalmente na Região Nordeste e, em especial no Estado do Ceará.

O Setor de Rochas Ornamentais do Ceará não obteve o desenvolvimento esperado, quando da instalação do Pólo Graniteiro, em 19 de abril de 1993, devido a vários fatores, dentre eles destaca-se: a imaturidade do Setor, a elevada capacidade nominal instalada e principalmente pelo desvio de finalidade dos objetivos constitucionais da Lei Nº. 7.827/89, de 27 de setembro de 1989, que instituiu o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE.

A falta de experiência, comum às empresas também esteve presente nas instituições de fomento, in casu Banco do Nordeste do Brasil S/A – BNB, responsável pela administração dos recursos oriundos do FNE (arts.13 a 17) na Região Nordeste, notadamente no Estado do Ceará, durante o período de 1990 a 1996. Houve, é necessário reconhecer, responsabilidade, tanto das empresas como dos órgãos de fomento, na implantação de projetos com erro de concepção ou fundamentos em estimativas pouco confiáveis, mas, mesmo assim, instalados pelo BNB no Ceará, naquela época.

O *modus operandi* implementado pelo BNB na gerência dos recursos do Fundo Constitucional, foi decisivo para o colapso do Setor em 1996, principalmente quando este se utilizou e impôs, irregularmente, o modelo contratual da Cédula de Crédito Industrial, a título de contrato de adesão, além de ter pactuado cláusulas com os mais variados tipos de encargos financeiros: ou seja, taxas, comissões e multas. A política de juros e a correção monetária, empregada pelo BNB nos Contratos pactuados com o Setor de Rochas Ornamentais do Ceará, demonstraram pouca vocação desenvolvimentista, ou seja, de Banco de Desenvolvimento, se comparadas

à forma de cobrança dos juros pelo BNDES, com recursos oriundos do Sistema FAT/FINAME, cujo objetivo principal, também, é o de desenvolver a região Nordeste.

Ao final, vale lembrar que houve desvio de finalidade, porque, por disposição constitucional, os recursos do FNE foram provenientes da União (art. 159, inciso I, alínea “c”, da CF/88), ou seja, dos contribuintes, e destinados a fomentar o desenvolvimento do Nordeste, visando a erradicar a pobreza, diminuir as desigualdades sociais dessa região (art. 3º, incisos II e III, da CF/88), e não para o BNB, com eles, obter ganhos financeiros, tirando vantagens ilícitas de sua posição de agente administrador do FNE. Outro desvio de finalidade, cometido pelo BNB, foi a aplicação da Medida Provisória - MP N.º 1.105/95, nos Contratos assinados junto ao Setor de Rochas Ornamentais, porque esses contratos são anteriores à Medida Provisória e, por esse motivo, a revogação do art. 12 da Lei N.º 7.827/89 - FNE foi inconstitucional, porque, é garantia constitucional que a lei não prejudicará o ato jurídico perfeito, a coisa julgada e o direito adquirido, conforme determina o art. 5º, XXXVI, da Constituição Federal de 1988.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, M. L. ; COELHO NETO, J. S. O arcabouço jurídico da mineração. In: BNB – Banco do Nordeste do Brasil S/A. Balanço patrimonial em moeda de capacidade aquisitiva constante. O Povo. Fort.25/01/1996 e Fundo constitucional de financiamento do Nordeste(FNE) Fort. 7/02/ 1995a., Caderno 3, p.17. BNDES. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br> . Acesso: Jul. 2002.

BRASIL. Decreto nº 22.626, de 7 de abril de 1933. Dispõe sobre os juros nos contratos e da outras providências. Disponível em:< https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D22.626.htm>. Acesso:20/06/03.

BRASIL. Decreto Lei nº 413, de 9 de janeiro de 1969. Dispõe sobre Títulos de Crédito Industrial e dá outras providências. Disponível em:< https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del/413.htm>. Acesso: 20 jun. 2003.

BRASIL. Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989. Regulamenta o art. 159 inciso I alínea c da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte(FNO); do Nordeste(FNE) e do Centro-Oeste(FCO) e da outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/civil_03/Leis/L7827.htm> Acesso:15/01/02.

BRASIL. Lei nº 8.660, de 28 de maio de 1993. Estabelece novos critérios para a fixação da TR e extingue a TRD. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/civil_03/Leis/L8660.htm> Acesso 15/01/02.

BRASIL. Decreto nº 22.626, de 7 de abril de 1933. Dispõe sobre os juros nos contratos e da outras

providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D22.626.htm>. Acesso: 20/01/03.

BRASIL. Lei nº 9.126, de 01 de novembro de 1995. Dispõe sobre a aplicação da Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) sobre empréstimos concedidos com recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e dos fundos de Investimentos do Nordeste e da Amazônia e do Fundo de Recuperação Econômica do Espírito Santo, e com recursos das Operações Oficiais de crédito, altera dispositivos da Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9126.htm> Acesso: 15/01/02.

BRASIL. Lei nº 9.298, de 1º de agosto de 1996. Altera a redação do § 1º do art. 52 da Lei nº 8078, de 11 de setembro de 1990, que "dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências". Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9298.htm> Acesso: 15/01/02.

BRASIL. Medida Provisória nº 1.105/95. Dispõe sobre a aplicação da Taxa de Juro de Longo Prazo (TJLP) sobre empréstimos concedidos com recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e dos Fundos de Investimentos do Nordeste e da Amazônia e do Fundo de Recuperação Econômica do Estado do Espírito Santo, e com recursos das Operações Oficiais de Crédito e da outras providências. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/servlets/NJUR.Filtro?tipo=NPV&secao=NJUILEGBRAS&numLei=001105&data=19950825&pathServer=www1/netacgi/nph-brs.exe&seq=000>> Acesso:15/01/02.

BRASIL. Medida Provisória nº 1.988-16, de 13 de janeiro de 2000. Dispõe sobre as operações com recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte, do Nordeste e do Centro-Oeste, de que trata a Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, e dá outras providências. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L1988-16.htm> Acesso:15/01/02.

BRASIL. Superior Tribunal Federal. ADI 493/DF – Distrito Federal. Ação direta de inconstitucionalidade. - Se a lei alcançar os efeitos futuros de contratos celebrados anteriormente a ela, será essa lei retroativa (retroatividade mínima) porque vai interferir na causa, que é um ato ou fato ocorrido no passado. - O disposto no artigo 5, XXXVI, da Constituição Federal se aplica a toda e qualquer lei infraconstitucional, sem qualquer distinção entre lei de direito público e lei de direito privado, ou entre lei de ordem pública e lei dispositiva. Precedente do S.T.F. - Ocorrência, no caso, de violação de direito adquirido. A taxa referencial (TR) não é índice de correção monetária, pois, refletindo as variações do custo primário da captação dos depósitos a prazo fixo, não constitui índice que reflita a variação do poder aquisitivo da moeda. Por isso, não há necessidade de se examinar a questão de saber se as normas que

alteram índice de correção monetária se aplicam imediatamente, alcançando, pois, as prestações futuras de contratos celebrados no passado, sem violarem o disposto no artigo 5, XXXVI, da Carta Magna. - Também ofendem o ato jurídico perfeito os dispositivos impugnados que alteram o critério de reajuste das prestações nos contratos já celebrados pelo sistema do Plano de Equivalência Salarial por Categoria Profissional (PES/CP). Ação direta de inconstitucionalidade julgada procedente, para declarar a inconstitucionalidade dos artigos 18, "caput" e parágrafos 1 e 4; 20; 21 e parágrafo único; 23 e parágrafos; e 24 e parágrafos, todos da Lei n. 8.177, de 1 de maio de 1991. Disponível em: <<http://gemini.stf.gov.br/cgi-bin/nph-brs?d=SJUR&n=judg&s1=493&u=http://www.stf.gov.br/Jurisprudencia/Jurisp.asp&Sect1=IMAGE&Sect2=THESOFF&Sect3=PLURON&Sect6=SJURN&p=1&r=14&f=G&l=20>> Acesso: 23/11/02.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Resp.nº 95537. Cédula de crédito industrial. taxa ANBID. penhor de duplicatas.1. a taxa ANBID não pode ser utilizada para o cálculo dos encargos de cédula de crédito industrial. precedentes do STJ. Disponível: <<http://www.stj.gov.br/jurisprudencia/doc.jsp?livre=rsstj+vol+00091+pg+00283&b=JUR2&p=true&t=&l=20&i=1>> Acesso: 23/11/02.

BRASIL. Súmulas do Supremo Tribunal Federal: Nº121. É vetada a capitalização de juros, ainda que expressamente convencionada. E Nº176. É nula a cláusula contratual que sujeita o devedor à taxa de juros divulgada pela ANDIB/CETIP In: __. NERY JUNIOR, N.; NERY, R.M.A. Código civil anotado: e legislação extravagante, atualizado até 2 de maio de 2003. 2.ed. rev. ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2003. p.1411 e p. 1435.

A CORROSÃO das ações. Exame, v.36, n.27, p.93, nov. 2002. Edição especial.

KINOSHITA, F. MELO, M.A. (Orgs.) Constituição da República Federativa do Brasil de 1988: atualizada até a emenda constitucional de 30 de dezembro de 2002. Brasília: OAB Editora, 2003. 304p.

PEREIRA, E.,B; ROBERTO, F A. C.; AMARAL, M. Situação atual e diagnóstico do setor de rochas ornamentais do Nordeste. Fortaleza: FIEC/ Instituto Euvaldo Lodi, 1997. 149p.(Estudo econômico sobre rochas ornamentais, v.5).

SANDRONI, Paulo. Novíssimo Dicionário de Economia. São Paulo: Best Seller, 2000. 649p.

SUMÁRIO

CONFERENCIAS

Projeto Aprender na Obra: Capacitação e Extensão Tecnológica	2
<i>Risale Neves</i>	
Marmorarias do Ceará – Dificuldades e Limitações do Setor	13
<i>Fernando Antônio Castelo Branco Sales</i>	
A Indústria de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Nordeste no Contexto da Política Nacional de Desenvolvimento Regional	30
<i>Reinaldo D Sampaio</i>	

Conferências

PROJETO APRENDER NA OBRA: CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA

Risale Neves

Profa. MSc., Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU) – e-mail: risaleneves@bol.com.br
Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Centro de Artes e Comunicação –
Campus da UFPE – CEP 50740-530 – Recife – PE –
Tel: 0 (XX) 81 3271.8771 e Fax: 0 (XX) 81 3271.8770

RESUMO

APRENDER NA OBRA é uma atividade que surgiu de um convênio entre a UFPE¹ e a ADEMI-PE², em 1999, visando oferecer estágios para alunos do Curso de Arquitetura em empresas construtoras. Foi idealizada para apoiar a disciplina de Planejamento Arquitetônico PA6B, que ensina a projetar o edifício residencial. Como inovação, incorporou às solicitações do plano de curso desta disciplina, exigências do mercado imobiliário: aplicação dos índices de mercado e dos avanços tecnológicos relativos à racionalização da habitação nos aspectos técnico-constructivos e também na gestão dos projetos e obras. Sem conhecê-las, o aluno estará despreparado para enfrentar o setor, hoje restrito a nichos de arquitetos detentores de um acervo tecnológico adquirido fora da Universidade. Podem participar do Projeto alunos a partir do 4º período, para que cheguem ao 6º com conhecimento prático de obra. Eles seguem um manual de orientação e um roteiro para observação e análise da obra onde estagiam, constituído por “Módulos Didáticos”. Após seis meses de estágio, apresentam em seminário, a experiência vivida e um relatório final. A experiência tem levantado questões para reflexão: índices de mercado amplamente aplicados pelos construtores têm mudado significativamente a “cara” dos edifícios residenciais; consultores de projetos têm interferido nas propostas apresentadas à luz dos indicadores, buscando racionalização e competitividade; recursos tecnológicos mais práticos têm padronizado as soluções das habitações; compatibilização e gerenciamento de projetos surgem como fatias de mercado para os arquitetos, entre outros. Estagiaram cerca de 60 alunos e 46 aguardam vagas. A autoria do Projeto foi registrada no CONFEA³ e publicada no Diário Oficial em 2001.

APRESENTAÇÃO GERAL DO TRABALHO

O que é o Projeto APRENDER NA OBRA

APRENDER NA OBRA é uma atividade de extensão que foi idealizada em 1998, aprovada e

registrada na Pró-reitoria de Extensão da Universidade Federal de Pernambuco em 18 de junho de 1999 e teve a sua autoria registrada no sistema CONFEA / CREA em 29 de maio de 2001, com publicação no Diário Oficial em 17 de julho de 2001. Foi viabilizada pelo convênio firmado em 11 de março de 1999 entre a UFPE e a Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco – ADEMI/PE, visando a captação de vagas para estágio junto às empresas construtoras filiadas àquela associação.

O primeiro estagiário ingressou em obra em 16 de abril de 1999. Em 2001 o programa Universidade Para Todos reconheceu a atividade como Disciplina de Extensão, valendo 2 (dois) créditos no histórico escolar do aluno. Para os alunos cujo ingresso no estágio antecedeu esse reconhecimento, os créditos não puderam ser computados, valendo apenas para aqueles contratados posteriormente.

A atividade tem se mantido em fluxo contínuo, independentemente do calendário escolar. Não reconhece férias ou paralisações de qualquer categoria vinculada ao Ensino Federal. Ela é regulada pela indústria da construção civil. Algumas empresas construtoras têm admitido um estagiário após outro. Outras, dependendo do cronograma de obras, ou como lhes convém. Mesmo assim, o Projeto tem contado com mais adesões do que desistências de participação por parte do empresariado da construção.

O Projeto APRENDER NA OBRA tem consolidado algumas ações complementares além do estágio do aluno, o que o tem tornado acessível também a quem não participa dele diretamente. Soma hoje um investimento em 40 alunos certificados; em 13 alunos com estágios em curso; com cerca de 6 profissionais voluntários reconhecidos pela Pró-reitoria de Extensão; com 6 premiações conferidas pelo Prêmio Ricardo Gama e um Mini-curso sobre tecnologia de Rochas Ornamentais promovido pela própria Coordenação do Projeto, entre outras ações. Além dos objetivos do Projeto, da metodologia que vem sendo adotada no monitoramento dos alunos e do acervo que vem sendo reunido sobre as obras onde os alunos estagiam, serão tratados aqui alguns questionamentos levantados a partir da experiência dos alunos, do monitoramento do professor e do inter-relacionamento entre os demais profissionais envolvidos.

¹ Universidade Federal de Pernambuco – Federal University of the State of Pernambuco.

² Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Pernambuco – Association of the Real Estate Market of Pernambuco.

³ Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – Federal Council of Engineering, Architecture and Agronomy.

Para que foi idealizado

O Projeto APRENDER NA OBRA foi idealizado a partir de uma experiência de assessoria técnica de nove anos prestada ao mercado imobiliário. Objetivou ajudar, através de estágios, alunos do Curso de Arquitetura a se aproximarem da realidade dos canteiros de obras e assim obterem referências práticas para desenvolver os temas semestrais da disciplina PA6B. Como o foco de trabalho dessa disciplina é o edifício residencial, entendeu a autora que os empreendimentos destinados a esse uso pelo mercado imobiliário seriam ideais para dar suporte a iniciativa, que tem visado além dos interesses da disciplina, a qualificação profissional do arquiteto.

Essa qualificação tem sido questionada nos últimos anos pelos empresários da construção, na sua maioria engenheiros, alegando que os arquitetos mais jovens não tem acompanhado as mudanças que vêm ocorrendo, principalmente no segmento habitacional destinado à classe média, onde os procedimentos construtivos tem sido controlados pelos: Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), por exemplo e ISO's, que são normas internacionais referentes aos "sistemas de qualidade" aplicados na construção civil com o objetivo de oferecer produtos de melhor qualidade, competitivos no mercado com menor custo e de fácil manutenção durante os anos de uso pelos seus proprietários (observações obtidas através da assessoria técnica a que a autora se referiu).

Assumindo a crítica como um desafio, as prerrogativas do mercado imobiliário foram incorporadas também à orientação de sala de aula, o que não quer dizer que o aluno deva segui-la obrigatoriamente. A proposta didática passou a alertar os alunos para a realidade do mercado, mas respeitando o potencial e a individualidade de cada um. As soluções dos temas semestrais devem, no mínimo, serem tecnicamente viáveis.

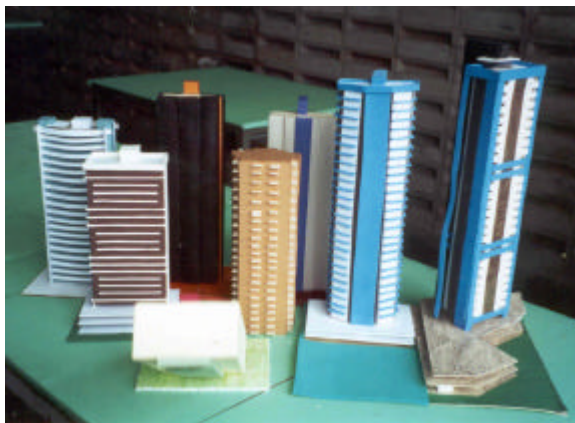


Foto 01 - Maquetes que vem sendo produzidas dentro da sala de aula pelos alunos

Além das mudanças na construção civil, as mudanças de legislação municipal também condicionam o raciocínio projetual. Acompanhá-las passo a passo através do que está sendo construído,

torna mais fácil para o aluno a interpretação e a assimilação das normas não só para aplicar no seu trabalho de classe, mas também nos seus projetos futuros.

Para que o aluno chegue ao 6º período com a experiência do estágio, a seleção vem sendo feita a partir do 4º período. Depende sempre da disponibilidade das empresas construtoras em aceitar o estagiário e, mais que isso, em aderir ao propósito de contribuir com a formação profissional a que se propõe o Projeto, como já foi dito anteriormente. Uma vez estando à frente da iniciativa a própria ADEMI/PE, interessada em promover e divulgar o Projeto que apóia, a influência sobre as empresas associadas tem sido decisiva para obtenção de um maior número de vagas.

Como tem funcionado a atividade

Procedimentos de contratação:

A Coordenação do Projeto, exercida pela própria autora, tem sido responsável por todos os passos que devem ser dados conjuntamente com os alunos interessados desde a inscrição até a entrega de certificados. O primeiro passo foi a divulgação do Projeto. Hoje ele se mantém com uma mídia promovida pelos próprios participantes que têm sido formadores de opinião a respeito da experiência vivenciada. Além deles, o Projeto conta com a divulgação do Jornal *ComuniCampus* da UFPE, Jornal ADEMInews, Revista Construir Nordeste entre outras matérias publicadas eventualmente em jornais da cidade.

O segundo passo é a lista de inscrições. O aluno, para se inscrever, deve ter um expediente livre para cumprir as quatro horas diárias de segunda a sexta-feira dentro da obra.

Para atender a demanda, a Coordenação do Projeto mantém um contato contínuo com as empresas construtoras associadas à ADEMI/PE, para averiguar a possibilidade de oferta de vagas.

Para cada vaga obtida, a Coordenação verifica a ordem de inscrição, histórico escolar do aluno, a proximidade da moradia com o local do estágio e convoca o aluno para uma primeira orientação com entrega do Manual APRENDER NA OBRA, especialmente elaborado para orientá-lo no estágio.

A partir do Manual de Orientação, o aluno inscrito e selecionado pela Coordenação do Projeto entra em contato com a empresa construtora para providenciar a sua contratação.

Quando a empresa construtora ainda não conhece o Projeto, a coordenação remete via fax ou e-mail um informativo orientando sobre os procedimentos de contratação, valor da bolsa (1 salário mínimo por meio expediente) e vale transporte.

O manual trata os procedimentos iniciais para a contratação, recomendações de interesse do aluno e da Coordenação do Projeto e principalmente

os 5 (cinco) Módulos Didáticos que devem orientar o reconhecimento dos elementos componentes do edifício objeto do estágio, a partir do projeto arquitetônico e da própria obra.

O modelo de contrato segue os moldes da Pró-reitoria Acadêmica da UFPE, devendo ser preenchido em três vias. Tem como prerrogativas um seguro obrigatório sem o qual o aluno não pode entrar em obra e a proximidade da mesma à sua residência (ou fluxo de deslocamento facilitado por sistema de transporte).

Monitoramento:

Durante o primeiro mês de estágio, a Coordenação deixa o aluno enfrentar as adversidades de uma primeira experiência.

Ele não sabe exatamente o que vai fazer, e depende do comando de profissionais que não estão habituados a lidar com um arquiteto dentro de obra (muito menos um estudante).

Esse comando pode ser de um engenheiro, de um mestre de obra ou até mesmo de outro estagiário mais experiente. Enfim, ele luta para garantir seu espaço.

Após esse período, a Coordenação já percebe um certo domínio do aluno: ele tem tarefas determinadas, está acompanhando o desenvolvimento dos mais diversos serviços desde a elevação de estruturas, alvenarias e confecção de instalações elétricas e hidráulicas por exemplo, e está lidando com procedimentos de organização de obra que permitem a eles conhecer como funciona todo um empreendimento de construção civil.

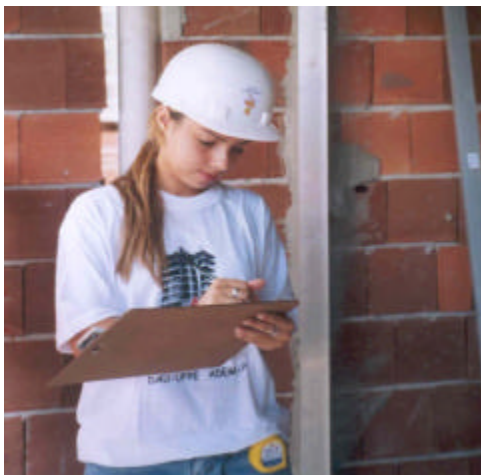


Foto 02 - Atuação de alunos em obra

À Coordenação do Projeto é reservado o direito de acompanhar a frequência do aluno em obra. A informação pode ser obtida contatando os responsáveis pelo estagiário ou indo ao próprio local da obra. Houve apenas um contrato de aluno rescindido por falta ao estágio.

No final do estágio, ainda orientado pelo manual, mas com a segurança de quem já aprendeu, o aluno apresenta seminário sobre a sua experiência (na maioria das vezes na sala de aula do PA6B), ocasião em que relata as dificuldades iniciais, o projeto arquitetônico da obra, as tarefas que executou e os conhecimentos que agregou. Quando o número de alunos aptos para apresentar seminários é maior do que admite o calendário da disciplina PA6B, os seminários são apresentados em disciplinas do 4º período como forma de divulgar a atividade.

O direcionamento do Projeto para o PA6B, como já foi abordado anteriormente, foi previsto para tornar o conhecimento adquirido pelos estagiários acessível aos demais alunos dessa disciplina. Para isso, em comum acordo com os demais professores, aprovou-se um só plano de curso de modo a haver um só tema, abordagem teórica e orientação unificada.

Ações complementares:

O Projeto APRENDER NA OBRA identificou logo no início da experiência algumas construtoras que se prontificaram através dos seus responsáveis a fazer dos seus canteiros de obra uma extensão da sala de aula. Junto com elas, vieram alguns profissionais de engenharia, arquitetura e consultoria que hoje têm Certificado de Colaboradores do Projeto emitidos pela Pró-reitoria de Extensão.



Foto 03 - Aulas em canteiros de obras das construtoras B. LUNA (2000) e ROMARCO (2002)

As aulas em canteiros de obras (o que de certo modo não é novidade no âmbito dos cursos de arquitetura) e as palestras dos especialistas em sala de aula passaram a obedecer aos interesses da disciplina PA6B, mas orientadas pela proposta do Projeto, constituindo assim as primeiras ações complementares incorporadas ao mesmo.

Uma terceira ação foi o apoio técnico que vem sendo dispensado ao programa da disciplina pela Thyssenkrupp S. A. – patrocinadora do Projeto desde 2000 - através de aulas sobre a instalação de elevadores nos edifícios e o que demanda no projeto arquitetônico para a sua instalação: poço, caixa de corrida, casa de máquinas e o que o aluno deve prever no projeto para dar condições de funcionamento e manutenção para esses equipamentos.



Foto 04 - Aula ministrada por Reynaldo Paixão e Eduardo Carvalho da Thyssenkrupp S. A. (agosto de 2002)

Posteriormente, foi instituído o Prêmio Ricardo Gama em homenagem à memória do ex-professor do Curso de Arquitetura da UFPE e inspirado no troféu ADEMI que já realizou em 2002 a sua 7ª edição. O Prêmio objetiva identificar os melhores trabalhos da disciplina PA6B. Enquanto o APRENDER NA OBRA é para qualquer aluno do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE a partir do 4º período, a premiação é apenas para quem cursa a disciplina. Nem todos os semestres são contemplados com a premiação. Ela deve ser inserida no orçamento anual do Patrocinador que para realizar uma outra edição, deverá ter a anterior totalmente concluída. O Prêmio tem motivado e apontado alunos que melhor se posicionam com propostas de habitação vertical adequadas às exigências do plano

de curso do semestre e viáveis para o mercado imobiliário.

Para isso, têm participado do júri professores e representantes da Thyssenkrupp S. A. e da ADEMI-PE.

O Prêmio Ricardo Gama gerou em janeiro de 2001 um primeiro prêmio e duas menções honrosas. Em maio de 2003 mais três prêmios nas mesmas categorias. O primeiro prêmio é patrocinado pela Thyssenkrupp e as menções por revistas especializadas.



Foto 05 - Empreendimentos concorrentes ao troféu ADEMI (2000 e 2001) são motivação para a disciplina PA6B



Foto 06 - Prêmio Ricardo Gama 1ª Edição
Alunos confeccionando maquetes, recebendo certificados, professores e comissão julgadora



Foto 07 - 2ª Edição do Prêmio
Comissão julgadora analisando os trabalhos e alunos premiados

A mais recente ação complementar incorporada ao Projeto foi a promoção de um Mini-curso sobre Tecnologia de Rochas Ornamentais organizado pela Coordenação. Esse Mini-curso foi ministrado pelo Engenheiro de Minas Dr. Francisco Wilson Hollanda Vidal, técnico do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, visando a ampliação do horizonte de conhecimentos dos participantes e ex-participantes do Projeto APRENDER NA OBRA entre outros.

Foi realizado com apoio do CREA/PE, ADEMI/PE, Thyssenkrupp S. A. e da empresa fornecedora de mármore e granitos MARMOPEDRAS sediada em Olinda.

O Mini-curso mostrou a cadeia produtiva das rochas desde a identificação de jazidas apropriadas para exploração e comercialização, até o compromisso que o arquiteto deve ter com a elaboração de projetos e detalhamentos corretamente executados e especificados, bem como a importância do acompanhamento da aplicação dos materiais em obra.

Teve o seu ponto mais interessante na aula prática, que apontou patologias decorrentes da falta de conhecimentos ou descuidos dos profissionais na hora de especificar o produto.

Abordou ainda novas formas de aplicação dos granitos em fachadas. O Mini-curso marcou também a entrega de certificados da 3ª turma do Projeto APRENDER NA OBRA ambos realizados durante os dias 29 e 30 de maio de 2003.



8c



8d

Fotos 8a, 8b, 8c e 8d - Aulas teórica e prática do Mini-curso sobre Rochas Ornamentais (maio de 2003)



8a



8b

Além dessas ações, existe um compromisso informal da ADEMI/PE em proporcionar ao aluno participante do Projeto acesso às palestras e eventos cujos conteúdos estejam voltados para os objetivos da atividade.



9a



9b

Fotos 9a e 9b - Evento de certificação da 3ª turma do Projeto APRENDER NA OBRA (maio de 2003)

Comentários, frutos da experiência, reflexões e recomendações

Comentários:

Quando tomamos a iniciativa de apresentar o Projeto APRENDER NA OBRA à reunião plenária do Departamento de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco em 1998, tínhamos plena confiança na sua aceitação por parte dos demais professores, até porque a maioria deles tinha conhecimento do trabalho que já desenvolvíamos profissionalmente junto à iniciativa privada desde a nossa graduação.

A partir do concurso para a Universidade em 1974, a nossa experiência como docente caminhou sempre lado a lado com a prática profissional, desde a oportunidade de projetar edifícios residenciais passando pela consultoria e análise de projetos arquitetônicos, até o acompanhamento das mudanças de legislação urbana e de edificações junto às prefeituras de Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes.

Assim, todo o desenvolvimento das atividades docentes ao longo de mais de 25 anos, teve como norte para o ensino a prática vivida.

O ensino do Detalhe do Projeto Arquitetônico (disciplina do Curso de Arquitetura), por exemplo, passou a ser orientado por um roteiro de pesquisa que induz o aluno a “aprender a ver”. O roteiro se aplica à investigação de qualquer elemento arquitetônico de uma construção. Foi apresentado em um encontro sobre Ensino do Projeto promovido pela ABEA (Associação Brasileira de Ensino de Arquitetura) em Belo Horizonte em 1993 e publicado nos cadernos daquela associação. Nasceu de uma abordagem crítica à forma como estavam sendo apresentados e julgados os trabalhos de graduação de alunos concluintes do Curso.

Desde então, e coincidentemente, conseguimos aliar as nossa idéias sobre a “prática de um ensino prático” à vivência adquirida durante os nove anos de assessoria técnica prestada à ADEMI-PE (1992 a 2001).

Com o objetivo de acompanhar a aprovação de projetos de interesse dos associados da ADEMI junto às comissões de controle urbanístico e de obras da Prefeitura da Cidade do Recife, passamos a nos inteirar de todos os níveis de debate sobre o desenvolvimento de um empreendimento, assuntos sistematicamente discutidos em plenárias daquela associação.

Naquele fórum, passamos também a dominar o discurso da atualidade da construção civil, pelo menos local, mas sintonizado com as notícias do setor em outros estados do Brasil, principalmente do sul do país.

“Os empreendimentos devem ser aprováveis nos fóruns de legislação, economicamente viáveis e competitivos”. Essa é a lição básica, referendada pela maioria dos empreendedores da construção civil.

Em nenhum momento o setor evoca qualidade do espaço, conforto, ou forma plástica (o termo volumetria é quase desconhecido), ou qualquer outro valor específico da arquitetura. Mas é taxativo ao afirmar que a estrutura de um prédio deve estar adequada ao custo do empreendimento e ao melhor aproveitamento das garagens, por exemplo; que as instalações hidráulicas devem estar mais concentradas na planta tipo do apartamento para uma maior racionalização dos *shafts*; que as áreas de circulação devem ser as mínimas possíveis porque não são vendáveis como ambientes, principalmente nas partes comuns do edifício; que as fachadas com curvas e reentrâncias não são econômicas tornando-se até inviáveis em alguns empreendimentos; e o principal: que cerca de 80% do custo de um empreendimento fica definido pela solução dada ao projeto arquitetônico e os demais 20% pela organização administrativa.

Em meados da década de noventa, foi implementada entre os construtores a “metodologia ENCOL” (experiência desenvolvida por aquela empresa construtora quando atuou no mercado imobiliário brasileiro), através dos cursos do Programa de Desenvolvimento Tecnológico de Empresas de Profissionais da Área de Construção Civil de Edifícios – DTC, ministrado em doze módulos. A partir desses cursos foi difundida a consultoria sobre a análise dos projetos arquitetônicos exercida por profissionais remanescentes dos quadros funcionais daquela empresa, detentores de um conhecimento voltado para a racionalização de todos os componentes do projeto, planejamento e procedimentos de execução em obras.

Com esse entendimento, algumas construtoras passaram a planejar todas as fases de desenvolvimento de um empreendimento, definindo soluções tecnologicamente apropriadas e procedimentos de execução mais baratos, implicando também na análise exaustiva dos projetos arquitetônicos contratados.

A adoção de indicadores da construção civil defendida pelos consultores, os chamados índices de mercado, passou a influenciar a concepção dos projetos, mas, só os arquitetos mais ligados ao

mercado, principalmente aqueles que tiveram a oportunidade de participar dos cursos do DTC, foram, como ainda estão sendo, considerados aptos a projetar de acordo com as expectativas do novo momento que estava sendo vivido.

Continua até hoje a aplicação dos índices já praticados, a inserção de novos índices considerados polêmicos, como a equivalência entre as áreas privativas e as áreas de uso comum nos edifícios residenciais, e até mesmo índices identificados pelas próprias construtoras através do registro de dados dos seus próprios empreendimentos.

A tomada de consciência de todas essas mudanças, comparadas ao que vinha sendo adotado em sala de aula como orientação para o desenvolvimento de projetos dos alunos – a obra arquitetônica apenas como forma e função – foi um desafio para o futuro.

Somou-se a essa tomada de consciência o comentário dos construtores, principalmente engenheiros citados anteriormente, referentes ao despreparo da maioria dos arquitetos novos no mercado, argumento usado para justificar também a escolha sempre dos mesmos profissionais julgados aptos para atuarem no mercado, legitimando assim um nicho de conhecimento e tecnologia adquirida na própria prática profissional e ao qual também nos referimos no resumo desse trabalho.

O desafio, fez nascer a idéia do Projeto APRENDER NA OBRA, apresentado inicialmente à ADEMI-PE e em seguida à Coordenação do Curso de Arquitetura, com o intuito de proporcionar aos alunos uma visão atualizada da realidade dessa fatia de mercado (edifícios residenciais) e assim difundir novos conhecimentos.

Frutos da experiência:

O APRENDER NA OBRA tem propiciado – entre professores, alunos, técnicos da construção civil e empresários – um encontro salutar em torno do complexo problema Projeto / Construção / Mercado. A busca de soluções adequadas tem exigido, necessariamente, uma visão integrada dos avanços e dificuldades nesse setor e como elas se influenciam mutuamente. Nos últimos anos, o avanço das tecnologias gerenciais e construtivas por um lado e, por outro, as questões no âmbito projetual, têm exigido de ambas as partes novas posturas metodológicas. Apesar do estágio inicial do APRENDER NA OBRA, pode-se registrar benefícios que vêm sendo usufruídos por vários agentes envolvidos nessa dinâmica empreitada bem como outros frutos que poderão ser colhidos:

Para o aluno:

- A oportunidade de mostrar conhecimentos;
- A oportunidade de trazer novos conhecimentos;
- A oportunidade de relacionamentos com outros profissionais.

Para o empreendedor:

- A oportunidade de estar contribuindo com a formação profissional do arquiteto;

- A descoberta do potencial do estudante de arquitetura com relação a outras frentes de trabalho até então desconhecidas, como a compatibilização de projetos, planejamento, gerenciamento e fiscalização de obras.
- A descoberta da aptidão dos estudantes para solucionar pequenas questões da obra que não impliquem na falta de ética com relação a autoria do projeto (intromissão), entre outras questões;
- A descoberta do potencial do estudante de arquitetura com relação a responsabilidade, organização e eficiência no cumprimento de tarefas;

Para o operário de obra:

- A oportunidade de receber orientação que lhe servirá para executar serviços fora da obra, como leitura de plantas, medições, quantificações de materiais e pequenos orçamentos.

Para o professor Coordenador:

- A realização de uma idéia;
- O feed back obra / sala de aula atualizando os seus próprios conhecimentos;
- A credibilidade junto à iniciativa privada para realização das ações complementares do projeto;
- A legitimidade garantida pelo registro autoral do Projeto;
- A expectativa em torno de uma melhor fundamentação do Curso através da prática.

Para os demais professores:

- O feed back obra / sala de aula atualizando os seus próprios conhecimentos;
- A condição de colaborador do Projeto através da participação na disciplina PA6B, computável para a Gratificação de Estimulo à Docência, (GED).

Para a disciplina PA6B:

As exigências do plano de curso da disciplina, as ações complementares do Projeto APRENDER NA OBRA – principalmente a motivação do Prêmio Ricardo Gama:

- Estão permitindo ao aluno aprender a projetar edifícios residenciais embasados na tri-relação legislação, racionalização e viabilidade econômica;
- Estão também desafiando os alunos para que apresentem projetos competitivos além dos valores técnicos, ou seja: enriquecidos por diferenciais arquitetonicamente propostos, especialmente incorporados a cada tema, enaltecendo valores específicos da arquitetura;
- O instrumental colhido para uma melhor fundamentação do ensino do projeto.

Para o futuro profissional:

- O bônus de ter tido a oportunidade ímpar de vivenciar a prática de um canteiro de obra com ajuda de custo, ajuda de transporte e ainda crédito como disciplina eletiva e saber que esse aprendizado servirá para toda a sua vida;

- A perspectiva de poder atuar no mercado de trabalho com mais segurança;
- O desafio, pelo fato de estar mais preparado, de contribuir com inovações;
- A perspectiva de empreendedorismo na construção civil.

Para o Curso de Arquitetura:

- A possibilidade de, partindo da realidade trazida pelo Projeto, definir melhor o perfil do arquiteto que o Curso quer formar;
- Preparar melhor o arquiteto do futuro com a introdução de matérias sobre empreendedorismo na construção civil, compatibilização de projetos, níveis de racionalização, entre outras;
- Usufruir da presença dos estudantes em canteiros de obra (seis meses cada estágio) em futuras pesquisas.

Reflexões e recomendações:

Para o aluno de arquitetura tem sido muito importante mostrar os conhecimentos que já adquiriu no Curso em canteiro de obra. Diríamos até que eles têm surpreendido. A esses conhecimentos já adquiridos, ele está somando novos conhecimentos para trazer à sala de aula, como é objetivo do Projeto. Acreditamos que a troca entre a teoria e a prática está servindo não só para atender às soluções imediatas da obra, mas como embasamento para o futuro. Além dessa troca, o aluno tem tido a oportunidade de conviver com uma outra realidade – o contato com o operário da construção civil – seja ele o mestre ou o peão de obra. O aluno aprende a lidar com as limitações da classe e muitas vezes tem procurado adaptar o seu relacionamento ao nível de entendimento da maioria.

Muitos deles já tiveram oportunidade de participar dos treinamentos de operários que são feitos em canteiros de obra, ajudando-os inclusive a ler plantas de projetos e detalhes, preparando-os também para os serviços informais que prestam durante os períodos em que não estão empregados e nos fins de semana.

Como recomendação dos Módulos Didáticos (contidos no Manual de Orientação) o aluno tem aprendido a transitar dentro de uma obra, a identificar os seus elementos componentes e analisá-la a partir do projeto arquitetônico. Além dessa experiência o aluno passou a observar diretamente a execução dos projetos complementares. A parte elétrica e hidráulica (entre outras instalações) passou a ser entendida com facilidade principalmente pelos alunos que têm iniciado o estágio com a obra também no início do cronograma. Neste caso, eles têm tido a oportunidade de participar da compatibilização de projetos antes de vê-los executados na íntegra.

A compatibilização de projetos vem sendo apontada pelos engenheiros das empresas construtoras como um nicho de mercado para o arquiteto, além do próprio gerenciamento de obra que eles vêm mostrando capacidade de comandar.

Entre as tarefas mais comuns executadas em canteiros, podemos citar: pedidos e recebimentos de materiais, controle de almoxarifado (estoque), diário de obra, folha de frequência, levantamento de quantitativos de materiais diversos, conferência de ferragens e fôrmas para concretagem de estruturas, medição de serviços executados, inspeção de serviços terceirizados, marcação de alvenarias, conferência de níveis e alinhamento no assentamento de revestimentos, acompanhamento de mudanças nos pavimentos tipo requeridas pelos compradores, redesenho das alterações e pequenos orçamentos, entre outros.

Algumas dessas tarefas podem parecer, num primeiro momento, sem importância, mas associadas ao conteúdo dos Módulos Didáticos, têm permitido ao aluno entender os passos que devem ser dados dentro de uma obra e obter um domínio espacial intransferível. Por mais que ele aborde em seminário realizado em sala de aula a implantação do edifício objeto do estágio, as questões normativas, funcionalidade, solução estrutural adotada e principalmente as soluções de garagem para guarda de veículos, ponto de grande dificuldade na resolução dos projetos, nunca é, para quem assiste, tão valioso quanto o é para quem vive a experiência.

Os relatórios finais do APRENDER NA OBRA estão repletos de observações, sendo até o momento 40 posicionamentos relatando as experiências mais diversificadas sobre o projeto da obra, soluções estruturais adotadas, método de trabalho das construtoras, entre outras questões observadas. Todo esse material poderá constituir acervo para investimento futuro em pesquisas ou poderá ser reorientado com esse objetivo.

Se forem computados os dados sobre as obras acompanhadas, com exceção daquelas que pontualmente serviram de base para um único estágio, poderá ser traçado um perfil da construção do edifício residencial produzido por pelo menos 8 (oito) empresas nos últimos cinco anos.

Todo esse quadro formado a partir da nossa experiência profissional (projeto, construção e assessoria), incluindo-se a experiência docente e a mais recente Coordenação deste Projeto aqui apresentado, nos levou a refletir sobre alguns pontos:

- ➔ Se o próprio mercado imobiliário vêm mostrando hoje a preferência pelos serviços profissionais de arquitetos que aprenderam a trabalhar atendendo aos seus interesses;
- ➔ Se, mesmo assim, o mercado contrata consultores para analisar – a despeito do conhecimento dos profissionais – a viabilidade econômica do projeto;
- ➔ Se os índices de mercado têm sido os principais condicionantes de análise dos projetos arquitetônicos, visando racionalidade e competitividade e exigindo, por exemplo:
 - Fachadas de edifícios com menor perímetro;
 - Menor área de alvenaria interna;

- Áreas de circulações estritamente necessárias;
 - Modulação de ambientes em função da dimensão dos revestimentos;
 - Proximidade das áreas molhadas para otimização das instalações por *shafts*;
 - Áreas comuns dos edifícios compatíveis com o padrão da unidade tipo (índice de equivalência).
- Se esses índices de mercado têm interferido na produção do arquiteto mudando a “cara” dos projetos arquitetônicos de edifícios residenciais;
- Se os recursos tecnológicos em sua maioria estão impondo padrões para as soluções dos edifícios residenciais;
- E se todo esse referencial prático tem sido importante para os demais envolvidos, acreditamos que, algumas medidas podem ser recomendadas no sentido de enriquecer ainda mais o investimento no ensino do projeto arquitetônico:
- Adequar o ENSINO DO PROJETO, em seus diversos níveis, à realidade dos vários mercados de trabalho do arquiteto, principalmente no âmbito do nosso estado e região. O Ensino do Projeto deve prever mecanismos acessíveis à prática para todos os alunos, em todos os campos do conhecimento. Isto se faz necessário para que os novos profissionais não fiquem à margem da realidade, sujeitos às ferramentas de análise de viabilidade aplicadas em seus projetos pelos consultores de empreendimentos. Para garantir a credibilidade do próprio trabalho, o arquiteto deverá, no mínimo, já apresentar soluções viáveis e economicamente fundamentadas desde os seus primeiros estudos.
 - Enriquecer o ENSINO DO PROJETO com a investigação dos resultados visualizados na construção do edifício residencial, projetados à luz dos índices de mercado. Poderíamos saber se as propostas arquitetônicas estão sendo submissas a indexação ou se, apesar dela, estão agregando diferenciais. Poderíamos saber também se está surgindo um outro padrão construtivo e que efeitos tem trazido para o usuário e para a cidade. Na verdade, mais de dez anos decorreram desde que foi deflagrada a aplicação da metodologia Encol / DTC.
 - Enriquecer o ENSINO DO PROJETO ao longo do Curso, com a investigação dos diversos níveis de racionalização da construção, que implicam em soluções econômicas para o edifício residencial e extensivas a outros temas curriculares.
 - Estender a atividade em pauta para todos os alunos do Curso de Arquitetura como pré requisito para as disciplinas de Planejamento Arquitetônico. Ao detectarmos que é salutar a prática para todos os agentes envolvidos,

principalmente professores e alunos, no sentido de promover um aprendizado atualizado, responsável e comprometido com a execução, propomos que o estágio seja enquadrado como uma “residência técnica” onde os alunos se aproximem – antes de qualquer solicitação de projeto – dos elementos componentes de uma obra, da hierarquia de comando gerencial e de execução, das dificuldades e prazeres do fazer e ver os resultados, enfim, das terminologias adequadas aos canteiros (materiais, procedimentos e técnicas) de modo a iniciarem as tarefas projetuais munidos de todas as ferramentas necessárias.

- Atualizar o ensino do Curso de Arquitetura, inserindo no currículo como disciplina ou como especialização:
 - Compatibilização de projetos, gerenciamento e fiscalização de obras;
 - Níveis de racionalização, diferenciais arquitetônicos e competitividade;
 - Empreendedorismo na construção civil para arquitetos.
- Por fim, devemos alertar que para o setor da construção civil, o arquiteto não pode mais ser visto apenas como mentor de um segmento das “belas artes”. Urge que se enquadre o arquiteto como profissional que domina a tecnologia. Se não institucionalmente, pelo menos adequando as posturas de ensino e divulgando amplamente as mudanças nesse sentido. Para o empresariado local, pelo menos assim ele se manifesta, pesa saber que a formação do arquiteto na UFPE é oriunda de um Centro de Artes (com origem na Escola de Belas Artes) e não de um Centro de Tecnologia como na maioria das universidades federais. O mercado quer sentir segurança no profissional. Os demais profissionais envolvidos em um empreendimento da construção civil também. O arquiteto, para se firmar perante a sua clientela deve encarar o projeto que vai elaborar – no segmento aqui trabalhado – como um meio para a indústria da construção viabilizar o seu negócio comercial. O arquiteto não deve errar! O seu projeto arquitetônico deve estar adequado em todos os sentidos para viabilizar um empreendimento! Cabe a cada profissional, investir no seu diferencial e através dele impor o seu trabalho perante o empreendedor e a sociedade.

Segmentos envolvidos com a atividade:

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
ADEMI-PE – Associação das Empresas do Mercado
Imobiliário de Pernambuco
Thyssenkrupp Elevadores S. A. – empresa
patrocinadora do Projeto

Empresas construtoras (**estágios em canteiros**)

GABRIEL BACELAR CONSTRUÇÕES LTDA.
(pioneira em estágios)
ROMARCO CONSTRUTORA E INCORPORADORA
LTDA. (estágios e canteiro de aula)
B.LUNA CONSTRUTORA E INCORPORADORA
LTDA. (estágios e canteiro de aula)
INCORPORADORA MALUS LTDA. (estágios e
canteiro de aula)
M. BACELAR CONSTRUÇOES LTDA.
HABIL ENGENHARIA LTDA.
CONAC – CONSTRUTORA ANACLETO
NASCIMENTO LTDA.
ITACON EMPREENDIMENTOS LTDA.
INCORPORADORA ULISSES PORTO LTDA.
CONSTRUTORA A. C. CRUZ LTDA. (estágios e
canteiro de aula)
EMPRESA CONSTRUTORA ASFORA LTDA.
INCORPORADORA SCORTINO LTDA.
IMOBILIÁRIA NORTE LTDA.
IMOBILIÁRIA PROLAR LTDA.
PERNAMBUCO CONSTRUTORA LTDA.
A. B. CÔRTE REAL E CIA. LTDA.
CASA GRANDE ENGENHARIA LTDA.
CONSTRUTORA BARBOSA & PINTO LTDA.
CONSTRUTORA FALCÃO LTDA.
CONSULTE ENGENHARIA LTDA.
MOURA DUBEUX ENGENHARIA LTDA.
CONFORT ENGENHARIA LTDA.

Profissionais Colaboradores:

José Antônio de Lucas Simon – Administrador de
Empresas
Henrique Suassuna – Engenheiro Civil
Bruno Luna – Engenheiro Civil
Gamal Asfora – Engenheiro Calculista
Washington Marques – Engenheiro Civil, Consultor e
Professor Substituto da UFPE
Paula Peixoto – Arquiteta

MARMORARIAS DO CEARÁ – DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO SETOR

Fernando Antônio Castelo Branco Sales

Mestre em Rochas Ornamentais e Geólogo do Departamento de Geociências/UECE – Av. Paranjana, 1700 – Campus Itaperi – 60.740-000 – Fortaleza - CE.

RESUMO

O segmento marmorista, pertencente a cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, tem uma importância significativa, junto a construtoras, engenheiros, arquitetos e decoradores, pois possibilita a execução de seus projetos, dada a capacidade de projetar, elaborar e transformar chapas de mármore e granitos, nas mais variadas peças, que são amplamente utilizadas em diversos ambientes embelezando e valorizando os imóveis das obras provenientes da indústria da construção civil.

Mesmo com toda essa importância as marmorarias têm atravessado constantes crises de ordem administrativa e financeira, geradas pelo acúmulo de várias dificuldades e limitações que não permitem o fortalecimento das empresas desse segmento no mercado.

O presente trabalho tem como objetivo identificar as principais dificuldades e limitações dos marmoristas, visando disponibilizar ao meio empresarial informações essenciais para tomadas de decisões que possam minimizar os erros cometidos na administração, produção e comercialização, obtendo desta forma uma maior rentabilidade e solidez deste segmento, tão importante quanto as outras atividades produtivas do setor de rochas ornamentais no Ceará.

No decorrer do trabalho identificou-se alguns pontos que se julga serem determinantes para a atual situação do setor a saber:

- O fato das empresas de marmorarias, instaladas no Ceará, não serem filiadas a sindicato ou associação patronais, faz com que o segmento seja extremamente desarticulado, deixando de lutar por ações que possam trazer benefícios ao setor;
- A falta de qualificação de profissionais para atuarem no setor administrativo, produtivo e comercial das empresas, tem limitado muito o sucesso das mesmas;
- A concorrência muitas vezes de forma desleal e suicida, com adoção de preços bem abaixo do que deveriam ser praticados, sobretudo pelas marmorarias informais “fundo de quintal”; e
- A falta de uma planilha de custos, visando identificar o custo de produção dos produtos ofertados, a fim de estabelecer o preço final de venda compatível com a lucratividade esperada pelo setor.

INTRODUÇÃO

A “pedra” tem contribuído muito para a humanidade, documentando através de seu uso ao longo dos tempos a tradição dos povos e suas culturas.

Na antigüidade foi usada na forma de pedra natural ou pouco trabalhada, erguendo, nesta época, grandes obras e monumentos, especialmente no Egito e na Grécia, tendo como exemplo típico as pirâmides do Egito, que existem até hoje.

Com os avanços tecnológicos e as exigências de consumo dos tempos modernos, as pedras passaram a receber um tratamento superficial e estão sendo utilizadas nas mais diversas formas no seu estado natural, polida, apicoada, levigada, flameada, britada, moída, dentre outras.

Encontra-se atualmente na superfície terrestre uma grande variedade de rochas com diferentes aspectos e propriedades físicas, dentre elas os mármore e os granitos. Esses termos têm sido consagrados na indústria e abrangem um grande número de rochas utilizadas na construção civil, sem que em termos geológicos correspondam as definições exatas dessas rochas.

O uso crescente de materiais pétreos, especialmente o granito, na construção civil e nos projetos artísticos e arquitetônicos, está relacionado além da beleza estética decorativa à elevada durabilidade dessa rocha, que pode fazer frente à ação destrutiva dos intempéries (ventos, chuvas, atmosfera, etc) e da poluição ambiental.

Nenhum outro material oferece a naturalidade, a beleza, o brilho e a durabilidade dos granitos e mármore. Outros fatores, como facilidade de conservação e possibilidade de restauração contribuem para que a relação custo/benefício seja excelente.

As marmorarias têm um papel fundamental junto a construtores, engenheiros, arquitetos e decoradores, possibilitando a realização de seus projetos devido a capacidade de trabalhar e transformar essas rochas, criando peças de formas variadas, que são amplamente utilizadas em diversos ambientes, embelezando e valorizando os imóveis.

A falta de informações acerca das principais problemáticas do setor produtivo das marmorarias na busca de ações que possam gerar benefícios de ordem administrativa fortalecendo economicamente este seguimento que tem um significado importante na economia do Estado do Ceará, foi o que motivou esta pesquisa.

Este trabalho visa identificar as peculiaridades, limitações e ações desenvolvidas pelo segmento marmorista, tendo como objetivo contribuir para uma melhor organização e planejamento do setor produtivo, visando o fortalecimento do setor das rochas ornamentais.

O trabalho foi fundamentado em três etapas de pesquisa, assim distribuído:

Pesquisa Bibliográfica

Foi feita uma extensa análise bibliográfica de dados, informações e assuntos relacionados com a atividade marmorista, afim de se definir o rumo do desenvolvimento das atividades a serem tomadas, bem como foram realizadas reuniões com alguns empresários do setor para nortear a pesquisa de campo, com intuito de colher melhor as informações relacionadas com a problemática do setor.

Pesquisa de campo

Para obter as informações sobre o setor foi feita uma pesquisa direta, sendo esta a principal forma de abordagem para obtenção de dados.

Foram realizadas visitas nas marmorarias, onde foi possível observar os modelos de produção e administração das empresas, bem como as várias dificuldades encontradas nas diversas etapas de produção e comercialização. Durante estas visitas além de se manter contato com os sócios ou gerentes da empresa, muitas vezes procurou-se sempre que possível ouvir as opiniões dos encarregados de produção, vendedores e demais funcionários, para identificar as principais dificuldades encontradas por eles para desempenhar melhor suas atividades. Sempre que possível foi dedicado algumas horas observando o setor produtivo das marmorarias, identificando a maneira como estas desenvolvia suas atividades. Os principais pontos levantados na etapa de campo foram:

- Tipo de constituição social da empresa;
- Estrutura administrativa e funcional da mesma;
- Filiação da marmoraria a algum tipo de sindicato ou associação;
- Imóvel é próprio ou alugado;
- Tamanho da área do terreno;
- Principais dificuldades encontradas para adequar o “lay out” com o setor produtivo;
- Se a marmoraria tem “show room” fora do local de produção;
- Pavimentação e coberta do pátio de estoque das chapas;
- Parcerias e serviços tercerizados;
- Quantidade de funcionários e qualificação dos mesmos;
- Estratégias de vendas adotadas;
- Principais consumidores dos produtos e serviços ofertados;
- Consumo de chapas de mármore e granitos ao mês;
- Granitos e mármore mais consumidos;
- Fatores que levam a importação de mármore e granitos de outros Estados;

- Principais estados fornecedores de matéria prima;
- Formas de estabelecer preço de venda;
- Capacidade de produção instalada;
- Dificuldades e limitações do setor administrativo e produtivo das marmorarias;
- Principais riscos de acidentes;
- Principais medidas adotadas para minimizar os impactos ambientais.

Finalmente a etapa de consolidação dos dados levantados e elaboração do relatório final da pesquisa. De posse das informações obtidas nas etapas de pesquisa bibliográfica e de campo, foi possível traçar o perfil das marmorarias, identificando suas principais dificuldades e limitações, propondo a adoção de medidas de ordem administrativa e operacional que possam trazer benefícios para o setor.

CONCEITO DE MARMORARIAS

Marmorarias são estabelecimentos comerciais onde são produzidas peças trabalhadas de mármore e de granitos à partir de chapas de 2 a 3 cm de espessura dos referidos materiais.

As principais peças produzidas em uma marmoraria são: bancadas, soleiras, rodapé, peitoris, balcões, divisórias, filetes, bases de mesas, tampos de mesa, estatuetas, arte funerária, peças trabalhadas de projetos arquitetônicos e urbanísticos de ambientação, piso e pavimentação.

Estrutura Administrativa das Marmorarias

Predominam os casos em que as empresas são dirigidas pelo próprio dono ou sócio controlador. Este tipo de estrutura geralmente encontrado nem sempre corresponde a um modelo de gestão administrativa eficiente. O empreendedor que faz tudo na empresa, sendo ao mesmo tempo diretor administrativo, diretor financeiro, gerente de produção, gerente de venda, chefe de almoxarifado, encarregado das entregas e cobranças dentre outras atividades, dificilmente terá condições de realizar suas funções de maneira competente em todas as atividades do segmento.

Ficou constatado que uma grande parcela das marmorarias desenvolvem suas atividades com sobrecarga de funções; é o cortador que também é o encarregado de produção, ou um acabador (operário que trabalha no setor de produção dando o acabamento das peças) que também exerce a função de encarregado; é a secretária que controla o almoxarifado e faz todo o movimento do escritório, as vezes recebe os clientes e efetua vendas; é o vendedor que além de vender faz cobrança e entrega de material, sendo muitas vezes o motorista da empresa; é o acabador que carrega e transporta o material no carro para entrega das peças produzidas; é o pessoal do acabamento e do corte que carrega e descarrega chapas, enfim estes e outros exemplos que poderiam ser citados, tem prejudicado muito na funcionalidade e produção das empresas marmoristas.

Tomadas de decisões que poderiam agilizar o processo produtivo, ou incrementar as relações comerciais são prejudicadas devido a centralização do poder de decisão em uma única pessoa. Por outro lado se o dono da empresa não tem capacidade para administrar bem a empresa a mesma poderá está predestinada a insucessos dentro do mercado.

Quando as atividades são divididas entre pessoas diferentes, mas dentro de uma relação familiar, também a competência poderá não está presente. Nem sempre o parente é a pessoa adequada para exercer determinada função dentro da marmoraria, este fato pode, inclusive, gerar um clima de insatisfação entre os funcionários que são seus subordinados, interferindo diretamente na capacidade de produção dos mesmos, pois os empregados geralmente não gostam de receber orientações e cobranças de pessoas que não tem o devido conhecimento e competência para exerce-las.

A capacitação das atividades gerenciais, em todas as etapas (administração, produção e comercialização) da marmorista, é uma condição importante para consolidação do segmento no mercado. A margem de lucro, a concorrência, a falta de capital de giro, os desperdícios, as altas taxas de juros dentre outros fatores não permitem improvisações e incompetência gerencial.

A incompetência administrativa não só prejudica a empresa, como denigre a imagem do setor junto a fornecedores e consumidores de uma maneira geral, devido principalmente aos maus serviços prestados, aos constantes atrasos na entrega das mercadorias e a inadimplência de pagamento junto aos fornecedores de insumos e matéria prima.

Estrutura Física das Marmorarias

As marmorarias normalmente estão instaladas em terrenos alugados com espaços muitas vezes incompatíveis para desempenhar bem suas funções, não dispendo de área suficiente para estabelecer um "lay out" que permita com higiene e segurança do trabalho um bom desempenho do setor produtivo e favoreça um melhor atendimento ao cliente.

Quando o espaço físico permite investimentos para melhorar as instalações, estas não são feitas devido a falta de recursos financeiros ou devido o terreno não ser próprio, o que acarretaria na valorização do imóvel, muitas vezes, sem uma compensação financeira para o marmorista tais como: redução do preço do aluguel por um período determinado; carência no pagamento do aluguel durante certo tempo ou outras formas de compensar o investimento efetuado.

Existem marmorarias operando em áreas tão restritas que, nem mesmo, o carro transportador das chapas de mármore e granitos pode transitar para efetuar o descarregamento das mesmas. Desta forma chapas e sobras dos cortes são amontoadas, no pequeno pátio, em cavaletes ou escoras de maneira desordenada e improdutiva, dificultando a agilização do corte e aproveitamento de material.

Via de regra as marmorarias dispõem de escritório que serve para atendimento ao cliente e controle administrativo/gerencial da empresa e galpões abertos, um para as máquinas de corte e de polir e outro para o setor de acabamento das peças.

O que se verifica na grande maioria são instalações precárias, tanto de ordem mecânica, hidráulica, elétrica, bem como de segurança do trabalho, o que retrata nitidamente a desordem administrativa por que passa as empresas que se encontram nestas situações.

Maquinas e Equipamentos das Marmorarias

Dentre as máquinas e equipamentos mais empregados nas marmorarias pode-se citar aqueles ligados ao setor de produção:

máquina de corte;
máquina de polir;
carro transportador de chapa;
furadeira de coluna;
politriz alto brilho;
lixadeira;
serra mármore; e
pórtico/ ponte.

Equipamentos ligados ao escritório, da administração e das vendas destacam-se:

Computadores e impressoras, aparelho de fax, central telefônica e/ou aparelhos de telefone, veículos para frete e apoio a administração, móveis e utensílios de escritório dentre outros.

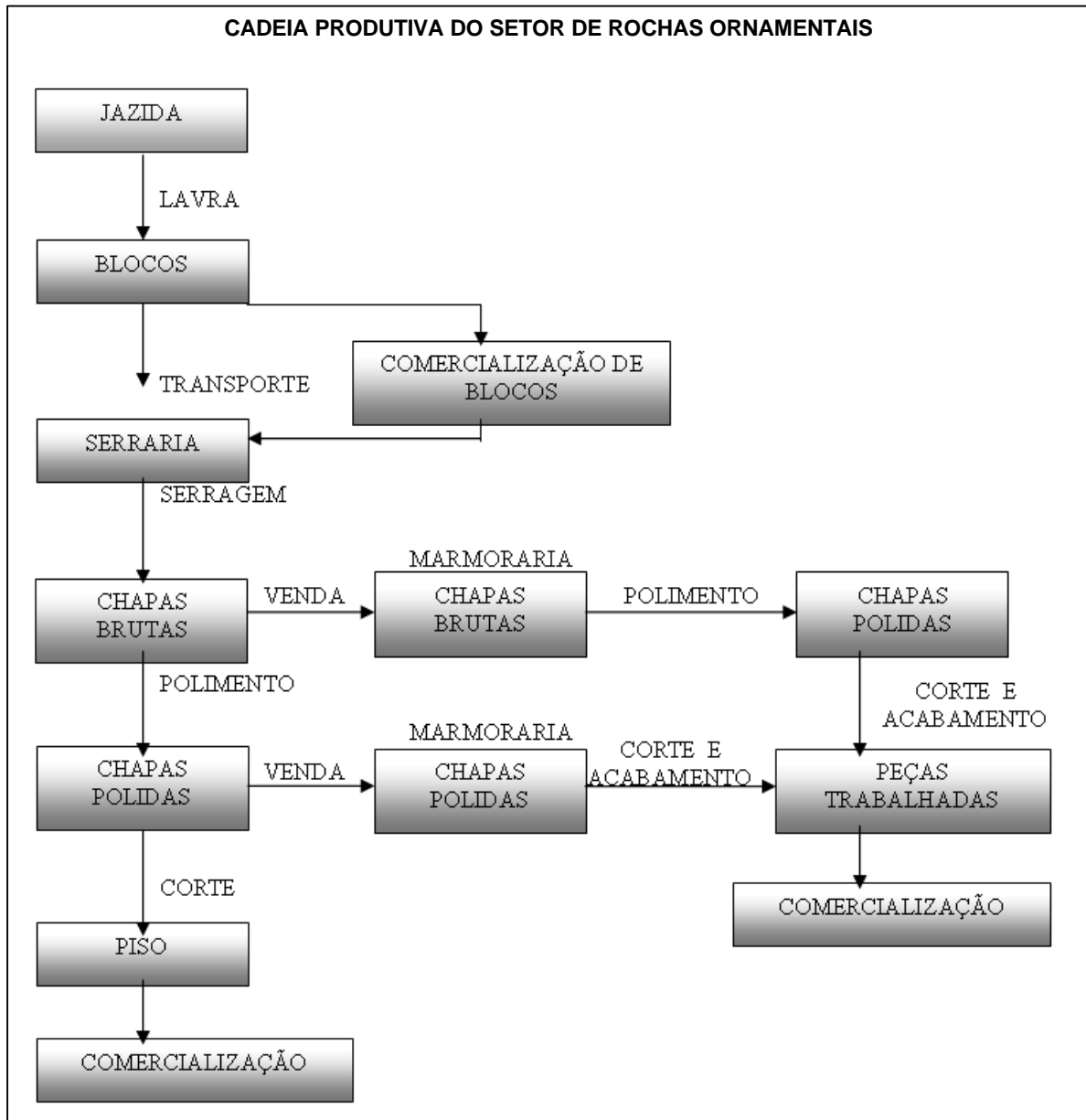
Material de Consumo Utilizados nas Marmorarias

Com relação ao material de consumo das marmorarias têm aqueles utilizados diretamente na produção que são: cera, cola, resina, lixas, brocas, fresas, estopa, disco de corte, disco de rebaixo e rebolos. E, os materiais de escritório e cozinha tais como: papel, lápis caneta, copos, material de limpeza e higiene, disquetes, cartuchos de impressora, dentre outros.

PRINCIPAIS MODELOS DE ACABAMENTOS

Dos principais modelos de acabamentos realizados em peças de mármore e granitos nas marmorarias pode-se destacar, dentre outros:

Acabamento Simples;
Acabamento Boleado simples;
Acabamento Boleado duplo;
Acabamento Boleadão;
Acabamento Console simples;
Acabamento Console duplo;
Acabamento Bisotado de 1cm;
Acabamento Bisotado de 2cm;
Acabamento Bisotado inverso de 1cm;
Acabamento Bisotado inverso de 2cm;
Acabamento Bisotado com moldura;
Acabamento Sanduiche simples;
Acabamento Sanduiche abaulado; e
Acabamento Meio boleado.



Importância das Marmorarias

Dentro da cadeia produtiva de rochas ornamentais, as marmorarias são as grandes consumidoras das chapas serradas provenientes dos blocos de granitos e mármores, contribuindo para solidificação das indústrias de beneficiamento desses materiais.

As marmorarias tem um papel fundamental na difusão e comercialização de granitos e mármores, devido o contato com os engenheiros, os arquitetos e decoradores, que são os grandes especificadores dos materiais para a construção e ambientação dos imóveis.

Contribui para a consolidação no mercado de novos materiais, pois quando as serrarias necessitam lançar esses produtos fazem promoções das chapas, que passam a ter preços e prazos atrativos aos marmoristas, levando os mesmos a

exercer um poder de convencimento junto ao cliente para que aplique este ou aquele produto em suas obras.

Os tipos de cortes e modelos de acabamento executados pelas marmorarias facilitam a criação de vários tipos de peças que são utilizadas nos projetos de arquitetura e de decoração para embelezar e valorizar os imóveis.

Por se tratar de uma atividade artesanal, as peças e os serviços prestados pelas marmorarias, necessitam muito de mão-de-obra para atender a demanda do mercado consumidor. Desta forma como geradora de empregos as marmorarias tem uma importância social significativa.

As marmorarias contribuem para geração de novos mineradores e beneficiadores de rochas ornamentais, pois induz ao marmorista a desenvolver estas atividades, sobretudo, pelo fato do mesmo já

está bem relacionado comercialmente com estas atividades do setor.

Aquece o mercado imobiliário através do fornecimento de peças de mármore e granito, possibilitando um acabamento bem executado e visualmente agradável, fazendo com que muitas vezes o usuário opte pela compra do imóvel, em virtude do uso desses materiais, tornando-se um dos maiores atrativos para o cliente, contribuindo na escolha da compra do imóvel.

Fatores que Podem Favorecer o Surgimento de Novas Marmorarias

Nos últimos anos tem crescido o número de marmorarias dentro da cidade de Fortaleza. Este fato deve-se entre outras coisas, ao aquecimento da demanda por granito, que está associado ao incremento da construção civil, e ao amplo mercado de ambientação e decoração. Vale ressaltar, também, a facilidade de se montar e equipar uma marmoraria, tendo grande oferta de matéria prima, e baixo investimento inicial.

Muitos dos novos empresários são oriundos da área de vendas, que vislumbrados por uma melhoria nos ganhos e pela facilidade de direcionar para sua marmoraria uma grande parcela dos clientes com os quais já vem mantendo relação comercial ao longo dos anos, tornando-os potenciais consumidores de seus produtos, entram no mercado produtor. Outra parcela provém dos próprios encarregados de produção, que devido seu contato com as várias áreas (administração, vendedores, clientes e produção), passam também a desejar ter o seu próprio negócio, e muitas vezes, apenas dispendo com o mínimo de equipamento (01 serra mármore e uma lixadeira) que juntas custam em torno de R\$ 800,00(oitocentos reais) dão início as suas atividades. Por fim, tem-se aqueles que são oriundos do próprio mercado consumidor(construção civil e setor moveleiro) que devido ao grande consumo desses produtos querem passar a produzi-los, visando baixar custos e comercializar o excedente da produção.

Outro fator que tem contribuído muito para o surgimento de novas marmorarias, especialmente em Fortaleza, deve-se ao fato das grandes indústrias de beneficiamento dos blocos de mármore e granito não verticalizarem mais toda a sua cadeia produtiva, deixando de atuar no segmento das marmorarias, em virtude dos baixos preços praticados no mercado que passaram a inviabilizar a produção das peças, abrindo desta forma um amplo mercado. Algumas dessas indústrias inclusive incentivaram seus funcionários para atuarem no setor marmorista, tendo como suporte o direcionamento dos clientes e a facilidade na obtenção de matéria prima.

A fabricação local das máquinas de corte e de polir que passaram a ser produzidas no próprio estado, barateado o custo de aquisição dessas máquinas, e associado a isto a implantação dos depósitos fornecedores de matéria prima, facilitaram a implantação e surgimento de novas marmorarias.

Os representantes de insumos e os que realizam fretes de chapas, também são fontes de ingresso no setor marmorista. Eles entram no mercado levado por dois motivos: o primeiro pelo amplo conhecimento do setor adquirido ao longo dos anos através do contato com as marmorarias, levando-se em conta que os mesmos tem a possibilidade de acompanhar as mais diversas formas de administrar e gerenciar os negócios identificando erros e acertos relacionados com este segmento credenciando- os para exercerem esta atividade; o segundo é quando são levados a comercializar chapas e peças produzidas por seus clientes, que são recebidas como forma de pagamento dos débitos para com os mesmos.

DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DAS MARMORARIAS

Com o aumento do número de marmorarias também se acirrou a concorrência. A consequência disso é a queda dos preços e a diminuição da rentabilidade do investimento. Desta forma, o sucesso de uma marmoraria é determinado por uma administração com gerenciamento de custos e orçamentos, praticando uma política de preço compatível com o mercado e sua realidade administrativa.

Uma das formas de amenizar a disputa da concorrência é incentivar a expansão de consumo que depende da recuperação da economia, do crescimento da renda, do aumento das preferências dos consumidores pelo uso de mármore e granito e da redução de seus preços em relação aos preços dos materiais substitutos(cerâmicas, azulejos, vidros, materiais sintéticos, dentre outros). O aumento das preferências pode ser obtido através de instrumentos apropriados de marketing. A redução de custos relativos depende fundamentalmente dos custos operacionais que, por sua vez, é função de ganhos de eficiência e produtividade.

A pesquisa de mercado feita pelo consumidor fundamenta-se dentre outros fatores pela escassez de recursos financeiros para adquirir a mercadoria e/ou pela busca por produtos e serviços de melhor qualidade.

Com inflação ou com certa estabilidade de preços da economia, os marmoristas devem ter como uma de suas preocupações prioritária o calculo adequado dos orçamentos. Isso deve ser levado em conta pelos empresários, pois os consumidores têm estado mais alerta, pesquisando mais os preços de produtos e serviços. Os consumidores estão cada vez mais exigentes, mas o fator preço ainda continua sendo predominante nos negócios. O grande problema é que , na maioria dos casos, produtos com preços muito baixos raramente oferecem padrões de qualidade razoáveis. Isso é insatisfatório para o consumidor e negativo para o mercado como um todo.

As empresas que buscam o aprimoramento industrial no campo do sistema da qualidade e da produtividade de seus funcionários convivem, lado a lado, com empresas que utilizam equipamentos

obsoletos e oferecem produtos com qualidade muitas vezes duvidosa. Como a grande maioria dos consumidores não conhece as características tecnológicas das rochas ornamentais(mármore e granitos) para eles esses produtos são todos iguais, distinguindo-se apenas pelo fator preço, é importante que o marmorista como forma de levar vantagem com relação ao concorrente mostre ao consumidor que essa igualdade é apenas aparente que existem várias peculiaridades com relação ao acabamento, polimento, padrão de homogeneidade dentre outros que podem fazer muita diferença na qualidade dos mesmos.

Quando o mercado passa a reconhecer a empresa como aquela que tem qualidade no que produz, que é cumpridora dos prazos prometidos, que tem respeito e atenção ao cliente orientando-o na escolha correta do material conforme o uso a que se destina, e somando-se a isso tudo ainda pratica uma política de preço compatível com os serviços prestados, facilmente a concorrência será eliminada.

Poucas são as marmorarias que passam a utilizar a concorrência como uma forma de modernizar-se tecnologicamente e profissionalmente, visando obter alta produção com baixo custo e alta qualidade dos serviços e produtos ofertados. Racionalizar o processo produtivo com um acompanhamento de custos e controle no corte e acabamento das peças produzidas, reduz o elevadíssimo nível de desperdício de tempo e material, aumentando a capacidade de produção, tornando a empresa mais competitiva.

Uma boa parcela ver na concorrência uma forma de reduzir pessoal, e diminuir custos na produção chegando a comprometer a qualidade do produto final, adotando uma política de preço suicida, comprometendo assim a saúde financeira da empresa.

Com relação à concorrência há de se levar em conta o fato de que muitas dessas marmorarias instaladas por antigos vendedores e/ou encarregados de produção são as chamadas "marmorarias fundo de quintal", que por não serem legalmente constituídas como empresas, não tem obrigações trabalhistas e fiscais, passando, desta forma, a praticar preços bem abaixo do valor praticado pelo mercado.

A concorrência de uma certa forma apresenta vantagens e desvantagens, onde aquela empresa que estiver mais bem administrada poderá tirar proveito.

Dentre as vantagens da concorrência pode-se destacar:

- Melhora a Qualidade dos Serviços e Produtos Ofertados

Algumas marmorarias aproveitam a concorrência para oferecer ao mercado consumidor um diferencial com relação aos demais concorrentes, investindo na qualidade dos seus serviços e produtos, através da qualificação de seu quadro funcional (recursos humanos), melhorando o atendimento ao cliente, cumprindo com os prazos pré-estabelecidos. Adotam

um controle mais rigoroso de acabamento e polimento nas peças produzidas, intensificando a qualidade das mesmas com relação aos mesmos produtos oferecidos pelo concorrente.

- Força um Maior Controle da Gestão Administrativa

Com a concorrência as marmorarias que adotam medidas de controle para reduzir o desperdício de tempo e de material de consumo, reduzindo os custos de produção, baseados numa organização e planejamento das ações operacionais e administrativas, tem condições de praticar uma política de preço mais atrativa para o consumidor.

- Divulgação dos Produtos e Serviços Prestados

Algumas marmorarias para demover a concorrência passam a investir na divulgação de seus serviços e produtos por meio de panfletos, faixas, propagandas nos meios de comunicação, dentre outros métodos, visando conquistar novos clientes.

- Fortalece o Atendimento Diferencial ao Cliente com Relação as Demais

Devido a concorrência algumas marmorarias estabelecem com seus clientes uma relação de parceria, onde o mesmo se sentem seguro e satisfeito com a operação comercial estabelecida, tendo em vista a certeza da prioridade no atendimento, solução imediata dos problemas que por ventura venham surgir e maior rigor na qualidade das peças e serviços prestados.

- Melhora a Tecnologia dos Equipamentos Utilizados

A necessidade de está sempre adiante dos competidores tem levado algumas marmorarias a investirem em tecnologia, tornando-se este um importante fator para ganhar ou manter o mercado.

O progresso tecnológico constitui um dos fatores mais importante na disputa da concorrência, sobretudo devido a redução de custos de produção, aumento do índice de produtividade e a possibilidade de diversificação de peças e modelos de acabamentos que são projetados e solicitados pelos especificadores, que estão constantemente inovando e induzindo a demanda, modificando padrões de consumo.

Dentre as vantagens de se investir na renovação tecnológica do parque produtivo se destacam:

- Diminuição do consumo de insumos;
- Diminuição do tempo de produção;
- Diminuição do peso do custo da mão-de-obra no valor da mercadoria;
- Melhora da qualidade dos produtos;
- Dinamiza o mercado através do lançamento de novos produtos e modelos de acabamento;
- Reduz custos de produção;
- Reduz o capital de giro; e
- Reduz o numero de peças defeituosas.

Desde as máquinas de grande porte, como as de corte e de polir chapas, até as máquinas pequenas como as lixadeiras, polibordas, maquitas, furadeiras dentre outras, uma grande parte das marmorarias operam com esses equipamentos em condições precárias de uso, provocando constantes paralisações para consertos, reduzindo a produção aumentando os custos dos produtos.

Aquelas marmorarias que fazem manutenções programadas, preventivas e investem na melhoria e modernização de suas máquinas e equipamentos, tem condições de aumentar sua capacidade de produção, reduzindo custos e estabelecendo uma política de preços mais atrativa que os concorrentes.

Das desvantagens da concorrência pode-se citar:

- Redução da Margem de Lucro

Uma das desvantagens da concorrência é que ela força uma redução nos preços praticados tendo como consequência uma baixa lucratividade no empreendimento de negócio. Isso ocorre até mesmo nas marmorarias que exercem controle de produção e que são bem administradas.

- Precariedade na Qualidade dos Serviços e Produtos Oferecidos

Determinadas marmorarias praticam preços bem abaixo do mercado, como forma de fugir da concorrência, porém a qualidade de seus produtos e serviços deixam muito a desejar. Isso é prejudicial não só para essas marmorarias mais para o segmento como um todo, que leva a fama de prestar maus serviços ao consumidor.

Devido aos baixos preços praticados, começam a reduzir custos no acabamento das peças, reduzindo o tempo de produção eliminando etapas ou as executando fora das exigências necessárias, para se obter um produto de boa qualidade. Nessas marmorarias é comum se ouvir do administrador e/ou gerente o seguinte: já está bom pode parar; não precisa passar isso não; deixa assim mesmo; anda termina logo com isso. O que gera uma cultura de incompetência e descaso com a qualidade dos produtos e serviços prestados ao consumidor.

- Diminuição na Produção

A concorrência pode provocar uma retração momentânea da produção, devido algumas marmorarias não poderem praticar preços compatíveis com relação aos custos de produção.

Essa diminuição da produção é uma forma adotada pelas empresas para reduzir custos, resguardando-se financeiramente forte para uma resposta favorável do mercado com relação aos preços.

- Restrição das Vendas

Ocorre uma redução no volume de vendas de muitas marmorarias, devido à concorrência. Dependendo do preço praticado, quanto maior for o

volume de venda maior será o prejuízo contabilizado futuramente. É melhor não vender, do que vender com prejuízo, somente para manter-se em atividade.

- Eliminação de Parte do Quadro dos Funcionários

Devido a redução do volume de vendas, provocada pela concorrência, tende a ter uma baixa na produção dos produtos e serviços prestados pelas marmorarias, tendo como consequência o enxugamento da folha de pessoal com a demissão de boa parte dos funcionários.

- Prática de Política de Preços Suicidas

A concorrência tem levado algumas marmorarias a praticarem uma política de preço bem abaixo daquele que deveria ser adotado, gerando acúmulo de prejuízos, interferindo na estabilidade financeira da empresa. Ter que vender por qualquer preço gerando dinheiro para pagar determinado compromisso é uma política suicida erroneamente adotada. Gerar dinheiro em caixa aumentando o prejuízo futuro é colocar-se à margem do mercado.

- Fechamento de Empresas

Em virtude da concorrência aquelas empresas que não estão bem administradas e seus setores não são bem gerenciados, poderão ser fechadas, pois correm o sério risco de praticarem uma política de preço que não leva em conta a planilha dos custos de produção. Alguns custos não são levados em conta, outros não lhes são dada a devida importância, havendo erros na fixação dos preços que prejudicam o financeiro da empresa que muitas vezes torna-se inviável, sendo quase impossível a sua recuperação, havendo então, o fechamento das mesmas.

A limitação da margem de lucro devido o preço praticado no mercado pela concorrência tem levado a alguns empresários a optarem pelo fechamento de suas empresas.

Planilha de Custo e Orçamento

A rentabilidade das empresas é determinada cada vez mais por variáveis externas, independentes de sua competitividade. Desta forma a política cambial, onde os crescentes aumento do dólar tem influenciado nas atividades produtivas, provoca uma maior instabilidade na determinação dos preços relativos aos produtos, tornando-se ainda mais complexo sua determinação.

A fórmula correta de um orçamento é muito importante, pois se trata de um documento fundamental para a saúde financeira da empresa. Ele é o principal elo de ligação entre o fornecedor (marmorista) e o cliente, e serve de base para controlar a obra do início ao fim. Por tudo isso o orçamento deve ser claro, detalhado e transparente em todos os seus itens, evitando futuros problemas nas interpretações dos direitos e deveres das partes (contratada e contratante).

O cálculo orçamentário se não for bem feito pode acarretar duas situações:

- A) Quando boa parte dos orçamentos solicitados pelos clientes são aceitos pelos mesmos. Neste caso pode-se estar praticando um preço muito abaixo do mercado, encobrindo custos ou os considerando sem o devido peso, acarretando prejuízos que mais cedo ou mais tarde irão ser contabilizados;
- B) Quando boa parte dos orçamentos solicitados pelos clientes não são aceitos. Pode-se estar praticando uma política de preço acima do mercado em virtude da superfaturação do real custo de produção, passando a dar uma margem de lucro bem acima da esperada pelo setor marmorista.

A maioria das marmorarias utiliza métodos empíricos e inadequados para seus orçamentos, o que lhes acarretam constantes problemas. Como exemplo pode-se citar: O clássico e tradicional matéria prima X índice (2 ou 2,5 ou 3); e o que limita seus orçamentos aos concorrentes(um cliente chega com um orçamento adquirido em outra marmoraria e propõe que está pratique o mesmo preço ou solicitam um diferencial em prazo de pagamento ou desconto para o fechamento do negócio).

Cada orçamento deve ser analisado criteriosamente procurando examinar, atentamente, detalhes que são fundamentais e que influenciam muito no custo, como exemplo pode-se citar:

Um pedido contendo bancadas de granito para lavatórios de apenas uma cuba e espelho colado com acabamento simples sendo orçado o metro quadrado pelo mesmo valor do metro quadrado de uma bancada do mesmo granito e comprimento, com duas cubas e acabamento dos espelhos boleado que requer bem mais tempo e desgaste de material para executar o serviço. Isto simplesmente porque na tabela de preço está especificado que o metro quadrado daquele granito para bancada custa "X" Reais, não se levando em conta as especificações acima citadas.

As construtoras como forma de reduzir custos está cada vez diminuindo os espaços e projetando bancadas pequenas, onde a área muitas vezes não ultrapassa 0,25 m² de material. Para se adequar a estes espaços normalmente estas pequenas bancadas tem formatos curvos para facilitar a circulação e abertura de portas.

O custo de produção destas peças é bastante elevado devido o tempo de mão de obra e a quantidade de insumos consumidos para sua execução, onde vários pedaços de 5 cm são chanfrados e colados para dar o contorno da curva, além do uso excessivo de cola, fresa e disco de desbaste para corrigir os defeitos do corte que é processado pela maquina. Devido a pressão das construtoras junto as marmorarias dado ao grande volume de material e valor do pedido, essas bancadas são orçadas pelo mesmo valor de uma bancada de comprimento maior e formato reto, porém o tempo de execução de 01(uma) bancada curva com espelho colado pode ser equivalente ao tempo

para se produzir 04 (quatro)ou 05 (cinco)bancadas sem curva.

Pode-se citar também o caso em que o tamanho da peça não é levado em conta com relação ao tamanho da chapa. Tomando como exemplo um pedido de 08 tampos de um determinado granito com tamanhos de 1,90 m de comprimento por 1,00 m de altura cada. Na tabela diz que o metro quadrado do granito especificado no pedido é de R\$ 115,00(cento e quinze reais). Desta forma o pedido iria consumir, livre de perdas, 15,2 m² de material que para o preço do serviço daria um valor total de R\$ 1.748,00(um mil setecentos e quarenta e oito reais). Porém ao fazer uma análise do tamanho das chapas verifica-se que as suas medidas são de 3,00 m de comprimento por 1,80 m de altura; desta forma, só pode-se tirar uma peça por chapa, necessitando assim de 08 (oito) chapas para concluir o pedido. Considerando que o valor do metro quadrado de compra da chapa desse granito incluindo o frete seja de R\$ 45,00(quarenta e cinco reais) , desta forma as 08 chapas custariam R\$ 1.944,00 (um mil novecentos e quarenta e quatro reais) que é um valor acima do valor do pedido. O lucro ficaria por conta das sobras das chapas que dependendo do material pode não ter uma demanda grande de venda, assim estaria retirando do capital de giro para atender o pedido.

Esses exemplos e vários outros que poderiam ser citados aqui têm que ser analisados, visando definir melhor o preço de venda de cada produto com as peculiaridades de seus respectivos pedidos.

Relação entre Marmoraria e Construtora

A dificuldade de relacionamento de negócios entre construtora e marmoraria já começa na hora de estabelecer o valor do produto. As marmorarias pressionadas pelas construtoras devido o volume de materiais a ser solicitado, passam a exigir preços, serviços e prazos, estabelecendo regras que, ao serem cumpridas, muitas vezes põe em risco a rentabilidade do negócio. Outras dificuldades que se faz sentir são a concorrência e os compromissos financeiros, que levam as marmorarias a cederem a essas pressões, passando a praticar preços bem abaixo do real. Neste caso, quanto maior o volume de negócio maior será o prejuízo acumulado.

A falta de um contrato onde sejam estabelecidas cláusulas com obrigações de direitos e deveres de ambas as partes faz com que a lei do mais forte prevaleça, onde obrigações, responsabilidades e prejuízos alheios, muitas vezes sejam assumidos indevidamente. Deve-se evitar negociações depois do serviço já executado, o que deixa o marmorista em desvantagem. As construtoras querem dentre outros:

- Qualidade no Fornecimento dos Produtos e na Prestação dos Serviços

Com os preços e condições à que se sujeitaram, as marmorarias na hora da produção não conseguem atender essas exigências, ficando apenas nas intenções, pois reduzem o tempo da mão de obra necessária para cada peça, com o comprometimento

da qualidade da mesma, e muitas vezes, evitando certos custos tais como: polir as bordas dos acabamentos que demandam tempo com mão de obra e aumenta o custo devido o tipo de lixa ou rebolo usado para essa finalidade.

- Capacidade de Execução Dentro de Cronograma Previamente Estabelecido

O prazo de entrega normalmente não é cumprido, sobretudo devido ao preço baixo praticado e as condições de pagamentos acertadas. As marmorarias passam a dar prioridade àqueles serviços mais rentáveis e de recebimento imediato, já que as contas a pagar são muitas e na maioria das vezes as receitas não estão acompanhando o ritmo das despesas. Um agravante da falta do cumprimento do cronograma é o atraso provocado na conclusão da obra e na desorganização do setor de produção que passa a ter vários pedidos não concluídos misturados aos novos pedidos, acarretando dessa forma, atrasos na conclusão das peças.

- Preços e Condições de Pagamento Acessíveis

Embora as construtoras estabeleçam as regras e condições de pagamento, na maioria das vezes, estas não são cumpridas pelas mesmas devido a burocratização da liberação de seus pagamentos, onde as mercadorias após serem conferidas pelo setor de almoxarifado e pelo mestre de obra, são encaminhadas para o setor de pagamento. Os mestre de obra ou o chefe de almoxarifado para retardar a liberação do pagamento, seguindo orientação ou não, passam a condenar determinadas peças com relação à qualidade do acabamento ou por defeitos muitas vezes normais com relação às peculiaridades do produto, exigindo que sejam feitas novas peças ou melhorar a qualidade das mesmas provocando uma demora que pode levar alguns dias para solucionar o impasse. Por fim quando o romaneio de entrega é liberado para o setor de pagamento da empresa o mesmo entrará numa programação de prioridade do pagamento conforme a disponibilidade financeira e as receitas da empresa.

Outro artifício usado pelas construtoras para retardar a quitação das contas é efetuar um novo pedido, vinculando o pagamento do anterior com o recebimento deste.

Ocorre atraso de pagamento também em virtude do não cumprimento no prazo de entrega das peças, gerando aborrecimentos e atraso no cronograma da obra, acarretando por parte do construtor uma falta de prioridade no pagamento dos pedidos.

- Materiais Com Padrão de Homogeneidade

Normalmente o vendedor da marmoraria sem conhecimento técnico da rocha (mármore e granito), relacionado com as peculiaridades do produto por ele oferecido, dispendo apenas de uma amostra de mão, onde muitas vezes os defeitos e variações de tonalidade própria do material rochoso não são percebidos, e ansioso para efetuar a venda para garantir a sua comissão, passa a fechar o

negócio garantido o padrão da mercadoria conforme a amostra por ele apresentada. Na hora do recebimento do produto, o controlador de qualidade da construtora começa a devolver peças, alegando estarem fora de padrão, apresentando manchas, veios e tonalidade que não eram evidenciadas na amostra deixada, gerando aborrecimentos e prejuízos ao marmorista.

Pessoal não Qualificado

Para o sucesso de qualquer empreendimento empresarial é de fundamental importância a qualificação da mão de obra em todos os níveis de atuação. O que verifica-se nas marmorarias é a falta de qualificação e de conhecimentos técnicos de seus funcionários para exercerem suas funções.

Pode-se encontrar acabadores analfabetos, e outros que sabem pouco assinar o nome, sem ter a mínima condição de ler as informações contidas nas ordens de serviços, necessitando do companheiro ou do encarregado da produção para traduzir o serviço a ser executado. Isto provoca atraso nas operações, pois muitas vezes este operário fica esperando que o colega termine sua etapa para depois então orientá-lo.

Por sua vez os encarregados de produção deveriam fazer cursos para melhorar o desempenho de suas atividades, qualificando-se para lidar com pessoal, distribuindo melhor as tarefas, exigindo desempenho e qualidade dos serviços praticados por seus comandados, evitando erros e desperdícios tão comuns na produção, melhorando o aproveitamento das chapas, conforme as medidas a serem cortadas, organizando o pátio de estocagem, localizando possíveis sobras de granitos e mármore que possam ser aproveitados, contribuindo para o aumento da produção e redução de custos, tão essenciais para a competitividade da empresa no mercado.

O encarregado de produção via de regra tem sido um funcionário que anteriormente desenvolvia atividade de acabador ou cortador. Um dos agravantes disto é que por ser oriundo destes setores o mesmo é bastante envolvido com os demais funcionários da produção, que muitas vezes para não se indispor com os companheiros passa a ser complacente com a morosidade, desleixo e irresponsabilidades de alguns de seus comandados, acobertando desta forma erros e indisciplinas que são bastante prejudiciais ao bom desempenho das empresas.

O profissional de vendas, já na falta de qualificação deste segmento tem acarretado equívocos, onde alguns vendedores por não terem noções básicas para interpretar plantas de engenharia e arquitetura, especialmente as que envolvem cortes com ângulos, cometem vários erros nas medições.

Geralmente os vendedores não possuem cursos com temas relacionados a venda tais como: Como abordar um cliente; como fechar um negócio; o atendimento antes e, pois venda; cursos de relações humanas, cursos de edificações, e de conhecimentos

básicos sobre granitos e mármore, dentre outros. Muitas vezes os vendedores são grosseiros, mal apresentados e demonstrando bastante indisposição para atender e tratar os clientes.

Por fim, a falta de qualificação no setor administrativo das empresas é também comum. Fala-se muito a respeito da falta de qualificação técnica do empregado, especialmente no setor produtivo, mas, será que o dirigente tem qualificação e capacitação técnica para administrar? O despreparo dos gerentes e de alguns empresários do setor que em sua maioria não tem cursos que lhes der noções básicas de administração, economia, contabilidade e recursos humanos, tem levado muitas empresas a situações caóticas, sendo praticamente impossível de se reverter o quadro, tamanho é a desordem administrativa-financeira das mesmas, levando-as de maneira progressiva para exclusão no mercado.

Perda de Material

A perda de material representa um percentual grande de custo nas marmorarias. O processo de perda pode iniciar com a compra de chapas, com fraturas (trincas) muitas vezes não percebidas. Essas fraturas seriam identificadas se na hora de comprar o material o mesmo fosse umedecido pelo lado oposto ao do polimento. Logo após a secagem, onde existisse fraturamentos, os locais permaneceriam úmidos.

É comum também a compra de chapas com xenólitos, veios, nódulos de oxidação (mulas), variações de tonalidades, além de outras anomalias, que interferem no padrão e qualidade do material. Estas chapas são compradas às vezes sem desconto, ou mesmo que haja, em alguns casos, ainda assim, não é viável a compra, pois poderá ocorrer devolução das peças pelo consumidor em função destas anomalias. Quando ocorre devolução dessas peças, além da perda de material, ocorre perda de horas trabalhadas e do material de consumo, alterando o cronograma de produção e entrega do material, gerando prejuízos para a empresa.

A perda pode ocorrer também no transporte das chapas até as marmorarias, em virtude de não se tomar certos cuidados com relação ao empilhamento das mesmas, que podem conter chapas com tamanhos diferentes, cantos quebrados, dureza diferente, favorecendo quebras e arranhões. Deve-se ter cuidado também com o nivelamento da carroçaria do caminhão, que deverá ser forrada com raspa de madeira, a fim de receber a primeira chapa.

Outro ponto de perda de material é no descarregamento das chapas nas marmorarias, onde normalmente é feito de forma manual, utilizando-se em média 04 pessoas. O cuidado e atenção devem ser redobrados, sempre que se está movendo chapas, devido ao peso das mesmas. O risco de acidente e quebra de material é grande, sobre tudo em consequência da falta de atenção e das irregularidades existentes no piso do pátio. No descarregamento do material também pode ocorrer perda provocadas por arranhões nas chapas, em virtude do contato das mesmas com material abrasivo

existente na carroceria dos veículos. É comum quebra de cantos de chapas tanto na hora da descida destas da carroceria dos caminhões como quando elas são retiradas do carrinho transportador das chapas para serem colocadas nos cavaletes, havendo um contato brusco com o chão que muitas vezes por ser irregular termina provocando quebras, especialmente nas chapas de mármore.

O risco de acidentes e quebra de material se acentua, quando as marmorarias contratam diaristas para o descarregamento das chapas. Geralmente são pessoas despreparadas, que por não estarem acostumadas com este tipo de operação, desconhecem os cuidados e peculiaridades que a mesma requer, tornando esta operação vulnerável a quebras, acidentes e perdas de material.

Ocorre perda de material também em função da falta de organização do pátio, fazendo com que seja difícil a localização de determinadas sobras de granitos e mármore que poderiam ser aproveitadas no pedido. É bastante comum haver o corte de chapas, gerando aumento de perda de material, para produzir peças com determinadas medidas onde poderiam ser utilizadas as sobras já existentes.

Antes de o material ser conduzido para a máquina de corte, as chapas que se encontram nos cavaletes são desdobradas provocando perdas que são originadas principalmente por dois motivos: O primeiro devido a falta de planejamento e estudo das medidas existente no pedido, que muitas vezes apresenta uma variedade de tipos e tamanhos de peças como, soleiras, bancadas, peitoris, balcões, degraus, espelhos dentre outras. O segundo relaciona-se com a maneira como essas chapas são desdobradas nos cavaletes, que se dá através de batidas com marreta ao longo de uma linha demarcada até ocorrer à trinca da mesma. Para cada operação desta é dada uma margem de segurança em torno de 5cm, provocando perdas que vão se acumulando conforme a repetição desta operação. Se o material a ser desdobrado for um granito poroso, ou de granulação grosseira ou ainda um mármore, especialmente se este for um travertino que apresenta várias cavidades, o volume das perdas pode aumentar em virtude de não ser obedecida à direção da linha demarcatória.

Quando as chapas são aparadas pela máquina de corte também ocorrem perdas de materiais, gerando os chamados "cacos" ou "tarecos", que pode ter seu volume aumentado em função da falta de manutenção da máquina de corte que passa a trabalhar desalinhada ou vibrando quebrando desta forma os cantos das peças.

Após o corte o material vai para o setor de acabamento, onde mais uma vez está sujeito a perdas, em consequência de erros ocasionados pela falta de atenção quando as ordens de serviços são repassadas ou quando estes serviços são ordenados verbalmente; neste caso identificar quem foi o causador do erro fica muito difícil.

Por fim as perdas podem ocorrer durante o transporte e entrega das peças prontas, que por não

serem bem fixadas podem sofrer quebras com o movimento do veículo.

Com relação ao material de consumo as perdas começam com o descontrole ou ausência, em algumas marmorarias, do almoxarifado. Devido a sua pequena estrutura estas marmorarias não tem um responsável para o setor que controla a saída do material de consumo, ficando a cargo de cada operário, que retira lixas, disco, rebolos e outros insumos sem normas e procedimentos. Nestes casos poderá haver inclusive furtos de mercadoria.

No setor de produção, devido à falta de fiscalização, lixas semi-novas são colocadas no lixo, sendo substituídas por outras novas quando ainda poderiam ser utilizadas, especialmente na produção de peças de mármores (material macio).

O desperdício se torna ainda maior com relação ao uso da cola utilizada para fixar as peças de mármores, granitos e na colagem de cubas das bancadas. Essa cola que é preparada com resina e um pó (alvaiade), quando adicionado um catalisador na mistura provoca uma reação que em poucos minutos esta fica rígida não podendo mais ser aproveitada. Com relação ao uso da cola são comuns dois aspectos: o primeiro quando prepara-se uma quantidade excessiva de cola para realizar uma operação que não irá dar tempo para ser efetuada em virtude da secagem rápida da mesma; o segundo quando é preparada uma quantidade excessiva de cola para uma operação que não irá consumir nem a metade desta havendo em ambos os casos bastante perda de material. Torna-se comum se observar uma grande quantidade de torrões de cola endurecidos no chão dos galpões de acabamento ou em depósitos de lixo, evidenciando bem o alto desperdício deste material.

Perda de Tempo

A mão de obra exerce um peso grande dentro da planilha de custo das marmorarias, principalmente por se tratar de uma atividade semi-artesanal, necessitando por tanto de um contingente grande de pessoas para produzir os produtos por elas comercializados. Soma-se a isto, as altas taxas tributárias de encargos sociais e trabalhistas, especialmente naquelas que estão legalmente constituídas e trabalhando dentro das normas que regem tais leis.

Perde-se muito tempo dentro da atividade marmorista; neste caso, a hora efetivamente trabalhada fica bem abaixo da hora do regime de trabalho na produção e este fato se dá por vários motivos, entre os quais pode-se citar:

- Perda de Tempo em Função de Suas Condições Financeiras

Devido as condições financeiras de certas marmorarias, ocorre um desperdício grande de tempo em virtude de não se ter uma pessoa responsável por cada setor, havendo sobrecarga de funções que muitas vezes traduzem em perda de tempo. Como exemplo destaca-se o fato do cortador ser também encarregado de produção. Ele deixa de cortar o

material para atender ao acabador que tem dúvida sobre a ordem de serviço ou sobre a nova tarefa que será executada. Fica constantemente sendo chamado no setor de acabamento para ir buscar material no almoxarifado, ou pelo escritório para receber informações e orientações relacionadas com o modo de acabamento e definições de prioridades das peças que se encontram na produção.

O vendedor, por sua vez, perde tempo para exercer sua função porque está sendo motorista da empresa, fazendo entrega das mercadorias e/ou cobrança dos pedidos, ou ainda realizando a compra de algum produto que faltou de última hora, paralisando desta forma a produção, porque não existe na marmoraria uma pessoa específica para controlar o almoxarifado.

É comum perda de tempo na produção nas marmorarias com dificuldade financeira, em virtude de não dispor de recursos para compra imediata de alguns insumos ou matéria prima necessárias à confecção dos pedidos. Essa compra às vezes demanda um certo tempo, sobretudo, devido à falta de crédito com os fornecedores, que não vende mais com prazo devido à dificuldade de recebimento ou inadimplência do mesmo, dificultando ainda mais a solução deste problema.

Outra perda de tempo devido às condições financeiras da empresa diz respeito à falta de agilização no conserto de máquinas utilizadas no setor de produção, que devido à falta de manutenção periódica estão constantemente dando defeitos. A falta de recursos também não oferece condições para a aquisição de máquinas reservas(principalmente lixadeiras, maquitas e poli bordas), fazendo com que haja perda de tempo na produção, pois o operador dessas máquinas fica aguardando o conserto das mesmas. A falta de máquinas reservas é também sentida quando a venda é feita com montagem das peças, necessitando do uso de equipamentos que são tirados da produção. Desta feita é comum a não abertura de bocas de cuba ou outros serviços porque a maquita ou a lixadeira encontram-se fora da empresa.

A dificuldade financeira de algumas marmorarias não permite a contratação de ajudantes de produção, que são bastante úteis no carregamento e na entrega de materiais, no descarregamento e manuseio de chapas e em vários outros serviços. Muitas vezes essas funções são executadas por funcionários que estão diretamente ligados à produção havendo desta forma uma grande perda de tempo na confecção das peças.

- Perda de Tempo em Função de Sua Estrutura Física

Muitas marmorarias não possuem espaço físico nem "lay out" compatível com suas atividades. A disponibilidade de espaço é fundamental para a organização, planejamento, e administração da empresa. Em função da desorganização dos materiais no pátio de estocagem, que se dá muitas vezes devido à falta de espaço, torna-se comum encontrar sobras de chapas de um determinado material misturadas com vários outros provocando

grande perda de tempo para localização de materiais que são aproveitados no corte.

A falta de espaço físico para disposição separada das peças produzidas, conforme os respectivos pedidos, provoca uma mistura com outros materiais, dificultando a localização destas na hora da entrega, levando perda de tempo na identificação das mesmas.

- Perda de Tempo Relacionada com Manuseio de Chapas

Esta operação é bastante comum nas marmorarias sendo executada em muitos casos várias vezes durante o dia, devido à diversidade dos tipos de materiais a serem cortados. Nas marmorarias onde o sistema não é mecanizado tem que se dispor de 03 operários para executar este serviço, havendo uma perda de tempo bastante considerável, sobretudo pelo fato de no mesmo cavalete conter vários tipos de granitos, necessitando às vezes remover mais de cinco chapas para retirar aquela que será encaminhada para o corte. Este tempo poderá ser reduzido se existir cavaletes para cada tipo de material e um outro ao lado para ser colocada as sobras das chapas, facilitando a localização e remoção destes produtos. A disposição das chapas próximas às máquinas de corte e de polimento reduz também o tempo de manuseio. Outro fator importante também é manter o pátio sempre nivelado e se possível cimentado, facilitando o deslocamento do carrinho que transporta as chapas, reduzindo inclusive o risco de acidente.

- Perda de Tempo no Carregamento e Entrega do Material

Para o carregamento e entrega do material faz-se necessário, dependendo do volume do mesmo, uma equipe de no mínimo 03 pessoas. Perde-se bastante tempo no carregamento, principalmente por não estar, facilmente, localizadas certas peças que fazem parte do pedido encontrando-as misturadas com as de outros. A falta de uma pessoa para conferir o pedido e as peças prontas provoca atraso na hora do carregamento, em virtude de algumas estarem faltando o acabamento, as vezes uma soleira ou espelho de bancada ou ainda, outra peça que foi quebrada após sua produção, não tendo sido providenciada sua reposição.

O processo de fixação das peças no veículo leva bastante tempo, sobretudo se o pedido tiver peças frágeis com vários tamanhos variados vulneráveis a quebras durante o transporte.

A emissão de notas fiscais, retirada do romaneio de entrega e o conferimento do material a ser entregue muitas vezes se dá de forma lenta havendo perda de tempo para liberação do veículo.

As vezes perde-se tempo para saída do veículo simplesmente pelo fato de que o mesmo encontra-se com pouco combustível e a pessoa que dispõe do recurso não se encontra na empresa ou está a caminho da mesma. Outro fato de demora da saída do veículo pode estar relacionado com o fato de o vendedor não ter colocado o endereço nem o

telefone da empresa no pedido e o mesmo não encontra-se na empresa.

Na entrega do material a burocracia de certas obras faz com que a equipe fique esperando horas para autorização do descarregamento e para conferir a mercadoria, ou em outra situação o elevador está em manutenção ou congestionado com entregas e mudanças. Pode-se perder tempo também devido à hora imprópria de chegada, o pessoal encontra-se almoçando ou em período de repouso, ou ainda o encarregado do recebimento das peças encontra-se em reunião com os superiores da empresa sem hora de terminar.

- Falta de Manutenção das Máquinas e Equipamentos

A falta de manutenção periódica das máquinas e equipamentos de produção tem provocado quebra das mesmas acarretando paralisações que podem levar até dias. O fato agrava-se, ainda mais, em virtude de algumas marmorarias não disporem de outras máquinas para substituir as que estão no conserto. Esta manutenção pode ocorrer diariamente ou pelo menos uma vez por semana. O simples fato de verificar se as escovas das lixadeiras e das maquitas estão ainda boas, pode evitar o desgaste do induzido que representa um custo bem maior além de demandar tempo para o conserto.

- Falta de Tecnologia

O fato da marmoraria não dispor de equipamentos modernos e de tecnologia de ponta para o setor produtivo, provoca perda de tempo para a realização das tarefas, havendo um grande diferencial entre aquelas que estão mais bem equipadas e as que operam com equipamentos velhos e obsoletos.

Falta de Profissionalismo e Compromisso com a Empresa

A falta de profissionalismo daqueles que fazem parte do quadro funcional da empresa deixa muito a desejar. Raramente existem funcionários que trabalham na empresa com dedicação, ética e respeito, buscando sempre realizar bem suas funções, evitando erros e desperdícios que são transformados em prejuízos para a mesma.

Talvez essa falta de compromisso para com a empresa está associado ao nível intelectual e moral de alguns funcionários e da relação da empresa para com seus funcionários, que em momentos de dificuldades financeiras, passa a atrasar seus compromissos para com os mesmos não lhes dando satisfações, nem procurando soluções que possam ao menos amenizar o constrangimento vivido pelo funcionário, que não tem a onde recorrer para honrar seus compromissos e atender as necessidades básicas de sua sobrevivência e de sua família. Desta forma gera um desgaste muito grande na relação empresa/funcionário que repercute na disposição do trabalho e no compromisso do funcionário para com a empresa.

Aumentando ainda mais a crise os vendedores que estão com suas comissões de venda em atraso, passam a levar os pedidos de seus clientes para outra marmoraria que lhes garantem o pagamento em dia.

Perda de Clientes

A relação comercial entre as marmorarias e seus clientes, em muitos casos, deixa muito a desejar. O que se tem constatado são inúmeras reclamações de clientes no que diz respeito ao não cumprimento do prazo de entrega do material, má qualidade dos produtos e serviços ofertados pelo setor.

O atraso na entrega dos produtos tem sido uma queixa constante do cliente, que fica aborrecido devido ao fato de não ser comunicado com antecedência para replanejar as etapas do cronograma das obras, evitando atraso e custos adicionais para a empresa.

Erros cometidos com relação ao tipo de acabamento, confecção das peças, entrega incompleta do pedido, material sem consistência de padrão e tonalidade, defeitos de polimento, emassamento mal feito, são alguns exemplos de situações que causam desgaste e aborrecimento ao cliente, que não aceitando mais as inúmeras desculpas incabíveis para tais fatos, buscam novos fornecedores.

Muitos desses erros estão relacionados com a estrutura, gestão administrativa das empresas e da situação financeira das mesmas, que passam a operar de forma precária em vários setores, tornando-se vulnerável a perda de clientes para os seus concorrentes mais bem estruturados. Normalmente o cliente devido a comodidade e pensando em estabelecer uma parceria com seu fornecedor gosta de centralizar seus pedidos em uma única marmoraria. Se a mesma apresenta uma má situação financeira não podendo disponibilizar uma variedade grande de produtos incluindo aí os materiais importados que são bastante especificados por arquitetos e decoradores, torna-se difícil conquistar e manter clientes que trabalham com essa gama de produtos.

Outro erro é a empresa marmorista deixar o contato da marmoraria com o cliente ser feito exclusivamente por intermédio do vendedor, que muitas vezes por falta de habilidade comercial, administrativa e de relações humanas, não consegue estabelecer uma relação mais estável, duradoura e satisfatória com o mesmo.

Por outro lado se o vendedor possuir habilidade e qualificação para estabelecer uma relação estável com o cliente, o mesmo passa a ser cliente do vendedor e não da marmoraria. Nesse caso quando por algum motivo o vendedor sair da empresa e for trabalhar em outra marmoraria muitos de seus clientes o acompanha, havendo perda considerável de cliente em virtude da saída do vendedor.

Vale ressaltar ainda a perda de cliente devido à falta de fidelidade do vendedor com a

empresa a qual ele é funcionário. Existem casos do vendedor desviar pedidos e clientes para outra marmoraria para receber comissões mais vantajosas.

Outro fato que tem levado a perda de clientes são os constantes reajustes nos preços em virtude da instabilidade econômica que provoca uma majoração dos insumos e das matérias primas. As marmorarias trabalham sem obedecer a uma planilha de custos de produção e não majoram seus preços, terminam capitando os clientes das demais.

Capital de Giro

Muitas marmorarias iniciam suas atividades sem capital de giro e isto tem acarretado sérios problemas para o setor, que muitas vezes recorre a bancos, financeiras ou factoring, para troca antecipada de cheques pré-datados, pagando altas taxas de juros, reduzindo muito a margem de lucro e em alguns casos tornando inviável a venda.

A falta de capital de giro diminui o poder de barganha na hora de comprar matéria prima e insumos. Uma marmoraria que por falta de capital de giro não paga em dia as obrigações com os seus fornecedores passam a receber restrições de crédito e prazos podendo inclusive haver corte no fornecimento.

Num mercado altamente competitivo não apenas pela quantidade de empresas atuando no setor, que julga-se ser pequena para atender ao universo de consumidores, mas, sobretudo devido aos baixos preços praticados pela grande maioria, que adotam uma política de preço suicida, não levando em conta às planilhas de custos de produção para fixar seus preços, torna-se difícil vender dentro de uma margem de lucro satisfatória. Se por um lado é difícil vender dentro da margem de lucro esperada, em alguns casos, torna-se mais difícil ainda receber dentro dos prazos estabelecidos.

O alto índice de inadimplência nas contas a receber, onde as receitas que deveriam ser contabilizadas num determinado período, só são disponibilizadas com 30, 60 ou mais dias da data prevista, tem prejudicado muito o fluxo de caixa das empresas. Some-se a isto cheques que são devolvidos e que levam certo tempo para o acerto total do valor a ser recebido.

Vale ressaltar que as contas a receber em atraso, na grande maioria, não são cobrados juros quando do seu acerto, chegando em determinados casos, devido ao aperto financeiro da marmoraria, ocorrer uma negociação com deságio, tendo em vista a necessidade de efetuar pagamentos inadiáveis. Esses fatores provocam uma descapitalização da empresa podendo acarretar atraso no pagamento das suas obrigações com funcionários, fornecedores e com os tributos estadual, federal e municipal. Esse atraso leva ao pagamento de altos juros, prejudicando a saúde financeira da empresa.

A retirada de prolabore por parte dos sócios, com valores bem acima do que deveria ocorrer, devido as condições financeiras da empresa e o pagamento de várias despesas pessoal de seus

sócios por parte da marmoraria, tem provocado descontrole nas finanças que afetam diretamente no uso do capital de giro da empresa.

Uma das coisas que vem ajudando muito nos últimos anos às marmorarias com baixo capital de giro, foram o surgimento dos depósitos de chapas de mármore e granitos. Os depósitos são de fundamentais importância para as marmorarias, tornando-se o elo de ligação entre o produtor, à serraria e a marmoraria.

Os depósitos tem funções importantes por dois motivos: O primeiro porque o marmorista vende a obra e depois vai buscar a matéria prima. O depósito funciona como seu estoque, evitando estocar materiais que não possuem demanda, livrando as marmorarias do custo financeiro desse estoque; O segundo é com relação à disponibilidade de matéria-prima onde existe uma grande variedade de produtos no mesmo local e a boa qualidade destes produtos, pois o material pode ser melhor escolhido, evitando variações de texturas e manchas que tornam os materiais heterogêneos. Soma-se a isto os preços e condições de pagamentos que muitas vezes são atrativos.

As sucessivas mudanças econômicas e instabilidade da moeda, que ocasionam o aumento de insumos, matéria prima e frete, tem tornado o mercado instável, devido não poder repassar os custos de produção para os materiais e serviços prestados. Desta forma as marmorarias que não são bem estruturadas administrativamente, não dispõem de capital de giro suficiente para sobreviver às instabilidades de vendas e que não buscam firmar parcerias com seus fornecedores e os especificadores de seus produtos, visando impulsionar as vendas, sobretudo aquelas que possibilitam uma maior rentabilidade para empresa, dificilmente são bem sucedidas no mercado.

Riscos de Acidentes e Doenças de Trabalho

Com relação a saúde e segurança do trabalho observa-se que certos riscos são comuns, praticamente em todas as marmorarias, especialmente os relacionados com perda auditiva, problemas de coluna vertebral e silicose, além de pequenas escoriações provocadas muitas vezes pela falta de equipamentos de proteção individual (EPI) e de atenção durante as atividades de trabalho.

Algumas marmorarias tem se descuidado com o uso e fiscalização dos equipamentos de proteção contra doenças e acidentes de trabalho, não disponibilizando ou não repondo os abafadores de ruído, as máscaras protetoras contra poeira, os óculos de proteção, as luvas, botas e outros utilizados para reduzir tais riscos.

Vale ressaltar que não é somente importante fornecer esses equipamentos, mas, sobretudo realizar treinamentos e fiscalizar o uso dos mesmos, obrigando e punindo aqueles que não estão usando. Existem casos em que o acabador coloca esses equipamentos pendurados em um prego situado na parede próximo a sua bancada de trabalho ficando exposto à poeira e ao ruído simplesmente por achar

incômodo o uso dos equipamentos de proteção e por não sentir de imediato os danos que essa exposição pode acarretar futuramente a sua saúde.

A atividade marmorista gera grande volume de poeira que pode levar o surgimento da silicose, que é uma doença causada pela inalação de pó de sílica que causa modificações crônicas irreparáveis no pulmão, podendo levar a morte. O avanço da doença ocorre lentamente e está relacionada com a concentração de poeira no ar, teor de sílica livre nas partículas e o tempo de exposição.

Com relação à proteção individual, além do uso de máscaras protetoras de poeira pode-se utilizar também, cortinas úmidas para captar o pó e evitar mais a sua exposição no ar; tornar o local mais arejado diluindo mais a poeira e planejar a disposição das bancadas com relação a corrente de ar e posicionamento dos acabadores de tal modo que a poeira não atinja diretamente a zona respiratória do trabalhador.

Com relação ao ruído os danos causados ao indivíduo estão relacionados com o aumento da pressão, contração dos músculos, ansiedade, tensão, insônia, diminuição da capacidade auditiva, dificuldade de concentração, risco de acidente, baixo rendimento, dentre outros.

O uso de protetor auricular é uma forma de proteção individual, reduzindo mais a intensidade do ruído perante o indivíduo exposto a tal ambiente. Deve-se fazer também manutenção preventiva e corretiva das máquinas, diminuindo o ruído das mesmas e adotar medidas de proteção na trajetória do mesmo, reduzindo a transmissão através do enclausuramento ou barreiras e o tratamento acústico das superfícies do local.

Os problemas relacionados com a coluna vertebral são provocados pela altura inadequada da bancada de trabalho, com relação à altura do acabador, aos movimentos do corpo na hora do uso da lixadeira para fazer os acabamentos nas peças e ao fato de alguns operários levantarem e carregarem certos pesos acima de suas condições forçando o corpo provocando lesões.

Os acidentes de trabalho muitas vezes estão ligados a displicência com que certos operários realizam suas atividades, não procurando trabalhar com atenção, não observando e não tendo em prática os devidos cuidados que cada atividade requer.

No pátio o risco mais comum é com o movimento das chapas que podem quebrar e cair por cima dos operários provocando escoriações e cortes de leve a grande gravidade. Uma maneira de reduzir este tipo de acidente além de atenção com a atividade é fundamental a cimentação e nivelamento do pátio evitando buracos que favorecem o desequilíbrio do carro transportador de chapa. O uso de equipamentos de segurança como botas, luvas e de roupas com tecidos resistentes podem reduzir a intensidade dos acidentes.

No setor de acabamento também ocorre risco de acidentes de trabalho com as lixas e discos de rebaixo usados nas lixadeiras que ao partirem em alta rotação podem vir em direção ao corpo do acabador provocando cortes profundos e de séria gravidade. Com relação a parte elétrica as gambiarras feitas nas fiações são favoráveis a risco de acidente, sobretudo próximas aos equipamentos que trabalham com água. O lançamento de pequenos fraguimentos de rochas e poeira em direção aos olhos do operário pode provocar acidentes especialmente naqueles que não fazem uso de óculos protetores.

Rotatividade de Funcionários

Formar uma equipe de trabalho que tenha competência e dedicação para com a empresa, muitas vezes demanda tempo e muitas vezes, todo o processo de qualificação e/ou aperfeiçoamento do quadro funcional é comprometido em função da rotatividade dos funcionários.

Dentro do setor produtivo de rochas ornamentais é nas marmorarias que ocorrem a maior rotatividade de funcionários. Os que trabalham no acabamento das peças (os acabadores) são os mais responsáveis por isso. Acredita-se que esta rotatividade esteja relacionada entre outros fatores, os seguintes:

- Escassez de mão de obra especializada

Alguns acabadores cientes de sua importância no mercado de trabalho, onde existe escassez de profissionais habilitados para exercer tais funções, muitas vezes, passam a trabalhar de forma lenta e improdutivo, chegando quase sempre atrasado, passando a desobedecer as normas e recomendações, criando um clima de atrito com o patrão visando sua demissão para receber o seguro desemprego e os direitos trabalhistas estabelecidos pela lei, certos de que vão passar poucos dias desempregados, ou como é comum já acertaram seu ingresso em outra marmoraria.

É bastante comum ajudantes de acabadores que já manuseiam as lixadeiras, se oferecendo e sendo admitidos para trabalhar como se fossem profissionais com experiência. O dia a dia vai mostrando a desqualificação desse tipo de funcionário, que depois de várias tentativas de aproveitamento são demitidos da empresa.

- Inconstância no volume de vendas

Certas marmorarias por não estarem devidamente estruturada para desenvolver suas atividades, especialmente na área comercial, onde não existe um departamento de venda ou se existe é ineficiente, despreparado e desaparelhado (sem veículo) para exercer de forma eficiente suas funções, passam a não ter constância nas vendas, havendo períodos de baixa produção, gerando crise financeira que provoca a demissão de funcionários.

Especificação inadequada do material

Os arquitetos e decoradores exercem um papel fundamental no consumo de mármore e

granitos, através da especificação e poder de convencimento junto a seus clientes na aplicabilidade desses materiais em seus projetos.

As especificações desses materiais podem parecer simples devido a grande variedade cromática e os vários padrões texturais, entretanto torna-se bastante complexa devido muitos destes materiais apresentarem tipos petrográficos diferentes. Levando-se em consideração a análise petrográfica dos materiais, muitas rochas comercializadas como granito tem sua denominação errada. Isso implica dizer que esses "granitos" (linguagem comercial) possuem características físico-mecânicas distintas, o que pode implicar muitas vezes em uso inadequado com suas propriedades, produzindo um revestimento de baixa qualidade e desempenho insatisfatório, gerando problemas patológicos muitas vezes irreparáveis.

Tem-se verificado que aqueles que estão envolvidos com a produção, comercialização e aplicação de mármore e granitos, muitas vezes não têm conhecimentos técnicos relacionados às características das rochas, que são fundamentais para uma especificação e aplicação correta das mesmas.

É fundamental que os profissionais especificadores de rochas ornamentais tenham conhecimentos básicos sobre as características tecnológicas desses materiais e o que significa cada resultado dos ensaios realizados, suas implicações e os vários fatores que influem nas características e no comportamento dessas rochas, levando-se ainda em conta as condições ambientais do meio onde as mesmas serão expostas.

As ações que atacam as rochas advindas do meio ambiente associada à ação antrópica são diversas e complexas, podendo ser de natureza química, física ou biológica. Esses materiais são empregados em diversos ambientes: ambiente úmido, ambiente de grande tráfego, ambiente de ampla variação térmica, ambientes que necessitam constantemente serem limpos, ambientes submetidos a grandes cargas dentre outros. Desta forma as especificações devem deixar de levar em consideração somente os aspectos estéticos decorativos, determinados pela cor e textura das rochas, e passar a considerar os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica que são definidos pelas seguintes análises e ensaios:

- **Análise Petrográfica.** Realizada conforme os parâmetros da ABNT/NBR- 1267/92. Esse procedimento metodológico avalia o estudo dos constituintes mineralógicos ao microscópio petrográfico, considerando o grau e quantidade de alterações, existência de poros, descontinuidades e o estado microfissural das rochas, que influenciam no comportamento do material na fase de utilização bem como condicionar sua evolução no transcurso do tempo.
- **Índices físicos.** (Densidade, porosidade e absorção d'água)- NBR 12766/92 – O

conhecimento da massa específica auxilia na quantificação da massa do material. A porosidade representa percentualmente o volume de vazios contidos na amostra. A absorção d'água indica uma relação percentual entre os pesos da amostra e da água nela contida. Uma rocha porosa absorverá mais água e seus minerais serão mais susceptíveis ao ataque pela própria água ou por outros agentes químicos. O coeficiente de absorção d'água é de suma importância quando os materiais vão ser colocados sujeitos a ação de agentes intempéricos. Especificar granito para ambientes úmidos como cozinha, banheiro e área de serviço é importante antes observar os valores dos índices físicos.

- **Ensaio de flexão.** NBR.12763- Tem como objetivo determinar a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços conjuntos de compressão e tração. Ensaio importante para revestimentos externos de fachadas. O granito é duro e pouco flexível e, quando atinge sua capacidade máxima de carga, se rompe sem aviso. Rochas de origens graníticas com granulações maiores apresentam uma tendência a uma flexão menor do que as rochas de granulação fina.
- **Coefficiente de Dilatação Térmica Linear.** NBR – 12765. É para medir o aumento de volume quando submetida a variações de temperatura podendo dilatar-se ou contrair-se conforme a temperatura aumente ou diminua. Seu conhecimento resulta de grande importância na hora de prever juntas de dilatação quando o material vai ser utilizado no exterior ou em lugares com grandes variações de temperatura.
- **Resistência a Compressão Uniaxial.** NBR-12767. São executados visando determinar a capacidade da rocha de suportar forças compressivas, calcula-se a tensão capaz de provocar a ruptura da rocha, sendo importante para cálculos geotécnicos de dimensionamento. Rochas que apresentam altas existências à compressão mostram, em geral, valores adequados de outras propriedades, tais como baixa porosidade, alta resistência à flexão, etc. A resistência na direção perpendicular à estrutura da rocha é, em geral, maior que na direção paralela e maior ainda na direção inclinada. Para um mesmo tipo petrográfico a resistência à compressão será maior para aquelas amostras de granulação menor. O estado de alteração tem, também, grande influência na resistência à compressão, assim como o estado microfissural, sendo esta tanto maior quanto mais sã e menos microfissurada a rocha.
- **Desgaste Amsler-** NBR 12042/92, este ensaio simula o que ocorre em ambientes de revestimentos de pisos com rochas ornamentais. A resistência que uma rocha oferece ao desgaste está intimamente associada à dureza de seus constituintes minerais. As rochas formadas por minerais de baixa dureza são

inadequadas para revestimentos de áreas em que o trânsito de pedestres é intenso.

- **Resistência ao Impacto de Corpo Duro-** NBR 12764/92, possibilita a obtenção de informações relativas ao grau de tenacidade de um material rochoso e consequentemente sua capacidade de suportar ações mecânicas instantâneas (golpe ou impacto). O valor da energia liberada pelo impacto de um corpo que provoque a ruptura de uma placa é importante para subsidiar o seu dimensionamento num revestimento, tanto de pisos como de partes baixas de um revestimento vertical.

Levando-se em conta os resultados destes ensaios pode-se melhor definir a aplicabilidade das rochas ornamentais, atenuando problemas na utilização errônea destes materiais.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa realizada revelou que o setor marmorista é bastante desarticulado, sem nenhum plano de ação estratégico para o segmento. Isto pode ser devido não está filiado a sindicatos ou associações patronais que discutam sobre a problemática do setor, lutando por ações que possam trazer benefícios a classe.

Durante as visitas de campo identificou-se a insatisfação dos marmoristas com as “marmorarias fundo de quintal”, estas por não estarem legalmente constituídas desenvolvem suas atividades sem recolher os tributos e impostos devido, sem honrar com suas obrigações trabalhistas, passando adotar uma política de preços bem abaixo do que deveria ser praticado, desestabilizando o mercado com produtos e serviços muitas vezes de má qualidade, não conseguindo muitas vezes cumprir com os prazos e compromissos assumidos com os fornecedores e clientes, contribuindo para denegrir a imagem do segmento marmorista junto ao mercado.

As empresas de marmorarias por não se reunir, não traçar projetos, não planejar ações na esfera administrativa e comercial, não estabelecer estratégias de parcerias entre si, reduzindo custos que podem viabilizar grandes negócios, e por não articular normas e critérios junto aos fornecedores de matéria prima e insumos, com intuito de coibir a ação das “marmorarias fundo de quintal” tem deixado de colher bons frutos.

A maneira como o setor lida com a concorrência é outro agravante, ele não ver no concorrente um aliado, passando muitas vezes a atacá-lo sem ética profissional e comercial, gerando uma situação onde o próprio setor se encarrega de falar mal de se, tornando-o desacreditado junto ao mercado consumidor e aos fornecedores de uma maneira geral.

Com relação a gestão administrativa, muitas marmorarias são conduzidas pelo próprio dono, que em muitos casos passa a exercer várias funções ao mesmo tempo, não dispondo de tempo nem habilidade para exercê-las de maneira competente,

gerando erros que vão se acumulando ao longo dos tempos, criando um caos administrativo que muitas vezes colocam estas marmorarias à margem do mercado.

A qualificação de mão de obra para atuar no setor tem sido outra dificuldade encontrada, existindo uma carência muito grande de profissionais em toda a esfera(administração, produção e comercialização) o que tem limitado muito o sucesso e a solidificação no mercado de algumas marmorarias.

No tocante a estrutura física a grande maioria das marmorarias estão instaladas em terrenos alugados, com áreas de tamanho geralmente impróprias para a atividade, dificultando o estabelecimento de um “lay out” que facilite a operacionalização do setor produtivo e que possibilite criar um ambiente agradável para se trabalhar e receber principalmente o cliente e o público de uma maneira geral.

A falta de inovação tecnológica das máquinas empregadas no setor produtivo, onde boa parte destas encontram-se sucateadas, devido aos anos de uso ou por falta de manutenções preventivas, especialmente das lixadeiras e das maquinas, tem provocado muitas horas de trabalho improdutivo, onerando os custos de produção e atrasando a conclusão e entrega dos materiais produzidos, interferindo também no fluxo de caixa das empresas.

A penetração de materiais (mármore e granitos) oriundos de outros estados, ainda continua forte no mercado, muito embora os constantes aumento dos combustíveis terem majorado muito o frete, reduzindo as vantagens das importações destes produtos para o Estado do Ceará.

As importações desses materiais são de origens especialmente do Estado do Espírito Santo, mais precisamente da Cidade de Cachoeiro de Itapemirim, e deve-se dentre outros aos seguintes fatores: falta de materiais semelhantes em nosso Estado, onde destaca-se o granito Verde Ubatuba, granito Arabesco, granito Ocre Itabira e o mármore Pinta Verde ou o Rajado; Já o mármore travertino de nome comercial Bege Bahia, também muito importado, tem sua origem no Estado da Bahia; outros fatores são os preços e condições de pagamento favoráveis, onde mesmo pagando-se frete as serrarias de Cachoeiro, o Estado do Espírito Santo consegue praticar preços mais atrativos que os praticados no Estado do Ceará.

Para uma boa funcionabilidade a marmoraria deve ser implantada em área cujo planejamento do “lay out” favoreça a redução de tempo destinado a cada atividade do processo produtivo, que contribua para conservação e manutenção da qualidade das máquinas e dos equipamentos bem como dos materiais expostos para uma boa qualidade do ambiente de trabalho.

As marmorarias deverão ter galpões separados para as máquinas que trabalham com água e para aquelas que trabalham a seco produzindo grande quantidade de poeira. Estas

últimas por produzirem grande quantidade de pó podem gerar desgastes e danos nos equipamentos mais próximos.

O galpão de acabamento deverá ser espaçoso e arejado, facilitando a dispersão da poeira e a movimentação das peças, dos funcionários, e que possibilite dispor as bancadas de trabalho bem dimensionadas e com instalações elétricas adequadas.

As chapas sempre que possível devem ser colocadas em ambiente coberto, evitando a exposição das mesmas durante vários dias aos raios solares ou à água em período invernosos. A exposição das mesmas às intempéries ambientais poderá provocar perda na intensidade do polimento ou o aparecimento de manchas principalmente no material que contem em sua composição minerais ferruginosos e naqueles com alto índice de porosidade.

A distribuição das chapas no pátio deve ser a mais próxima possível das máquinas de corte e de polimento, reduzindo desta forma o tempo necessário para o deslocamento das mesmas. As chapas devem estar expostas em cavaletes de tal forma que mantenha a individualidade dos produtos facilitando de imediato a sua localização e remoção.

O pátio deverá ser amplo, bem nivelado e cimentado facilitando a movimentação de veículos, de pessoal e das próprias chapas, reduzindo assim o risco com acidente.

O alojamento dos funcionários deverá conter armários individuais para guardar seus pertences e o banheiro com aparelhos e chuveiros em quantidade suficiente para evitar longos períodos de espera.

Nas instalações elétricas deve-se evita as emendas de fios e “gambiarras” que é bastante comum, pondo em risco os operários que trabalham ou estão próximos destas ligações. Deve-se procura evitar o contato da água com os fios das extensões elétricas.

As marmorarias devem dispor de um local limpo e com estrutura adequada para as refeições, evitando o que ocorre em muitas onde o funcionário pega a sua marmitta e passa a comer em local empoeirado, sentado na bancada de trabalho ou no chão.

Com relação ao setor administrativo as instalações devem ser de tal maneira que facilite a organização e o controle de todo o setor da empresa e que ao mesmo tempo possa dispor um ambiente agradável para atender o cliente. De maneira geral um ambiente saudável e bem estruturado melhora naturalmente o desempenho dos funcionários, traz maior produtividade e, por consequência, mais lucro ao marmorista.

A INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO DO NORDESTE NO CONTEXTO DA POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL.

Reinaldo D Sampaio

Presidente Conselho de Administração da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS. Presidente do Sindicato da Indústria de Mármore, Granitos e Similares do Estado da Bahia - SIMAGRAN. Rua Edístio Pondé, 342, Stiep. CEP: 41770-395. Telefone: (71) 343-1223 / 243-1255. E:mail – sindicatos@fieb.org.br / peval@peval.com.br

RESUMO

O Nordeste apresenta graves disparidades das condições de competitividade sistêmica em relação às demais Regiões do País. É imperiosa a necessidade de mecanismos diferenciados que estimulem o investimento produtivo e o conseqüente desenvolvimento regional. A favorabilidade geológica do Nordeste abriga uma extraordinária oportunidade de desenvolvimento econômico e social incorporado ao fluxo de comércio internacional.

O segmento das Rochas Ornamentais e de Revestimento, cuja base mineral localiza-se predominantemente no semi-árido, assegura a possibilidade do aproveitamento econômico da riqueza mineral com absorção de mão-de-obra local, consubstanciando o efetivo desenvolvimento sustentado. Organizar a dinâmica do setor, sob a égide de uma Política Regional de Desenvolvimento Setorial e ao abrigo da Política Nacional de Desenvolvimento Regional é condição para liberar as potencialidades desse segmento. O Fundo Constitucional do Nordeste - FNE, administrado pelo Banco do Nordeste do Brasil/SA - BNB, reconhecida agência de fomento e de desenvolvimento regional, deve ter papel fundamental enquanto fonte de financiamento diferenciado e favorecido aos empreendimentos da região. A integração dos empresários através das suas representações estaduais (SIMAGRAN's) e Nacional (ABIROCHAS), apoiados pelas respectivas Federações Estaduais de Indústrias e de Confederação Nacional da indústria, juntamente com o BNB, Governos Estaduais e a Academia é condição imperiosa para o sucesso desses objetivos. A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE deve ser o Fórum Regional de diagnóstico e proposições de políticas, que assegurem o aproveitamento econômico das potencialidades locais que leve em conta a realidade e promova a melhoria da situação sócio-econômica regional.

INTRODUÇÃO

As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste a despeito da existência de núcleos dinâmicos de atividade econômica apresentam relevante atraso social e econômico comparativamente às demais regiões do país. O Nordeste, em particular, caracteriza-se por:

- Desequilíbrio relativo entre população total (28% da população nacional) e PIB regional (14% do PIB nacional);
- Grande extensão territorial e grandes áreas sem aproveitamento econômico;
- Precariedade da infra-estrutura logística;
- Baixa capacidade privada de investimentos;
- Ausência de políticas públicas compensatórias;
- Elevada concentração de renda e de conhecimento;
- Elevada exclusão social, rural e urbana;
- Predominância de municípios com pequenas populações e precária infra-estrutura urbana;
- Baixa qualificação da força de trabalho;
- Elevada "mortalidade" de micro, pequenos e médios negócios;

Estas características, dentre outras, inspiraram a criação dos Fundos Constitucionais de Financiamento, objetivando dotar o Norte, Nordeste e Centro-Oeste de recursos adicionais e diferenciados aos já existentes para financiar empreendimentos produtivos que acelerassem as potencialidades econômicas dessas regiões, contribuindo com o respectivo processo de desenvolvimento e com a superação do acentuado atraso econômico frente às demais regiões do país.

A Constituição estabeleceu preceitos de incentivo ao empreendedorismo e tratamento diferenciado para as micro, pequenas e médias empresas. Este perfil empresarial é característico do segmento das Rochas Ornamentais e de Revestimento.

É mister, portanto, resgatar os princípios norteadores da Lei nº 7.827/89 que regulamentou o Art. 159 da constituição Federal, criador dos Fundos Constitucionais de Financiamento.

- A Lei nº 7.827/89 estabeleceu:

Art. 2º §1º "Na aplicação de seus recursos, os Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte, Nordeste e Centro-Oeste ficarão a salvo

das restrições do controle monetário de natureza conjuntural e deverão destinar crédito diferenciado dos usualmente adotados pelas instituições financeiras, em função das reais necessidades das regiões beneficiárias”.

Art. 2º §2º “No caso da região Nordeste, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste inclui a finalidade específica de financiar, em condições compatíveis com as peculiaridades da área, atividades econômicas do semi-árido, às quais destinará metade dos recursos ingressados nos termos do Art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal”.

Continuando, no seu Art. 3º, Inciso III: “tratamento preferencial às atividades produtivas de pequenos e miniprodutores rurais e pequenas e microempresas, às de uso intensivo de matérias-primas e mão-de-obra locais e as que produzem alimentos básicos para consumo da população, bem como aos projetos de irrigação, quando pertencentes aos citados produtores, suas associações e cooperativas”.

Seguindo, no seu Inciso V, estabelece: “Adoção de prazos de carência, limites de financiamento, juros e outros encargos diferenciados ou favorecidos, em função dos aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e espaciais dos empreendimentos”.

No Inciso IX - “Apoio à criação de novos centros, atividades e pólos dinâmicos, notadamente em áreas interioranas, que estimulem a redução das disparidades intra-regionais de renda”.

Na Seção IV - Dos Encargos Financeiros, no seu Art. 11, estabelece: “As atividades prioritárias e de relevante interesse para o desenvolvimento econômico e social da região Norte, Nordeste e Centro-Oeste terão redução de encargos financeiros referentes a juros e atualização monetária”.

E mais, na Seção III - Dos Recursos e Aplicações, no seu Art. 8º - “Os Fundos gozarão de isenção tributária, estando os seus resultados, rendimentos e operações de financiamento livres de qualquer tributo ou contribuição, inclusive o imposto sobre operações de crédito, impostos sobre renda e proventos de qualquer natureza e as contribuições do PIS, Pasep e Finsocial”.

Portanto, é clara a percepção de que apenas conceder financiamento nas mesmas condições e prazos daqueles já existentes, não criaria qualquer fator adicional e compensatório de produtividade aos novos empreendimentos, principalmente àqueles expostos à competição internacional, com empresas baseadas em economias desenvolvidas, amparadas por condições favorecidas de financiamento, infraestrutura logística, elevado nível educacional e políticas consistentes de comércio exterior.

Além disso, o Nordeste abriga o semi-árido, que corresponde a 40% do território regional, chegando a 70% no caso da Bahia; o semi-árido ostenta os mais dramáticos índices de

Desenvolvimento Humano, daí ser uma prioridade nos Programas Governamentais destinados ao desenvolvimento regional.

DIAGNOSTICO

Neste contexto está identificado um enorme potencial geológico com ampla favorabilidade à ocorrência de rochas ornamentais e de revestimento (granitos, gnaisses, migmatitos, sienitos, arenito e conglomerados, dentre outros), destacando-se no conjunto da região, os Estados da Bahia (3º produtor nacional), Ceará e Pernambuco.

De uma maneira geral, o arcabouço geológico favorável à ocorrência desses materiais, são as rochas do cristalino (pré-cambriano), assim distribuído no sub-solo da região (Tabela 1):

Tabela 1 – Distribuição Percentual das Rochas do Cristalino por Estado do Nordeste

ESTADO	% DO TERRITÓRIO
Alagoas	70
Bahia	80
Ceará	75
Maranhão	10
Paraíba	50
Pernambuco	70
Piauí	80
Rio Grande do Norte	60
Sergipe	50 (estimado)

Assinale-se também que toda extensão do cristalino caracteriza-se pela baixa densidade de fraturas nas rochas existentes, tornando-se assim o ambiente, extremamente favorável à atividade de exploração de rocha ornamental.

Esta característica física das rochas cristalinas torna desfavorável a geração de aquíferos, acarretando a impossibilidade de captação de água em volumes adequados à programas de irrigação intensiva, orientados para agricultura, ainda mais se considerarmos as baixas vazões registradas nos locais onde se adensam o sistema de fraturas, associando-se também a elevada salinidade da água, decorrente da percolação desta em rochas com presença de minerais com sais solúveis.

A água gerada restringe-se ao uso doméstico e somente recomendável com utilização de dessalinizadores.

Tais considerações evidenciam mais uma vez a vocação de extensas áreas do semi-árido nordestino, nos locais com incidência de afloramentos rochosos, para a ocupação econômica direcionada para a extração de rochas ornamentais, propiciando a fixação do sertanejo nesta atividade, evitando-se o êxodo rural para as grandes metrópoles.

Esta realidade expõe ainda uma especificidade natural, cujo tratamento ambiental requer uma reflexão a respeito da uniformidade das Leis ambientais brasileiras. Exemplo mais relevante nos traz a Resolução CONAMA 303/2002, que ao estabelecer como área de preservação permanente topo de morros e encostas com determinada inclinação, abrangeu áreas de maciços rochosos (cristalinos do semi-árido), quase com ausência de solo e, por conseguinte, de flora e fauna de expressão.

O estudo "Rochas Ornamentais no Século XXI", realizado pela ABIROCHAS, em convenio com o CETEM - Centro de Tecnologia Mineral do MCT, com apoio do Programa APEX, registrou para o ano 2000, o seguinte inventário (Tabela 2 e 3):

Tabela 2 – Dados Gerais de Situação do Setor de Rochas Ornamentais por Estado da Federação

DADOS GERAIS DE SITUAÇÃO DO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS POR ESTADO DA FEDERAÇÃO (BASE 2000 - (ESTIMADO))														
UF	Produção t/ano	% BR	TIPO DE ROCHA	% BR	Tear	% BR	Frente de Lavra	% BR	Cap. Serr. mil m ² /ano	% BR	Marmorarias	% BR	MAO-DE-OBRA	% BR
BA	490.000	10	Granito	52	48	3	97	7	1.200	3	180	3	3.200	3
			Mármore Quartzito + Arenito	23										
CE	180.000	2	Granito Pedra Cariri	85 15	44	3	57	3	1.100	3	60	1	1.400	1
PB	63.000	1	Granito	100	9	0	12	1	330	1	20	0	400	0
PE	47.000	1	Granito	100	21	1	13	1	500	1	60	1	800	1
AL	15.000	0	Granito	100	9	0	4	0	220	0	15	0	200	0
RN	13.000	0	Granito	40	4	0	3	0	100	0	20	0	200	0
			Mármore	60										
PI	3.600	0	Pedra Morisca	100	-	0	10	1	-	0	20	0	200	0
SE	0	0	-----	0	7	0	0	0	200	0	26	0	300	0
Total	811.600				142		196		3.650		401		6.700	

Observação:

- CE das 57 frentes de lavra existentes, 30 estão localizadas no Cariri e extraem o calcário laminado.
- SE dos 7 teares existentes, 4 são diamantados.
- Os quartzitos extraídos da BA são maciços.
- O censo de 2002 - SENAI / SIMAGRAN/ SICM registrou 220 marmorarias na Bahia.

Tabela 3 – Produção por Estados e Tipos de Rochas (2002)

PRODUÇÃO POR ESTADOS E TIPOS DE ROCHAS (BASE 2000 - ESTIMADO)								
PRODUÇÃO /TIPO	BA	CE	RB	PE	AL	RN	PI	TOTAL
Produção t/ano	490.000	180.000	63.000	47.000	15.000	13.000	4.000	812.000
Total %	10	3	1	1				15
Granitos	254.800	120.000	63.000	47.000	15.000	5.200		505.000
	8	4	2	2				16
Mármore	122.500					7.800		130.300
	13					1		14
Quartzito Maciço	63.700							63.700
	100							100
Arenito	49.000							49.000
	100							100
P. Cariri		60.000						60.000
		100						100
Pedra Morisca							4.000	4.000
							100	100

O potencial geológico localizado, predominantemente, na região do semi-árido, caracteriza-se pela oferta de materiais de extraordinária diversidade cromática e rara beleza, consagrados no mercado internacional.

As características físico-mecânicas e petrográficas, predominantes nos materiais do Nordeste, asseguram-lhes condições tecnológicas superiores, caracterizadas por maior durabilidade, maior segurança construtiva e preservação dos

padrões estéticos, significando maior retorno dos investimentos públicos ou privados que deles façam uso.

No caso da Bahia, por exemplo, 3º produtor nacional e responsável por 60% da produção regional, registra-se a seguinte evolução (Tabela 4):

Tabela 4 – Evolução da Produção / Exportação – Bahia

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO / EXPORTAÇÃO - BAHIA						
ANO	PRODUÇÃO – COMERCIALIZADA BLOCOS (t)	EXPORTAÇÃO (US\$1,000)				
		BLOCOS (t)	US\$ 1,000	MANUFAT. (m ²)	US\$ 1,000	TOTAL US\$ 1,000
1990	63.340	36.000	5,000	-	-	5,000
1993	170.230	91.975	10,741	19.800	1,000	11,741
2000	330.000	112.801	18,922	36.000	2,000	20,922

Fonte: SICM/ COMIN – Produção convertida a 3,7 t/m³.

Autor: Distribuição das Exportações.

Os números acima evidenciam a consagração dos granitos do Nordeste no mercado internacional e nacional, indicando taxas medias de crescimento no período 1990-2000, da ordem de 15% ao ano para exportações e de 18% ao ano na produção comercializada, confirmando o caráter de “setor dinâmico” da economia regional.

PROPOSIÇÕES

Todo desenvolvimento tem uma base local. Embora seus reflexos transcendam esse plano local, é ali que se iniciam os arranjos produtivos e se definem as conveniências e benefícios sociais, econômicos, tecnológicos, espaciais e ambientais, através do aproveitamento econômico dos recursos disponíveis.

O sentido de local pode ser entendido como de natureza regional quando identificada ambiência natural, social e econômica, comuns como no Nordeste. A implementação de estratégias territoriais de desenvolvimento deve constituir-se no principal instrumento de consolidação do desenvolvimento sustentável.

O grande espaço territorial, a dispersão das unidades e os aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e espaciais desse segmento econômico no Nordeste, reclamam uma ação planejada e estruturante por parte das entidades empresariais e das instituições governamentais com interesse no segmento mineral, industrial e /ou de fomento e desenvolvimento regional, conforme demonstrado:

- **Aspecto Social:** Gerador de emprego direto com baixo nível de investimento. Estima-se que no segmento de rochas ornamentais e de revestimento, gera-se 04 (quatro) empregos indiretos para cada um direto. Dado a rigidez locacional dos jazimentos, os empregos são gerados nas regiões interiores do Nordeste. Além disso, demanda nas comunidades próximas, serviços diversos (alimentação, médico, manutenções em veículos e equipamentos), suprimento de combustível, materiais de oficinas e escritório, transporte, etc, contribuindo para dinamizar a atividade econômica desses municípios.

Recolhe impostos municipais, estaduais e federais, contribuições trabalhistas e previdenciárias, e mantém relação de trabalho sistematicamente fiscalizada pela DRT e até mesmo por outros Organismos Oficiais, tais como: CRA, DNPM etc, o que assegura respeito e cumprimento à Legislação Trabalhista e de Segurança e Saúde do Trabalhador, prática incomum nas regiões atrasadas do País.

No plano ambiental atuam sob a fiscalização dos órgãos ambientais estaduais e federais, devendo cumprir os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas, obrigatórios para a legalização da atividade econômica. Os empregos diretos gerados pelo setor no Nordeste somavam no ano 2000 6.700, em um universo nacional de 105.720 empregos diretos.

Nas regiões mais pobres as famílias são mais numerosas, estimando-se a média de 5 pessoas por unidade familiar, o que totaliza apenas por conta dos empregos diretos, 33.500 pessoas vivendo da renda desses empreendimentos. Considerando a potencialidade geológica do

Nordeste, pode-se afirmar que esse setor apresenta um estágio incipiente de desenvolvimento, decorrente em grande parte, das adversas condições de competitividade sistêmica que dificultam os investimentos produtivos na região.

- Aspecto Econômico: Os empreendimentos estão estruturados também através da prospecção, pesquisa e implantação de pedreiras de granitos, distribuídas por diversos municípios do semi-árido, contribuindo para:
 - Desconcentração espacial da atividade industrial;
 - Redução do êxodo rural-urbano;
 - Transformação do “bem mineral” em “riqueza mineral”;
 - Existência de empresas de pequeno porte, internacionalizadas, geradoras de divisas que proporcionam reconhecido efeito multiplicador na economia interna.

- Aspecto Tecnológico: A quase totalidade dos empreendimentos instalados apresentam adequada atualização tecnológica, introduzindo na região técnicas de mineração e beneficiamento inéditas até então e de repercussão bastante positiva tanto no tocante à segurança do trabalho quanto aos impactos ambientais. Na Bahia, foi instalado entre 1991 e 1993, o mais moderno projeto mínero-industrial do setor no Brasil àquela época, abrigado em uma média empresa.

- Aspecto Espacial: Os empreendimentos têm sua ampla base produtiva distribuída nos municípios localizados no semi-árido nordestino, onde são gerados cerca de 65% dos empregos diretos, portanto 4.355 empregos diretos que poderiam ser muito mais se houvesse um planejamento e atuação adequada das instituições de desenvolvimento regional para garantir a consolidação e o desenvolvimento setorial.

Nesse segmento, 100% da matéria-prima é extraída na região, exatamente nos locais onde não se pode exercer qualquer outra atividade econômica, pois, além das adversidades climáticas, a rocha é aflorante ou quase aflorante, inexistindo solos com espessura adequada que permita alguma atividade agrícola.

No caso da Bahia, por exemplo, o semi-árido, com seus 370.000 Km², representa cerca de 70% de todo o território baiano; o Estado detém 5,0 milhões de habitantes na zona rural, significando a maior população rural absoluta dentre todos os Estados da Federação. Adicione-se a isso, que dos 417 Municípios, cerca de 280 estão no semi-árido, tendo cada um deles menos de 10.000 habitantes e caracterizam-se, tais municípios, pela precariedade infra-estrutural urbana.

As condições estruturais objetivas que caracterizam o Nordeste, aliadas à insuficiência de mecanismos indutores do investimento produtivo na região, não criaram as externalidades positivas

determinantes para a expansão do beneficiamento industrial em nível proporcional à expansão da atividade de mineração de mármore e granitos. Enquanto a média nacional de capacidade de serragem (t/ano) x produção mineral total era em 2000 da ordem de 47%, no Nordeste, a média situava-se em 27%.

Ainda assim, dado que o investimento médio na viabilização de uma pedreira de rocha ornamental que emprega 25 pessoas é da ordem de US\$350.000,00, conclui-se que a cada US\$14.000,00 de investimento, gera-se um emprego direto no semi-árido, em uma atividade abrigada em pequena ou média empresa, integrada ao comércio internacional, estruturada para o aproveitamento econômico de riqueza regional com uso de mão-de-obra local, criando-se assim as bases do efetivo “desenvolvimento sustentado”.

Sem prejuízo das demais ações, é válido afirmar que a ocupação produtiva dos brasileiros será sempre o melhor caminho para, além de alcançarmos os objetivos do FOME ZERO, criarmos as condições para a produção de riqueza material e moral para sociedade. As desigualdades sociais devem ser combatidas através de políticas diretas de ataque a pobreza e a indigência e de políticas econômicas para a geração de oportunidades de trabalho, emprego e renda através de vigorosas e objetivas ações em favor da criação, desenvolvimento e consolidação das micro, pequenas e médias empresas. O setor das rochas ornamentais e de revestimento é uma dessas possibilidades para o Brasil e para o Nordeste, em particular.

A título de ilustração comparativa, se somarmos todas as áreas em atividade na mineração de mármore e granitos no Nordeste, chega-se a 588 hectares. Nessa área, empregam-se diretamente cerca de 4.500 pessoas permanentemente, gera-se um PIB de aproximadamente US\$60 milhões e receitas de exportação da ordem de US\$27,0 milhões por ano.

Uma fazenda com 600 ha para criação de gado no semi-árido emprega no máximo 3 pessoas efetivas, cria no máximo 240 animais e considerando o ciclo de engorda na região de 0,8 arroba/mês por animal, gera uma renda bruta anual de R\$144.000,00 equivalente a US\$50.000,00; a atividade agropecuária ocupa cerca de 52% do território nordestino e a pecuária, isoladamente, ocupa 30% do solo da região.

Adicione-se a esses fatos, as questões ambientais envolvidas com agropecuária, destacando-se:

- Desmatamento para o plantio de pastos;
- Comprometimento da biodiversidade;
- Degradação do solo;
- Contribuição para a extinção de espécies.

Em contrapartida, a mineração no semi-árido, ocorre praticamente em áreas onde a rocha é aflorante ou apresenta-se sob singelo capeamento de solo, conseqüentemente, com ausência de flora ou

fauna de expressão; sem contar a exígua área ocupada por cada pedreira, da ordem de 3 ha.

Dessa forma, a revisão da legislação ambiental torna-se imperiosa, de modo que ao contemplar as especificidades naturais regionais em um país tão extenso e diverso como o Brasil, alcance o aperfeiçoamento legal para, sem prejuízo dos cuidados ambientais pertinentes, liberar o potencial econômico da mineração brasileira.

Ainda do ponto de vista ambiental, a mineração de rochas ornamentais pode desenvolver-se nas regiões interiores do Brasil e em particular do Nordeste, sem acumulação de **resíduos sólidos**, o único gerado no processo produtivo.

O caminho para isto é a integração dos interesses das comunidades municipais com os das empresas de mineração, intermediada pelos poderes públicos, de modo a viabilizar o aproveitamento econômico dos resíduos sólidos das pedreiras, através do artesanato mineral, da produção de paralelepípedos, de meios-fios, de placas para revestimento, da exploração comunitária e ainda da britagem dos resíduos remanescentes, agregando valor e transformando em riqueza o que seria **lixo mineral**.

Transformar a questão ambiental em oportunidade, através da inserção produtiva de excluídos e semi-excluídos criando oportunidade para desenvolver nova atividade produtiva, reduzindo as perdas de produção e o impacto ambiental. Ou seja, conservam o meio ambiente, geram renda e criam oportunidades de trabalho através do aproveitamento racional intensivo do patrimônio social (reservas geológicas).

Na Bahia, como fruto desses esforços, o governo do Estado lançou o Programa PRISMA, cujo objetivo é beneficiar 7.360 famílias da região do semi-árido no período 2003-2007.

Vale salientar que, a extraordinária favorabilidade geológica brasileira aliada ao menor nível de investimento necessário à viabilização de uma pedreira de rocha ornamental, ensejará uma oferta de matéria-prima muito superior à capacidade industrial instalada no país.

Esta é uma realidade comum a todos os países considerados grandes produtores de rochas silicáticas ou carbonáticas, o que leva, por exemplo, além do Brasil, países como a Índia, a China e a Espanha com as rochas silicáticas e a Itália, a Índia e a Espanha com as rochas carbonáticas, serem grandes exportadores tanto de blocos quanto de rochas processadas, sem prejuízo da crescente competitividade industrial desses países.

Os mercados de blocos de mármore e granitos devem ser encarados como uma OPORTUNIDADE que contribui para:

- Viabilizar o grande lastro de pequenos e médios mineradores.
- Expandir a geração de divisas.
- Difundir os materiais brasileiros.

- Apoiar o processo de industrialização nacional do Setor, o qual depende de uma base mineral constituída por empresas economicamente viáveis que, através dos seus investimentos em prospecção e pesquisa mineral proporcione, de forma contínua, a oferta de novos materiais.

O parque brasileiro de beneficiamento de mármore e granitos conta com cerca de 1.600 teares instalados, a grande maioria com idade entre 15 e 25 anos, portanto, com baixo nível de eficiência.

O estudo “Rochas Ornamentais no Século XXI” projeta investimentos da ordem de US\$1,0 bilhão entre 2001 e 2015 para alcançarmos a atualização e expansão do parque industrial brasileiro e ainda assim demonstra que só absorverá parcialmente a matéria-prima ofertada.

O que fazer com a grande parcela de produção mineral não beneficiada e com as oportunidades de colocação no mercado externo?

O mercado internacional, tanto de blocos quanto de manufaturados são OPORTUNIDADES. A real AMEAÇA à indústria nacional é a ausência de ações objetivas que consolidem uma Política Nacional de Desenvolvimento Setorial, abrigada em uma Política Industrial e de Comércio Exterior, consistentes.

Essa é uma questão que tem confundido a percepção de pessoas sérias, comprometidas com o Setor, que passam a propor atitudes “ré-ativas” para a superação dessas ameaças. O caminho é a implementação de políticas públicas voltadas à consolidação das MPME, objetivando o desenvolvimento da competitividade que viabilize a inserção e permanência no mercado global, permitindo superar a visão imediatista através de uma perspectiva de longo prazo na gestão dos negócios e na previsão dos investimentos.

Deve-se também avançar no fomento aos **sistemas (arranjos) produtivos locais**, através de três linhas fundamentais de atuação: A) Criação de agências de desenvolvimento voltada à dinamização das redes horizontais de cooperação; B) Bancos de “cluster” como base do financiamento das empresas abrangidas por esses arranjos e C) **Tecnocentros setoriais** que trabalhem a disseminação de tecnologias, capacitação e assistência técnica a essas empresas; paralelamente deve-se promover o adensamento de cadeias produtivas, com ênfase em duas vertentes: a) agregação de valor aos bens locais e b) identificação de oportunidades que viabilize a substituição de importações; todo esse esforço tem que ser sustentado por financiamentos compatíveis com as especificidades dos negócios e com as reais necessidades da região (vide Anexo I).

O desenvolvimento e a integração das micro, pequenas e médias empresas significará trabalho e dignidade para milhões de brasileiros, isto permitirá estabelecer relações de trabalho duradouras, elevar o nível de remuneração da força de trabalho e honrar as obrigações sociais e tributárias.

Um país que ostenta o registro de 53 milhões de pobres e 22 milhões de indigentes, não pode adiar a construção de uma sociedade mais justa e mais digna para todos. Política justa se faz sob o princípio do **tratamento desigual aos desiguais**.

As propostas já foram feitas ao Governo, desde 1996 e ratificadas no estudo "Rochas Ornamentais no Século XXI" em 2001; enquanto adiamos tais ações, outras nações como a Índia e China se anteciparam ao Brasil, consolidaram avanços em toda a cadeia produtiva, inclusive de máquinas e equipamentos, conquistaram parcela crescente do mercado mundial e confundem alguns analistas locais, que não percebem que as verdadeiras ameaças às nossas conquistas são internas.

CONCLUSÃO

As percepções e desafios para viabilizar o desenvolvimento e a consolidação da indústria de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Nordeste, continuam os mesmos observados na conclusão do amplo estudo econômico sobre o setor, realizado em 1976/1977 através do convenio firmado entre o Banco do Nordeste do Brasil S/A, a Confederação Nacional da Indústria juntamente com as Federações de Indústrias de todos os Estados da região, a SUDENE, o SEBRAE e o DNPM, coordenado pelo Instituto Eivaldo Lodi e supervisionado pelo Comitê de Supervisão e Acompanhamento - COMISA, composto de representantes das entidades conveniadas.

Citamos a seguir, alguns dos pontos observados:

1. Ao analisarmos a indústria de rochas ornamentais e de revestimento no contexto da realidade econômica e social da Região Nordeste, uma série de vetores se pronunciam, qualificando-a como estratégica para consolidação de um processo auto-sustentável de desenvolvimento econômico e social da Região. Dentre esses aspectos, destacam-se:
 - A expressiva extensão geográfica das áreas geologicamente favoráveis - *crystalino* - à ocorrência de rochas ornamentais na Região Nordeste eleva a indústria de rochas ornamentais à categoria de reconhecida vocação regional;
 - A grande diversidade de rochas com *cores, padrões e texturas diversas*, principalmente nos Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, com forte apelo comercial frente às necessidades do mercado internacional e, portanto, grande capacidade de geração de divisas;
 - A significativa interseção geográfica entre as áreas de maior potencial geológico e a extensa região do semi-árido, caracterizada pela adversidade climática e pela carência de alternativas econômicas mais perenes, sugerindo uma expressiva sinergia econômica e social com

o setor em estudo, à luz dos seculares desafios impostos ao desenvolvimento da Região;

- O perfil técnico-econômico do setor, respectivo à implementação de pequenas em'dias unidades produtivas ao longo de toda cadeia industrial, favorecendo, inclusive, imobilização gradual de recursos, a partir de uma conceituação modular para os projetos.
 - Sob a ótica da geração de empregos, utilizando-se a amostra de projeto da SUDENE, tem-se um total de 1608 empregos diretos, a um *custo médio de US\$64 mil*. O número médio de empregos diretos ofertados por projeto é de 179. No contexto da criação de empregos estáveis, com política estrutural de combate à miséria da Região (FOME ZERO), a indústria de rochas ornamentais e de revestimento apresenta distintas vantagens (*socialmente*) competitivas, ao acomodar espaço para a implantação de programas - por exemplo, Pólo Micrograniteiro - BA - altamente intensivos em mão-de-obra.
2. Para que esse potencial em recursos naturais seja integrado de maneira efetiva e eficaz à estrutura econômica e social do Nordeste, a par do fortalecimento do nível de articulação institucional entre as entidades públicas e privadas e de superação dos óbices diagnosticados, impõe-se uma visão integrada de toda a cadeia industrial - tanto primária quanto secundária - frente aos demais recursos econômicos disponíveis regionalmente e/ou passíveis de mobilização alhures.
 3. Sob égide da *Política Industrial*, na qual devem ser priorizadas as iniciativas voltadas ao binômio aumento da produtividade e da competitividade, como elemento fundamental para maior inserção do País na economia mundial, em condições que potencializem suas vantagens competitivas nas trocas internacionais, o subsetor de produção de granitos e mármore do Nordeste configura-se em perfeita sintonia com esses propósitos.
 4. Sob a ótica da *Política de Desenvolvimento Regional*, a indústria de mármore e granitos apresenta integral aderência aos seus principais objetivos, destacando-se a extensa área denominada de região semi-árida, na qual se concentra a maior parte do potencial em rochas ornamentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No tocante ao mercado interno regional, observa-se um baixo conhecimento tecnológico do uso da pedra por parte de arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores e por conseqüência, dos consumidores em geral, resultando em um baixo consumo "per capta" e pouca presença na arquitetura urbana das grandes cidades do Nordeste.

A diversidade cromática e o exotismo das cores e texturas das rochas nordestinas guardam identidade com a multiplicidade e a diversidade

cultural e étnica que caracterizam o Nordeste. Ampliar sua presença no visual urbano é também uma forma de afirmação dessa identidade.

O caminho para isto dar-se-á através da difusão da **Cultura da Pedra**; aqui entendida como a consolidação de um conjunto de percepções conceituais e técnicas, construídas através do diálogo pró-ativo com as entidades empresariais, com os Poderes Públicos, com as Universidades, com os arquitetos, engenheiros e construtores.

Nesse sentido, algumas ações emergenciais e de resultados à médio e longo prazo devem ser tomadas sob a liderança dos SIMAGRAN(s) e com o apoio das Instituições parceiras SEBRAE, SENAI, SESI, ACADEMIAS, etc., tais como:

- Programa de formação e capacitação em gestão (Administração, Custo e Qualidade);
- Programa de formação e capacitação técnico-operacional:
 - ✓ Lavra de pedreiras - Pedreira-Escola.
 - ✓ Marmoraria-Escola.
 - ✓ Curso de aplicação e assentamento de mármore e granitos.
 - ✓ Curso de redução de perdas nas marmorarias.
 - ✓ Gerenciamento de custos.
 - ✓ Gerenciamento de Qualidade.
- Catálogo de Rochas em CD-Rom.
- Seminários Técnicos.
 - Diagnóstico do Setor nos Estados e proposições para o desenvolvimento setorial.
- Programa de Recuperação de Resíduos.
 - Preservação e ampliação de rede de difusão de tecnologias (RETEC-ROCHAS).
 - Curso de especialização em rochas ornamentais - nível superior destinado à geologia, engenheiro de minas, engenheiros civis e arquitetos (convênio com Universidade).
- Criação de centros tecnológicos regionais.

A NOVA ERA DA PEDRA

A pedra tem sido, há milhões de anos, um elemento indissociável da sobrevivência, do crescimento e da perpetuidade do ser humano.

Desde as primeiras ferramentas rudimentares, passando pelas portentosas construções que caracterizam os marcos do processo civilizatório e até os nossos dias, a pedra tem estado presente como fonte de proteção, de abrigo e de refinamento estético.

O desenvolvimento de novas tecnologias de extração e beneficiamento associadas às novas

técnicas e arranjos construtivos permitiram soluções criativas e confiáveis na construção civil, assegurando a satisfação econômica e estética do mercado.

Este sentido de permanência e ao mesmo tempo, de modernidade, fundamenta a crescente utilização da pedra no cotidiano dos povos, cuja dimensão e diversidade dos usos permitem afirmar estar em curso uma “Nova Era da Pedra” na arquitetura mundial.

Finalizando, gostaria de salientar que tudo aqui abordado, embora fale de empresas, negócios, oportunidades empresariais e riquezas, não se limita e não guarda exclusividade com o econômico.

O que embala esse sonho é a perspectiva do desenvolvimento rigorosamente entendido como meio para a promoção moral e material dos seres humanos. Desenvolvimento enquanto sinônimo de inclusão social digna e justa. Desenvolvimento como compromisso com a vida de seres humanos diante do absurdo da pobreza, e aqui recorro ao filósofo Martin Heidegger que afirmou: diante do mundo do absurdo é o compromisso sincero com a vida que dá sentido à vida!

SUMÁRIO

CURSOS

Rochas Para Revestimento de Edificações: Variedades, Seleção, Usos e Durabilidade 2	
<i>Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá</i>	
Usos, Adequações e Aplicações das Rochas Ornamentais e de Revestimentos 12	
<i>Jacinto Frangella</i>	

Cursos

ROCHAS PARA REVESTIMENTO DE EDIFICAÇÕES: VARIEDADES, SELEÇÃO, USOS E DURABILIDADE

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá

Geóloga, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532 – CEP 05508-901 – São Paulo, SP
Fone: (11) 3767-4350 – Fax: (11) 3767-4346 – mheloisa@ipt.br

RESUMO

Tecnologias em rochas para revestimento abrangem, atualmente, a caracterização tecnológica e ensaios de alteração, com o objetivo de se obter parâmetros químicos, físicos, mecânicos e petrográficos que orientarão a escolha e uso desses materiais na construção civil.

Com esse enfoque são apresentadas as principais variedades de rochas para revestimento e os critérios para escolha de materiais, baseados nas propriedades tecnológicas, visando os usos mais adequados.

Ensaio de alteração acelerada, que simulam situações de exposição dos materiais rochosos a atmosferas agressivas e/ou poluídas ou a reagentes químicos usados na limpeza e manutenção, são utilizados para indicar a durabilidade da rocha e as medidas preventivas para evitar/retardar o “envelhecimento” da rocha.

Também são apontadas, como uma das demandas atuais do setor, ações visando a qualificação sistematizada das matérias-primas e dos produtos, das técnicas mais adequadas para colocação e manutenção de rochas em revestimento e a difusão dessas tecnologias, principalmente, ao mercado consumidor.

INTRODUÇÃO

O termo rochas ornamentais tem as mais variadas definições. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, no prelo) define rocha ornamental como: material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer uma função estética.

Rocha para revestimento é definida pela ABNT como rocha natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil. Essa definição pode ser considerada similar à que a *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2001) propõe para *dimension stone*: pedra natural que foi selecionada, regularizada ou cortada em tamanhos e formas especificados ou indicados, com ou sem uma ou mais superfícies mecanicamente acabadas.

As rochas para revestimento podem ser, dessa forma, consideradas produtos do desmonte de materiais rochosos em blocos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas.

As duas grandes categorias comerciais de rochas ornamentais e de revestimento são os “granitos”, que comercialmente englobam rochas silicáticas (ígneas ácidas e intermediárias plutônicas e/ou vulcânicas, charnockitos, gnaisses e migmatitos), e o “mármore”, comercialmente entendido como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar, como metamórfica, passível de polimento.

Ardósias, quartzitos e alguns outros materiais relativamente recentes no mercado, como metaconglomerados, também são largamente utilizados como rochas para revestimento. Porém por razões técnica e comercial não devem ser englobadas nos dois grupos acima, pois ainda comercialmente não se dispõe de uma denominação para elas.

Atualmente, as rochas ornamentais são muito utilizadas na construção civil, constituindo os revestimentos verticais (paredes e fachadas) e horizontais (pisos) de exteriores e de interiores de edificações. Respondem pela proteção das estruturas e dos substratos contra o intemperismo e agentes degradadores, domésticos e industriais, além de exercerem funções estéticas.

As rochas graníticas, pela sua enorme variedade de cores e padrões texturais e estruturais, são as mais utilizadas nos revestimentos de exteriores, tanto em pisos como fachadas. Os mármore, em geral importados, seguem de perto, principalmente no tocante ao revestimento de interiores.

Ardósias, quartzitos foliados (popularmente conhecidos como pedra mineira, pedra Goiás etc.) e outras rochas, que, pelo seu processo de extração (como por exemplo, a pedra Miracema – um gnaiss), têm superfície rugosa, submetidas a processos de beneficiamento somente de esquadreamento, que é utilizada predominantemente no revestimento de exteriores.

O padrão estético, fornecido pela cor, textura, estrutura e homogeneidade da rocha, é determinado pelo modo de formação, composição mineral, padrões de orientação ou deformação impressos pela história geológica etc. Constitui o principal condicionante para o comércio e uso da

rocha; por sua vez, impostos pelos modismos e não pelas características tecnológicas das rochas.

Tecnicamente, considera-se que o aproveitamento da rocha para fins ornamentais e para revestimento está relacionado a fatores, além do padrão estético, que estão ligados à geologia do material rochoso, no texto também referidos como fatores intrínsecos:

- tipologia do jazimento: definido pela intensidade e tipo de alteração da rocha, presença de tensões confinadas, heterogeneidade estrutural e textural, entre outros;
- propriedades físicas e químicas, que condicionarão os usos mais adequados da rocha no revestimento de edificações, pois possibilitam a previsão da sua durabilidade perante as solicitações de uso: intempéries, desgaste abrasivo pelo tráfego de pedestres, danos relacionados às variações térmicas etc.

Ou a fatores, muitas vezes de igual importância, mas ligados a outros aspectos, referidos como extrínsecos:

- técnicas de extração e beneficiamento: devem ser adequadas a cada tipo de material, pois eventuais defeitos decorrentes do emprego inadequado de métodos extrativos ou industriais (serragem, polimento e lustração), poderão modificar características naturais (microfissuras, por exemplo), e vir a favorecer ou acelerar a alteração dos constituintes ao serem expostos a novas condições ambientais;
- técnicas de aplicação e condições de uso e manutenção.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A caracterização tecnológica de rochas é realizada por meio de ensaios e análises, cujo principal objetivo é a obtenção de parâmetros petrográficos, químicos, físicos e mecânicos do material, que permitam a qualificação da rocha para uso no revestimento de edificações.

Os ensaios procuram representar as diversas solicitações às quais a rocha estará submetida durante todo o processamento até seu uso final, quais sejam, extração, esquadrejamento, serragem dos blocos em chapas, polimento das placas, recorte em ladrilhos etc.

Ainda são muito raros os ensaios em rochas beneficiadas (ladrilhos ou chapas polidas), que visem parâmetros para dimensionamento e de previsão de desempenho e durabilidade de rochas para revestimento de fachadas e pisos.

O conjunto básico de ensaios para a caracterização tecnológica de rochas está relacionado a seguir, juntamente com a sua finalidade.

Análise Petrográfica

Fornece a natureza, mineralogia e classificação da rocha, com ênfase às feições que poderão comprometer suas resistências mecânica e química, e afetar sua durabilidade e estética (Figura 1).



FIGURA 1 – Observação de lâmina petrográfica em lupa estereoscópica.

A análise fundamenta-se na observação de seções delgadas das amostras, estudadas ao microscópio óptico de luz transmitida.

Índices Físicos

Referem-se às propriedades de massas específicas aparentes seca e saturada (kg/m^3), porosidade aparente (%) e absorção d'água (%), que permitem avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão das rochas.

Compressão Uniaxial

Determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos (Figura 2). Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física.



FIGURA 2 – Detalhe de corpo-de-prova rompido, após aplicação de esforços.

Congelamento e Degelo

Consiste em submeter a amostra a 25 ciclos de congelamento e de degelo, e verificar a eventual queda de resistência por meio da execução de ensaios de compressão uniaxial ao natural e após os ensaios de congelamento e degelo. Calcula-se, então, o coeficiente de enfraquecimento (K), pela relação entre a resistência após os ciclos de congelamento e degelo e a resistência no estado natural.

É um ensaio recomendado para as rochas ornamentais que se destinam à exportação para países de clima temperado, nos quais é importante o conhecimento prévio da susceptibilidade da rocha a este processo de alteração.

Tração na Flexão

O ensaio de tração na flexão (ou flexão por carregamento em três pontos, ou ainda, módulo de ruptura) determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. (Figura 3). Permite avaliar sua aptidão para uso em revestimento, ou elemento estrutural, e também fornece um parâmetro indicativo de sua resistência à tração.



FIGURA 3 – Detalhe de corpo-de-prova rompido por aplicação de esforços flexores.

Dilatação Térmica Linear

O coeficiente de dilatação térmica linear (10^{-3} mm/m.°C) é determinado ao se submeter as rochas a variações de temperatura em um intervalo entre 0°C e 50°C. É importante para o dimensionamento do espaçamento das juntas em revestimentos.

Desgaste Abrasivo Amsler

Indica a redução de espessura (mm) que placas de rocha apresentam após um percurso abrasivo de 1.000 m, na máquina Amsler. (Figura 4).

O abrasivo utilizado é areia essencialmente quartzosa. Este ensaio procura simular, em laboratório, a solicitação por atrito devida ao tráfego de pessoas ou veículos.

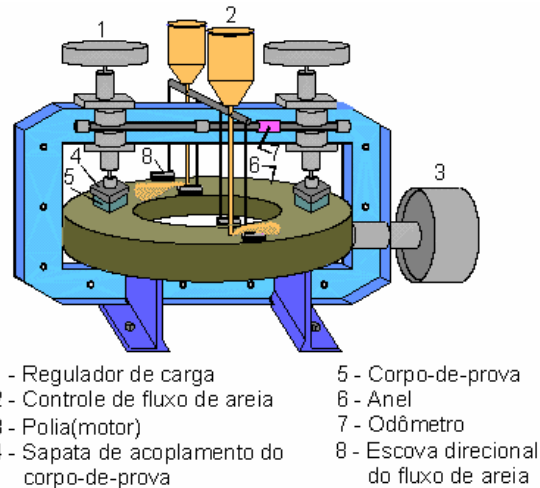


FIGURA 4 – Máquina de desgaste abrasivo Amsler.

Impacto de Corpo Duro

Fornece a resistência da rocha ao impacto, através da determinação da altura de queda (m) de uma esfera de aço que provoca o fraturamento e quebra de placas de rocha. (Figura 5). É um indicativo da tenacidade da rocha.



FIGURA 5 – Detalhe de corpo-de-prova quebrado pela queda de esfera de aço.

Flexão

O único ensaio rotineiro que é realizado obrigatoriamente em rocha beneficiada é o de resistência à flexão (ou flexão por carregamento em quatro pontos). Nesse, simula-se os esforços flexores (MPa) em placas de rocha, com espessura predeterminada, apoiadas em dois cutelos de suporte e com dois cutelos de carregamento (Figura 6). É particularmente importante para dimensionamento de placas a serem utilizadas no revestimento de fachadas com o uso de sistemas de ancoragem metálica para a sua fixação.



FIGURA 6 – Detalhe de corpo-de-prova, obtido a partir de rocha beneficiada, rompido após a aplicação de esforços.

Velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais

A determinação da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (m/s) (Figura 7) permite avaliar, indiretamente, o grau de alteração e de coesão das rochas. É realizada, complementarmente, em todos os corpos-de-prova destinados aos ensaios de compressão uniaxial e de tração na flexão, e auxilia a interpretação dos resultados obtidos nestes ensaios.



FIGURA 7 – Ilustração da medida de velocidade de propagação de ondas.

Os valores relativamente mais altos, num conjunto de corpos-de-prova de uma mesma amostra ou entre amostras petrograficamente semelhantes, indicam um menor grau de alteração e uma maior coesão entre seus minerais formadores.

Normalmente para este tipo de ensaios utiliza-se o PUNDIT (*Portable Ultrasonic Non Destructive Digital Indicating Test*). Sua importância reside em se tratar de um dos poucos ensaios não destrutivos disponíveis para verificação de propriedades rochosas, sendo assim, também muito empregado na avaliação da degradação de rochas, especialmente nos estudos de recuperação de monumentos históricos em rocha.

Ensaio requeridos X usos pretendidos

O conjunto de ensaios e análises, anteriormente descrito, foi concebido e desenvolvido para representar as solicitações às quais a maioria das rochas de revestimento estará submetida, conforme a situação de uso.

A Tabela 1 exibe as propriedades a serem necessariamente enfocadas para a escolha das rochas para as várias situações de usos no revestimento de edifícios e residências, quer seja em pisos de interiores e exteriores (também denominados revestimentos horizontais de exteriores e de interiores), como em fachadas e paredes de interiores e exteriores (ou revestimentos verticais de exteriores e interiores), aos quais são acrescidos os tampos de pia de cozinhas ou lavatórios.

TABELA 1 – Propriedades importantes para a escolha e utilização de rochas em revestimento, conforme o emprego.

Função do Revestimento	Pisos		Paredes		Fachadas	Tampos ^(*)
	Ext.	Int.	Ext.	Int.		
Tipo de rocha	X	X	X	X	X	X
Absorção D'água	X	X	X	X	X	X
Desgaste Abrasivo	X	X				
Flexão	X	X			X	X
Compressão			X	X	X	
Dilatação Térmica	X	X	X	X	X	
Acabamento Superficial	X	X			X	
Alterabilidade	X	X			X	X

(*) especialmente pias de cozinha

Normatização em rochas ornamentais e para revestimento

As normas técnicas têm visado, tradicionalmente, a padronização de ensaios tecnológicos visando a obtenção de parâmetros físicos, mecânicos e petrográficos, que permitam a qualificação da rocha, especialmente para o uso no revestimento de edificações.

Diversas entidades nacionais e internacionais trabalham na padronização de procedimentos de ensaio; *American Society for Testing and Materials* – ASTM, Comissão Européia de Normalização – CEN, *British Standard Institution* – BSI, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, *Deutsches Institut für Normung* – DIN, entre outros.

A Tabela 2 relaciona os ensaios rotineiros para a caracterização tecnológica de rochas ornamentais, as normas nacionais adotadas e as equivalentes internacionais.

Além dessas normas, sobre procedimentos laboratoriais, a ABNT dispõe de duas dirigidas a projetos, execução e fiscalização de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha (ABNT/NBR 13707: *Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rochas* e ABNT/NBR 13708: *Execução e fiscalização de revestimento de paredes e estruturas com placas de rochas*, respectivamente).

TABELA 2 – Ensaios rotineiros de caracterização de rochas ornamentais e respectivas normas.

ENSAIO	NORMA ABNT	NORMA INTERNACIONAL
Análise petrográfica	NBR 12.768	BS EN 12407
Índices físicos	NBR 12.766	ASTM C97 BS EN 1936 ASTM C121 (ardósias)
Compressão uniaxial	NBR 12.767	ASTM C170 BS EN 1926
Congelamento e degelo	NBR 12.769	BS EN 12371
Tração na flexão	NBR 12.763	ASTM C 99 BS EN 12372
Dilatação térmica linear	NBR 12.765	-
Desgaste abrasivo	NBR 12.042	ASTM C 241 ASTM C 1352
Flexão	-	ASTM C 880 ASTM C 120 (ardósias)
Impacto de corpo duro	NBR 12.764	-
Velocidade de propagação de ondas	-	ASTM D 2845

No tocante às demais atividades de mineração ligadas à produção de rochas ornamentais (lavra e beneficiamento) ainda não se têm conhecimento sobre normatização específica. As várias normas disponíveis, para mineração e meio ambiente, aplicam-se às operações comuns da atividade, sem especificidades quanto às rochas ornamentais.

As ASTM e CEN parecem ser, atualmente, as entidades mais produtivas no tocante ao setor de rochas ornamentais.

A ASTM tem publicado, e sistematicamente revisado e atualizado, normas para ensaio, nas quais, aliás, se baseia a maioria das normas brasileiras voltadas para rochas para revestimento. Já estão disponíveis normas para seleção de placas pétreas, seu dimensionamento e escolha de *inserts* metálicos para o revestimento de exteriores.

A CEN, por sua vez, mostra-se preocupada também em prescrever ensaios de alteração de rochas e determinação de parâmetros físicos que permitam a previsão da degradação da rocha em

situações específicas, como por exemplo, resistência à cristalização de sais, ao envelhecimento por choque térmico e outros.

Especificações para o Emprego das Rochas Ornamentais

As propriedades tecnológicas das rochas devem ser consideradas fundamentalmente sob os aspectos de propiciar avaliação da qualidade da rocha e fornecer parâmetros a serem utilizados nos cálculos de projeto. A especificação de valores auxilia a escolha de rochas nos diversos tipos de emprego das rochas.

Pode-se dizer que melhor será a qualidade da rocha, ou seu desempenho em serviço, quanto menor forem: a presença e os teores de minerais alterados ou alteráveis, friáveis ou solúveis, que possam comprometer seu uso, durabilidade e o custo de manutenção; a porosidade e capacidade de absorção e retenção d'água; o desgaste por atrito; etc. E, quanto maior for sua resistência mecânica (à compressão, flexão etc.).

Como parâmetros utilizados nos cálculos de projetos, merecem destaque a resistência à flexão e a massa específica apresentada pela rocha, por serem valores incorporados diretamente no dimensionamento (área e espessura) das chapas e dos dispositivos metálicos de ancoragem destas no revestimento externo (fachadas).

As especificações de limites para seleção das rochas como materiais de revestimento e de construção civil, são geralmente estabelecidas por entidades normatizadoras, com base em resultados de ensaios de laboratório, na observação do comportamento da rocha em serviço, no histórico de desempenho do tipo da rocha em questão e, excepcionalmente, pela experimentação das geometrias das placas e dos painéis ante as condições ambientais e as estipuladas pelo projeto. As informações disponíveis apontam para a ASTM como o único órgão que estabelece especificações para as rochas que se destinam ao revestimento de edificações; "granitos" (ASTM C 615) "mármore" (ASTM C 503), calcários (ASTM C 568), "rochas quartzosas" (ASTM C 616) e ardósias (ASTM C 629). A Tabela 3 mostra os valores estabelecidos pela ASTM.

TABELA 3 – Especificações, segundo ASTM, para rochas ornamentais utilizadas no revestimento de edificações.

Tipo de Rocha		Densidade (kg/m ³)	Absorção d'água (%)	Compressão Uniaxial (MPa)	Flexão (3 Pontos) (MPa)	Flexão (4 Pontos) (MPa)
Granitos (ASTM C 615)		≥2.560	≤0,4	≥131	≥10,34	≥8,27
Mármore – Exterior (ASTM C 503)	Calcita Mármore	>2.595	≤0,20	≥52	≥7	≥7
	Dolomita Mármore	>2.800				
	Serpentina Mármore / Serpentinitos	>2.690				
	Travertino	>2.305				
Calcários (ASTM C 568)	I – Baixa Densidade	≥1.760	≤12	≥12	≥2,9	n.e.
	II – Média Densidade	≥2.160	≤7,5	≥28	≥3,4	
	III – Alta Densidade	≥2.560	≤3	≥55	≥5,9	
Rochas Quartzosas (ASTM C 616)	I – Arenito (≥60% sílica livre)	≥2.003	≤8	≥27,6	≥2,4	n.e.
	II – Arenito Quartzítico (≥90% sílica livre),	≥2.400	≤3	≥68,9	≥6,9	
	III – Quartzito (≥95% sílica livre)	≥2.560	≤1	≥137,9	≥13,9	
Ardósias (ASTM C 629)	I – Exterior	n.e.	≤0,25	n.e.	≥49,6* / ≥62,1**	n.e.
	II – Interior		≤0,45		≥37,9* / ≥49,6**	

* = Paralelo à foliação

** = Perpendicular à foliação

Atualmente, a CEN tem vários projetos de especificação em fase de aprovação, entre os quais citam-se: “blocos”; “produtos semi-acabados (chapas brutas)”; “produtos acabados e ladrilhos”; “produtos acabados (rochas para revestimento)”.

Deterioração e Alterabilidade de Rochas – Conceitos

As rochas ornamentais e para revestimento, pela sua durabilidade e enorme variedade de cores e padrões texturais/estruturais, são muito utilizadas nos revestimentos de exteriores de edificações, tanto em pisos como fachadas. Entretanto, a ação dos agentes intempéricos muitas vezes provoca a deterioração da superfície exposta da rocha, seja através da modificação de seu aspecto estético (perda de brilho e alteração cromática), seja pela danificação da rocha (escamação, manchamentos etc.).

A alteração das rochas se inicia quando entram em contato com as condições atmosféricas reinantes na superfície terrestre.

As principais variáveis que controlam a natureza e a taxa dos vários processos de intemperismo têm sido, desde longo tempo, reconhecidas como sendo a composição e estrutura da rocha, o clima e o tempo de atuação do processo intempérico. O efeito dos vários agentes e processos intempéricos reagindo com as rochas é mostrado por

mudanças mineralógicas, químicas e granulométricas.

Muitos fatores influenciam a susceptibilidade e taxa do intemperismo físico e químico em rochas. Os mais importantes, tendo em vista as rochas de revestimento, são: tipo de rocha, presença de fraturas e/ou fissuras (“porosidade”) e o clima (temperatura e intensidade de chuvas). Adicionalmente, há a ação dos poluentes atmosféricos, nos ambientes urbanos, e o emprego de processos inadequados para o assentamento e manutenção de rochas.

No caso das rochas ornamentais, as modificações físicas das rochas pelos processos de extração e de beneficiamento, podem levar ao aumento do fissuramento, porosidade e outros (Dib, Frascá, Bettencourt, 1999), que irão contribuir para a acentuação dos efeitos deletérios dos agentes intempéricos ou devidos à interferência humana (manutenção e limpeza inadequadas etc.).

A deterioração, numa definição simples, é o conjunto de mudanças nas propriedades dos materiais de construção no decorrer do tempo, quando em contato com o ambiente natural; e implica na degradação e declínio na resistência e aparência estética, neste período (Viles, 1997). Inclui mudanças físicas e químicas do material, desde as alterações relativamente benignas até às esfoliações e escamações. Os termos deterioração e intemperismo

podem ser empregados, no caso das rochas ornamentais, praticamente como sinônimos.

A deterioração de materiais rochosos usados no revestimento de edificações ou em monumentos é mais pronunciada nos centros urbanos e industriais, e muitas vezes podem ser sentidos em materiais ou monumentos localizados distantes destes centros. O meio ambiente urbano, enriquecido em poluentes de variadas fontes, acelera e modifica a degradação destes materiais, ou seja, altera/acelera os processos naturais (Winkler, 1973).

Aires-Barros (1991) define alterabilidade de rochas como um conceito dinâmico, que se refere à aptidão de uma rocha em se alterar, em função do tempo. O tempo, que é considerado na alteração intempérica como um “tempo geológico”, na alterabilidade é um “tempo humano”, à escala do homem e das suas obras de engenharia.

A *American Association for Testing and Materials* (ASTM, 2001), por sua vez, define *durabilidade* como a medida da capacidade da rocha ornamental de manter as características essenciais e distintivas de estabilidade, resistência à degradação e à aparência. A durabilidade é baseada no período de tempo em que a rocha pode manter suas características inatas, em uso. Este tempo dependerá do meio ambiente e do uso da rocha em questão (p. ex., em exteriores ou interiores).

Desta forma, a alteração apresentada pelas rochas estará condicionada a fatores, como: as características intrínsecas da rocha, ou seja, as propriedades físicas e químicas inerentes à sua mineralogia e alterações preexistentes; os defeitos gerados nos métodos e tecnologia de lavra e no processo de beneficiamento (corte e polimento); e, a interação destes com as intempéries e as condições de fixação, manutenção e uso.

No Brasil, as principais causas da degradação destes materiais rochosos podem ser sumariadas como a seguir:

- clima tropical (intensas variações de temperatura e umidade);
- agentes de limpeza, os quais atuam através de diversas substâncias químicas componentes podem causar modificações, especialmente no aspecto estético das rochas;
- poluição ambiental, na qual os diversos elementos dispersos na atmosfera têm grande influência;
- cristalização de sais, principalmente quando as rochas são usadas no revestimento de pisos e assentadas com argamassa.

Ensaio de Alteração Acelerada

Ensaio de alteração acelerada, em laboratório, visam o conhecimento da durabilidade da rocha em relação aos agentes intempéricos, além da investigação dos mecanismos de degradação para cada caso.

Atualmente, estão em desenvolvimento e implantação ensaios de alteração objetivando a

previsão e/ou mitigação de possíveis deteriorações decorrentes da colocação, manutenção e/ou limpeza inadequados. As simulações de alteração procuram verificar as respostas das denominadas características intrínsecas à exposição a ambientes potencialmente degradadores.

Com base na literatura e experiências em trabalhos já realizados no IPT, são relacionadas as seguintes situações para as quais já estão implantados ou em implantação os ensaios de alteração (Tabela 4).

Os procedimentos básicos e escopos de algumas dessas simulações são descritos a seguir.

- **Exposição ao dióxido de enxofre:** O ensaio por exposição ao SO₂ baseia-se na norma ABNT/NBR 8096. Consiste em ciclos de 24h cada, em número ainda não padronizado, nos quais a câmara é mantida aquecida por 8h, e posteriormente ventilada por 16h. A avaliação das degradações é realizada visualmente, por comparação com corpos-de-prova padrão que não foram expostos.
- **Exposição à névoa salina:** O ensaio de intemperismo artificial por exposição à névoa salina baseia-se na norma ABNT/NBR 8094. Nesse ensaio, os corpos-de-prova são colocados em suportes na câmara, de modo à névoa ter livre acesso a todos eles. A avaliação das degradações também é realizada visualmente, por comparação com corpos-de-prova padrão que não foram expostos.
- **Exposição ao intemperismo artificial:** O ensaio de exposição ao intemperismo artificial simula a alteração frente à radiação ultravioleta e oxidação por ciclos de umedecimento e secagem. Os procedimentos para a exposição das amostras ao intemperismo artificial seguem as diretrizes do método ASTM /G 53.
O ensaio consiste em ciclos de 4h de radiação ultravioleta (UV) e de 4h de condensação. A avaliação dos efeitos é realizada periodicamente, durante a execução do ensaio.

Intempéries	
Exposição a intemperismo artificial	Simulação da exposição de rochas, principalmente no revestimento de fachadas, à umidade e irradiação solar (UV).
Exposição à saturação e secagem	Verificar eventual queda de resistência da rocha, após ciclos de umedecimento em água e a secagem em estufa.
Variações térmicas	
Exposição da rocha a choque térmico	Verificar eventual queda de resistência da rocha, após ciclos de aquecimento e resfriamento imediato em água.
Exposição da rocha a congelamento e degelo	Verificar eventual queda de resistência da rocha, pela imersão da rocha em água e realização de ciclos de congelamento e degelo em temperatura ambiente.
Ação de poluentes	
Exposição da rocha a ambientes ácidos e salinos	Simulação de ambientes urbanos poluídos (umidade e H ₂ SO ₄) e marinhos (névoa salina), potencialmente degradadores de materiais rochosos.
Assentamento em piso	
Efeito da cristalização de sais	Simulação de eflorescências e outros efeitos deletérios por imersão parcial de corpos-de-prova de ladrilhos polidos em soluções de natureza ácida e básica.

Ensaio de resistência ao ataque químico

Consistem na exposição, por tempos predeterminados, da superfície polida da rocha a alguns reagentes comumente utilizados em produtos de limpeza e de uso doméstico, para verificar a susceptibilidade da rocha ao seu uso, principalmente como materiais de limpeza. Os reagentes utilizados, concentrações e tempo de contato estão relacionados na Tabela 5.

TABELA 4 – Condições para a realização de ensaio de resistência ao ataque químico.

REAGENTE QUÍMICO	CONCENTRAÇÃO	TEMPO DE CONTATO
ácido clorídrico	3%, em massa	168h
hidróxido de potássio	10%, em massa	168h
ácido cítrico	3%, em massa	6h
hipoclorito de sódio	2,5%, em massa	6h
hidróxido de amônio	10%, em massa	6h

As eventuais alterações são verificadas visualmente. É baseado na norma “Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio: determinação da resistência ao ataque químico”, ABNT/NBR 13.818, foi adaptado e modificado para ladrilhos de rochas polidas.

Os resultados desses ensaios comumente indicam que o ácido clorídrico provoca, em diferentes graus de intensidade, modificações na superfície

polida das rochas, em especial as de natureza granítica. Frascá *et al.* (1999) verificaram que, em presença de soluções com HCl e em condições propícias, geralmente há a oxidação de minerais, principalmente máficos (biotita), que tendem a empobrecer no elemento ferro.

Observa-se, nesse ensaio, desde o incipiente clareamento da área de contato, passando pelo clareamento e descoloração dos minerais máficos chegando até o branqueamento total da rocha (em geral nos “granitos” pretos). (Figura 8).

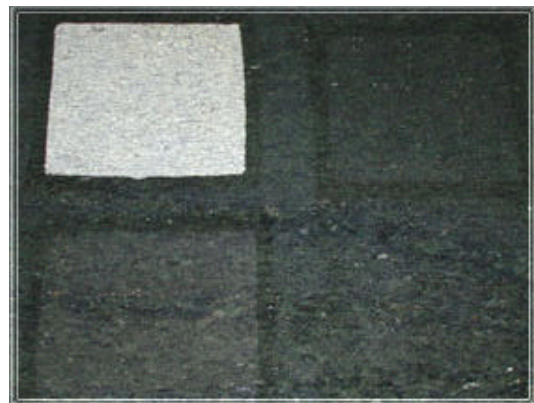


FIGURA 8 – Ladrilho polido de “granito preto”, com total branqueamento após aplicação de HCl.

Degradações

As degradações e/ou deteriorações em rochas para revestimento, também denominadas patologias, como já mencionado, são função das características intrínsecas das rochas (propriedades físicas e químicas) em interação com os processos de beneficiamento e colocação na obra, em conjunto com as características do meio ambiente e ações antrópicas.

Os principais agentes degradadores são a presença de água, variações de temperatura e ação de sais hidrossolúveis.

A porosidade, que reflete o espaçamento entre grãos (rochas sedimentares), estado microfissural (rochas ígneas e metamórficas) e o grau de alteração intempérica, é considerada o principal condicionante das degradações de rochas, pois representa as vias de acesso da água ao interior da rocha.

As degradações ou patologias mais comuns em rochas para revestimento são os manchamentos¹, subeflorescências², inchamento³ e escamação⁴; a maior parte ocorrendo em pisos ou paredes assentados com argamassa.

Em fachadas aeradas (com placas de rocha fixadas por *inserts* metálicos) o fenômeno mais provável, mas felizmente incomum, é o fissuramento ou fraturamento provocados pelas variações térmicas ou sobrepeso do material.

Uma vez instalada a patologia, não se dispõe, ainda, de técnicas eficientes para a restauração e/ou recuperação do material rochoso. Por isso, tem-se buscado a prevenção das deteriorações por meio do desenvolvimento de ensaios de alteração acelerada ou pelo melhor conhecimento de suas características, através dos estudos diagnósticos, a seguir exemplificados.

Estudos diagnósticos

A petrografia é a principal técnica aplicada ao estudo diagnóstico das patologias nos materiais rochosos. Em geral é acompanhada de análises mineralógicas auxiliares como a difratometria de raios X e microscopia eletrônica de varredura com

espectrômetro de raios X, por dispersão de energia (EDS) acoplado.

- **Petrografia:** constitui na análise de seções delgadas da rocha, visando o reconhecimento das alterações dos minerais constituintes, a identificação de microfissuramento e de outras feições que estejam condicionando as deteriorações detectadas na rocha estudada, como manchamentos, inchamentos e escamação.
- **Microscopia eletrônica de varredura,** com espectrômetro de raios X por dispersão de energia (EDS) acoplado (para análises químicas pontuais), é uma técnica auxiliar muito importante na determinação dos novos minerais gerados no processo de alteração.
- **Difratometria de raios X:** geralmente realizada em fragmentos de minerais removidos das amostras, por quebra ou raspagem, também auxilia na identificação de minerais neoformados e os de alteração.

A seguir são descritos algumas manifestações patológicas mais comuns e os fatores condicionantes predominantes (Frascá; Quitete, 1999).

Patologias relacionadas à mineralogia x ação climática:

- Os minerais máficos, notadamente a biotita, são os que mais contribuem para algumas das deteriorações comumente diagnosticadas. em condições de umidade, sem lixiviação, a biotita pode se hidratar e/ou se alterar em argilominerais expansivos (esmectitas), o que possibilita seu destacamento da rocha e a formação de cavidades na face polida.
- A ação climática (alternância de insolação e umidade) e/ou de procedimentos inadequados de colocação e/ou manutenção podem resultar no manchamento da rocha, que é conferido por áreas irregularmente dispostas, na superfície polida, com colorações esverdeadas e/ou amareladas.
- Rochas de cor branca, em geral provenientes de cinturões metamórficos de alto grau, podem exibir modificação de cor – amarelo-alaranjado (semelhante à da ferrugem) – por provável oxidação do elemento ferro disposto no retículo cristalino dos minerais da rocha.

Patologias relacionadas ao arranjo textural e grau de alteração:

- arranjo textural, favorecido pelos graus de microfissuramento e de alteração intempérica da rocha, aparentemente são condicionantes nos processos de subeflorescência.
- Nos processos de subeflorescência pode ocorrer a escamação da face polida da rocha, pelo destacamento de minúsculos fragmentos de rocha, provocado pela pressão de cristalização de sais (principalmente sulfatos e carbonatos de cálcio, potássio e sódio), geralmente em microfissuras subparalelas à face polida.

¹ alteração que se manifesta com pigmentação acidental e localizada da superfície. Está relacionada com a presença de material estranho ao substrato.

² formação, geralmente esbranquiçada, de aspecto cristalino, pulverulento ou filamentosos sobre a superfície do material. No caso de eflorescências salinas, a cristalização pode se desenvolver no interior do material (subeflorescência ou criptoflorescência), freqüentemente provocando o destacamento das partes mais superficiais.

³ levantamento superficial e localizado do material, que pode assumir forma e consistência variáveis.

⁴ degradação que se manifesta através da separação total ou parcial de zonas (escamas) do material original. Os escamas têm formas e espessuras irregulares e desenvolvimento tridimensional.geralmente, estão constituídas de material aparentemente intacto. Embaixo delas podem ser observadas eflorescências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. no prelo. *Rochas para revestimento: terminologia*. Projeto 02:105.45-012.
- ASTM-American Society for Testing and Materials. 2001. C119/01. *Standard terminology relating to dimension stone*.
- Aires-Barros, L. 1991. *Alteração e alterabilidade de rochas*. Instituto Nacional de Investigação Científica, Lisboa:Universidade Técnica de Lisboa. 384p.
- Dib, P.P.; Frascá, M.H.B.O.; Bettencourt, J.S. 1999. *Propriedades tecnológicas e petrográficas do "Granito Rosa Itupeva" ao longo dos estágios de extração e beneficiamento*. In: SIMP.GEOLOGIA DO SUDESTE, 6, São Pedro, 1999. Boletim de Resumos, SBG/UNESP: São Pedro. p.154.
- Frascá, M.H.B.O. 2003. *Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento*. 281p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Frascá, M.H.B.O. (coord.); Mello, I.S.C.; Quitete, E.B. 2000. *Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT. CD-ROM.
- Frascá, M.H.B.O. & Quitete, E.B. 1999. Estudos diagnósticos de patologias em rochas de revestimento. *Memorias/Proceedings...* VII Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones, Montevidéo, Uruguai. Asiconpat/CIB:Montevidéo. v. 2. p. 1367-1373.
- Frascá, M.H.B.O., Frazão, E.B., Quitete, E.B. 1999. Alterabilidade de rochas ornamentais: metodologia para previsão da durabilidade pela exposição a produtos de limpeza. *Memorias/Proceedings...* VII Congreso Iberoamericano de Patología de las Construcciones, Montevidéo, Uruguai. Asiconpat/CIB:Montevidéo. v. 3. p. 1831-1836.
- Frazão, E.B.; Farjallat, J.E.S. 1996. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8., 1996, Rio de Janeiro. *Anais ...* Rio de Janeiro: ABGE. v.1, p. 369-380.
- Viles, H.A. 1997. Urban air pollution and the deterioration of buildings and monuments. In: Brune, D., Chapman, D.V., Gruynne, M.D., Pacyna, J.M. (ed.) 1997. *The global environment: science, technology and management*. Scandinavian Science Publ.; Weinheim; VCH: Germany. p. 599-609.
- Winkler, E.M. 1973. *Stone: properties, durability in man's environment*. New York:Springer-Verlag. 230p.

USOS, ADEQUAÇÕES E APLICAÇÕES DAS ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTOS

Jacinto Frangella

Arquiteto Urbanista, Prof. de Técnicas Construtivas II, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Silva e Souza e Técnico do CETEM/MCT. Av. Ipê, 900 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão – 21941-590 - Rio de Janeiro – RJ. Tel: (021) 3865-7222 – E-mail: jfrangela@cetem.gov.br.

RESUMO

No presente trabalho, são descritos as tecnologias de assentamento para usos, adequações e aplicações das rochas ornamentais e de revestimentos na construção civil. As rochas, além do caráter de durabilidade e conotação de “luxo”, tem uma diversidade enorme de aplicações, de formas de uso, que permitem aos profissionais que a utilizam exercitar toda a sua criatividade. São vários tipos de cores, texturas e padrões. O material ainda possibilita acabamentos bem diferenciados e combinações de vários tipos de rochas com outros materiais.

Neste trabalho, também, são apresentados alguns aspectos relevantes sobre a elaboração de projetos arquitetônicos e urbanísticos com os diversos usos/adequações das rochas ornamentais e de revestimento.

Por menor que seja o projeto, a rocha estará sempre presente. Mármore, granito e demais rochas ornamentais, atendem perfeitamente a resolução de Projeto Arquitetônicos e Paisagísticos desde que bem especificados e aplicados com técnicas adequadas e mão de obra especializada.

INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais e de revestimentos, onde destacam-se os mármore e os granito, tiveram suas primeiras aplicações no período datado mais ou menos 500 mil a. C. A história de utilização da pedra como material de construção, remonta ao Egito antigo e alcançou a civilização egípcia no seu total desenvolvimento na Idade Média. Dessa forma pode-se afirmar que o uso da pedra nasceu com o homem e tem sido caracterizado em cada momento da evolução, satisfazendo vários fatores técnicos, funcionais, estéticos, entre outros.

Os revestimentos de rochas estão sempre presentes e a cada dia mais utilizados em diversos países, principalmente, em fachadas de edifícios residenciais e/ou comerciais, que não só tem marcado a história da arquitetura e das construções em geral, mas também, contribuindo com o crescimento econômico social dos povos; como exemplo destaca-se o “arco romano”, elemento estrutural em pedra que ainda é muito utilizado nas construções de países da Europa (Itália, Espanha, Portugal, etc). É interessante observar que atualmente as rochas ornamentais e de revestimentos estão sendo fortemente utilizadas na arquitetura. Deve-se lembrar que no início dos anos 50, os mármore e granito foram, em parte, substituídos,

especialmente nas utilizações externas, em favor do concreto aparente e logo a seguir, nos anos 60 e 70, em favor do vidro e alumínio para revestimentos. Nas pavimentações das praças, ruas e calçadas as pedras de revestimentos, também foram substituídas pelo asfalto e concreto. Mas, demonstrada por suas características técnicas de durabilidade, esses materiais, conjuntamente com o avanço das tecnologias e dos processos de produção e uso/adequação das rochas ornamentais e de revestimentos, vêm tornando-se mais econômicos e disponíveis, favorecendo um renovado e crescente interesse pela utilização das mesmas. Efetivamente, as duas últimas décadas podem ser definidas como o período de maior crescimento do setor de rochas ornamentais e de revestimentos, seja do ponto de vista tecnológico e mercadológico.

Com relação aos tipos de materiais disponíveis, pode-se afirmar que, no momento, existe uma grande disponibilidade de variedades de tipos, cores e acabamentos, que podem satisfazer a todas as exigências dos projetistas, que, infelizmente, nem sempre tem acesso as informações disponíveis no mercado, e por isso limitando a sua possibilidade de escolha e de utilização das rochas.

A UTILIZAÇÃO DAS ROCHAS

Quando utilizados em pisos e revestimentos verticais, apresentam um nível de resposta muito bom às solicitações de uso e às intempéries (alterações climáticas, poluição, etc). Sem dúvida alguma o emprego das rochas em um projeto valoriza qualquer empreendimento.

As rochas, permitem várias aplicações de revestimentos de pisos e fachadas à confecção de mobiliário. É excelente para acabamento e imprime uma maior valorização de qualquer projeto arquitetônico. A maior qualidade destes materiais são a resistência, durabilidade e beleza agregando valores que devem ser ressaltados. Os mármore, granito e demais rochas ornamentais estão sendo cada vez mais utilizados, alavancados principalmente pelo crescimento da construção civil, mas ainda disputam uma significativa fatia no segmento de revestimento com a indústria cerâmica. Embora este setor tente imitar a rocha ornamental e de revestimento, a grande maioria do tipo de cerâmica encontrada no mercado não chega nem perto da qualidade deste material.

TENDÊNCIAS DO USO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente tem-se buscando materiais que tenham uma inserção sem muita interferência no espaço, ou seja, mais neutros. Daí a preferência pelos materiais claros e pelos brancos, que não causam tanta interferência na ambientação. Em se tratando de revestimento de fachadas, busca-se uma identidade de cor através das tonalidades e combinações de materiais. Na parte externa, buscam-se materiais que possam dar características bastante peculiar a obra. Já nos ambientes internos, a tendência é a utilização de materiais claros.



Foto 2

TIPOS DE ACABAMENTOS E ONDE APLICAR

Acabamento Bruto¹

- Material sem nenhum tratamento, apresenta excelente características de material ante-derrapante;
- Utilização: áreas externas, pisos, paredes e detalhes(Foto 1).

¹ Esta opção merece atenção pois o material não mostra a beleza e detalhes da rocha, necessitando de tratamento com resina acrílica para atingir resultados mais satisfatórios.



Foto 1

Acabamento Polido²

- Material recebe acabamento lustrado de acordo com normas técnicas de polimento a abrasivo cerâmico, fechando o poro da rocha, dando maior durabilidade e brilho;
- Utilização: áreas internas, fachadas e mobiliário (Foto 2).

² Conforme escala de brilho e reflexão, varia de 0 a 100 pontos, um polimento aceitável deve chegar a 85 pontos. Um bom polimento não pode levar produtos químicos como ceras e resinas, pois estes produtos atingem brilho inicial, mais com o tempo desaparecem.

Acabamento Flameado

- Material de face queimado com fogo (jet-flaming) e ao mesmo tempo e lançado um jato de água fazendo com que haja um choque térmico. Possui superfície ante-derrapante e apresenta beleza dos detalhes da rocha;
- Utilização: áreas externas (Foto 3).



Foto 3

Acabamento Apicoado³

- Material com acabamento de face a base de impacto de martelo diamantado (rústico);
- Utilização: áreas externas e utensílios urbanos.

³ Tem sido pouco utilizado após a descoberta do flameado



Foto 4

Acabamento Levigado⁴

- Material com face semi-polida de modo a apresentar um acabamento rústico;
- Utilização: áreas externas e internas(Foto 5).

⁴ Tem boa procura por Ter preço mais baixo que as rochas lustradas.



Foto 5

OPÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO DE ROCHAS DE REVESTIMENTO PARA PISO (PAGINADO – FOTO 6)



Foto 6

- As rochas são cortadas de acordo com as dimensões do ambiente sem apresentar recorte nos cantos. Pode-se paginar uma determinada área com placas grandes, com maior aproveitamento das chapas e redução de custo e perdas. Quando cortadas de acordo com as dimensões do ambiente os movimentos e veios farão seqüência no piso mostrando desenhos; é aconselhável a utilização de tabeira no perímetro do ambiente para valorizar os detalhes e tirar as imperfeições de esquadramento das paredes.

CORTES PADRONIZADOS

Este item requer atenção especial do consumidor por vários motivos:

- 1) Materiais recortados com ponta de estoque ou sobras de industrias de mármore e granitos; estes materiais apresentam grande variação de cor, veios, tonalidades, esquadro e principalmente espessura.
- 2) Um material padronizado quando aplicado, exige vários recortes. Deve-se acrescentar de 10 a 15% da área total calculada devido a perdas.
- 3) O preço deste material que aparentemente é menor, torna-se mais elevado devido as perdas. Sendo assim é interessante que se faça um projeto da paginação, que além de exclusivo não gera perdas e diminui os custos.
- 4) As medidas usuais de mercado são: 15x15, 15x30, 20x40, 30x30, 30x40, 30x60, 40x40cm.

CUIDADOS COM A COLOCAÇÃO

É muito importante a especialização da mão-de-obra a ser contratada, os insumos a serem utilizados, as argamassas colantes e demais materiais utilizados no preparo, acabamento e limpeza.

PREPARAÇÃO DAS ROCHAS PARA O ASSENTAMENTO

É aconselhável a aplicação uma camada de cimento branco (CP-32) ou impermeabilizante (tipo Bianco) no tradoz da placa da rocha (superfície bruta que fará contato com a massa de assentamento), esta medida, evitará que a rocha absorva umidade da argamassa provocando mudança na colocação e até mesmo um processo de oxidação indesejado por presença de mineral ferroso que determinas rochas possuem. Nestes procedimentos, utilizam-se trincha ou pincel.

Quando se assentam rochas ornamentais e de revestimentos em piso, deve-se inicialmente observar a subestrutura, que é a base do revestimento; deve ser seguida uma rotina de procedimentos que garantam a integridade e a durabilidade do piso.

CUIDADOS NO PREPARO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Argamassa colante preparada na obra;

Peneirar bem a areia a ser utilizada na mistura, evitando fragmentos orgânicos e ferrosos que causam oxidação no material. O traço aconselhado da argamassa é 3:1 (três medidas de areia e uma de cimento CP-32). A umidade da argamassa deve respeitar as normas técnicas de umidade relativa, proporcionando uma mistura do chamado “farofa” (Foto 7).



7 A



7 B



7C



7D

Foto 7



Foto 8

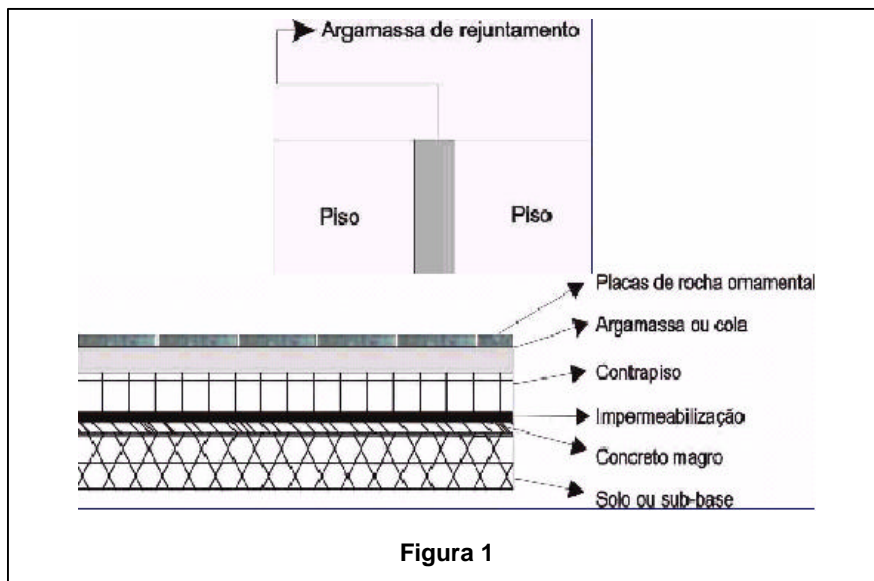
QUANTO AO ESPAÇAMENTO DAS PEÇAS DISPOSTAS

A junta seca de 1mm entre as peças é ideal, dependendo do esquadrejamento das peças, sendo que suas quinas devem estar com esquadro preciso de 90°. O piso a ser rejuntado deve atingir o processo completo de cura da argamassa, pois a argamassa no estágio chamado processo de cura, sofre diversas ações de trabalho como por exemplo a dilatação. Para a aplicação do rejuntamento, recomenda-se aguardar 72 horas após o assentamento. Proceder a limpeza das juntas para remoção de resíduos capazes de prejudicar a aderência do rejunte. Fazer o espalhamento da argamassa de rejuntamento com o auxílio de um rodo de borracha ou espátula de plástico (não usar espátula de metal ou palha de aço grossa), limpar a superfície polida de 15 a 40 minutos após a aplicação.

Após o rejuntamento ter completado o tempo de cura, faz-se a limpeza com palha de aço fina, deve-se porém verificar a resistência a abrasão do material; os mármore em geral são sensíveis a abrasão em relação aos granitos. Caso o material seja sensível proceder a remoção do rejunte usando tecido umedecido e detergente neutro (Figura 1).

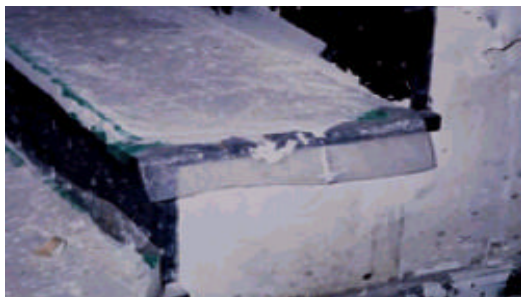
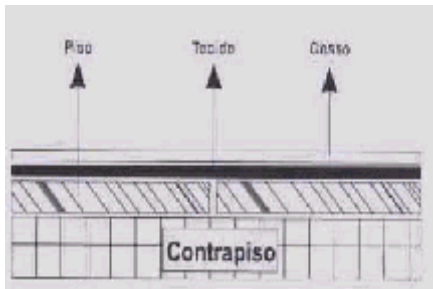
Argamassa Industrializada;

As argamassa colantes industrializadas são constituídas a base de cimento, agregados finos e aditivos químicos não tóxico, que possibilitam quando manuseadas corretamente uma pasta viscosa, plástica e aderente, garantindo um contato contínuo entre a peça de rocha e a base. Para peças maiores que 900cm² ou com reentrâncias e saliências maiores que 1mm, recomenda-se uma dupla colagem, isto é, uma aplicação na base e outra no tardo da peça a ser aplicada (Foto 8).



OS CUIDADOS COM AS ROCHAS DE REVESTIMENTO APÓS A COLOCAÇÃO

Para evitar qualquer dano ao material após a colocação do rejuntamento, deve-se cobrir o piso com lona plástica, papelão almofadado e uma camada de gesso ou madeira que só deverá ser retirado na entrega da obra (Figura 2 e Foto 9).



MANUTENÇÃO E RESTAURO DAS ROCHAS DE REVESTIMENTO

É possível fazer tratamento de restauração de mármore e granitos, para isso podem ser utilizados dois tipos de técnicas: a restauração química, através de produtos químicos desenvolvidos para essa finalidade e a restauração mecânica com o auxílio de máquinas e politizes (Foto 10).

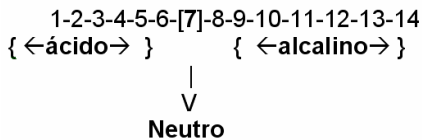


Foto 10

Os inimigos da pedra:

- Produtos de limpeza / ácidos;
- Amônia;
- Produtos de limpeza / alcalinos;
- Vinagre;
- Água Sanitária;
- Água Ferruginosa.

ESCALA DE Ph



Restauração Química:

- Limpeza
- Impermeabilização
- Lustro
- Vitrificação

CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE EXECUÇÃO DE REVESTIMENTO DE ROCHAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS

A fixação de rochas de revestimento em fachadas de edifícios, devem ser executadas por métodos de ancoragem normatizados que visam a segurança dos processos de aplicação, podendo ser por ancoragem de segurança (com grampos e argamassas) ou mecânica (com inserts metálicos).

A fixação de mármore e granitos com inserts metálicos surgiu da necessidade de melhoria nas condições de segurança, no assentamento das peças, proporcionando maior conforto térmico as edificações, garantindo agilidade e rapidez na aplicação de revestimentos de fachada. As primeiras obras executadas com esse sistema surgiram na Europa e nos Estados Unidos a mais de 40 anos, tendo chegado ao Brasil no início da década de 90.

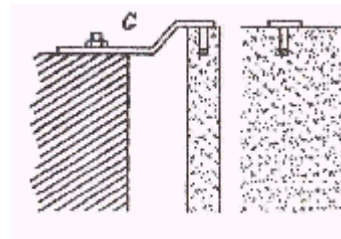
PAGINAÇÃO

O projeto de paginação é o início do processo de fixação das rochas de revestimento com inserts metálicos e tem como objetivo a definição das placas e os tipos de inserts necessários a sua fixação.

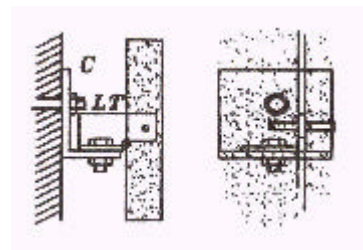
Os inserts metálicos são peças fabricadas em aço inoxidável AISI - 304 e possuem formas variadas para atender a cada necessidade ou situação de aplicação de placas de rochas de revestimento. Cada peça possui uma identificação com letras conforme sua aplicação da seguinte formas (Figuras 3 e 4):



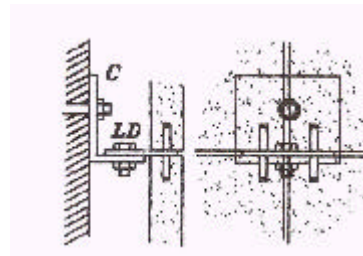
- G** – Gancho
- GL** – Gancho Lateral
- LD** – Lateral Duplo
- LS** – Lateral Simples
- LT** – Lateral Transversal (60mm)
- LT2** - Lateral Transversal (80mm)
- LT4** - Lateral Transversal (100mm)
- GT** – Gancho Terminal
- C** – Cantoneira (60x45mm)
- Cm** – Cantoneira Média (70x80mm)
- Cg** – Cantoneira Grande (90x110mm)



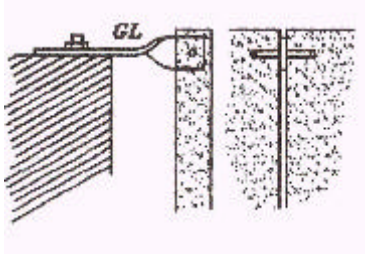
4A



4B



4C



4D

Figura 4 (4A, 4B, 4C e 4D)

Os inserts metálicos tem excelente performance em qualquer circunstância, são inúmeras as vantagens:

- Rapidez na colocação
- Dispensam o uso de salpique;
- Evitam as manchas produzidas por cal e umidade (eflorescências)
- Permitem correção de desaprumo por serem reguláveis;
- Produzem isolamento térmico e acústico;
- Eliminam a necessidade do escoramento das placas.

Observa-se que o sistema de fixação deverá vencer um afastamento ideal de 8cm, podendo assim corrigir um desaprumo de 3cm, isto é, poderá variar de 6 a 10cm da parede da fachada (Figura 5).

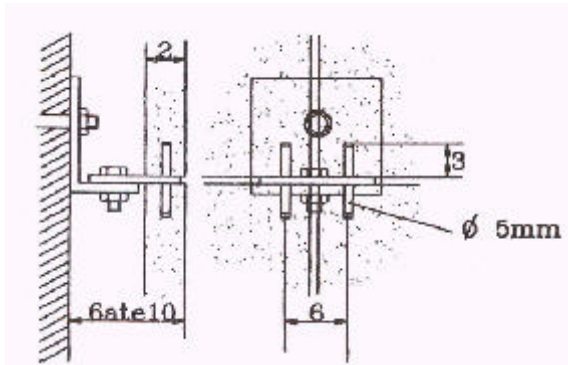


Figura 5

AS ROCHAS ORNAMENTAIS DE REVESTIMENTO E A QUESTÃO ENERGÉTICA

No mundo globalizado, a maioria das nações estão investindo na racionalização de suas atividades produtivas, aumentando a eficiência e minimizando os custos. Nesta linha de raciocínio, pode-se destacar a importância de se ter como diretrizes básicas, normas relacionadas a eficiência no uso de energia, fator vital de geração de riquezas difíceis de se conseguir e com custos cada vez mais elevados.

No Brasil, seguimentos como o da indústria da construção civil tem constante preocupação com os custos que envolvem cada etapa antes, durante e depois do termino da obra. Para combater estes elevados custos e necessário que se faça um planejamento abrangente desde a concepção do Projeto até a execução da obra, utilizando-se de técnicas construtivas eficazes e de fácil execução, racionalizando os custos e melhorando a qualidade do produto final no menor espaço de tempo gerando soluções técnicas adequadas e confiáveis. Surge então o chamado "Prédio Inteligente", que na verdade não passam de construções concebidas dentro de rígidos planejamentos visando sempre o conforto do usuário desta edificação. O fato mais importante destes planejamentos são a minimização dos custos com energia, empregando e desenvolvendo técnicas que proporcionem conforto ambiental tal como a iluminação e a ventilação natural.

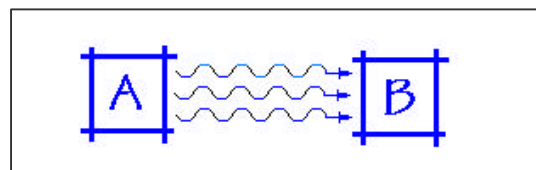
Outro fato relevante e a escolha dos materiais empregados principalmente no revestimento externo das fachadas edificações que dependendo da orientação solar, recebem uma carga térmica elevada e por radiação ela transmite calor para o interior da edificação e consequentemente haverá uma solicitação maior do sistema de condicionamento de ar fazendo com que as máquinas trabalhem no limite de suas potências consumindo assim muito mais energia elétrica. No entanto, existem técnicas construtivas que reduzem sensivelmente a transmissão de calor que são as chamadas "Fachadas Aeradas". Que consiste na utilização de uma estrutura metálica em aço inoxidável ou galvanizado fixada na estrutura do prédio onde são fixadas por intermédio de grampos e pinos as placas de mármore e granito, formando uma camada de ar entre o revestimento e a alvenaria, facilitando a evaporação da água tanto na forma líquida como na forma de vapor.

Exemplo de como ocorre a transmissão do calor na fachada de um prédio:

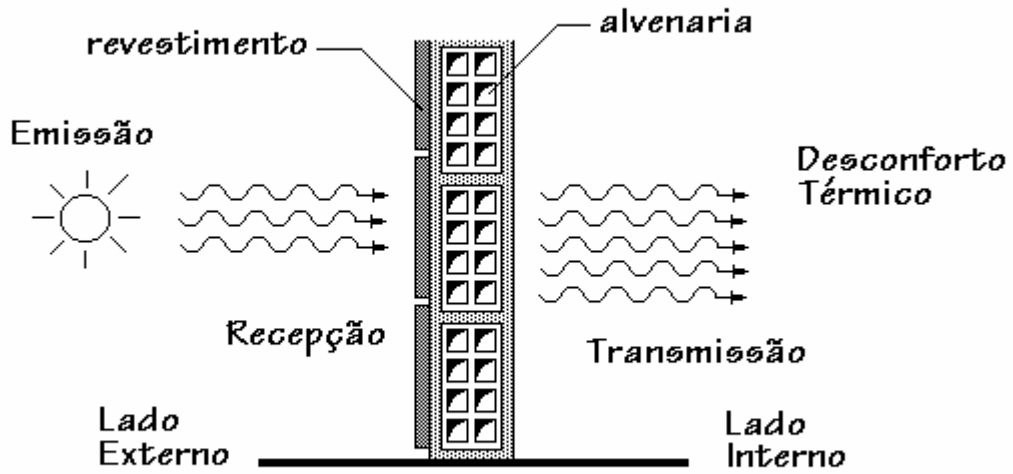
A condição essencial para que exista a transmissão de calor é que os corpos tenham temperaturas diferentes. O fluxo se dá no sentido do mais quente para o mais frio.

$$T_2 > T_1$$

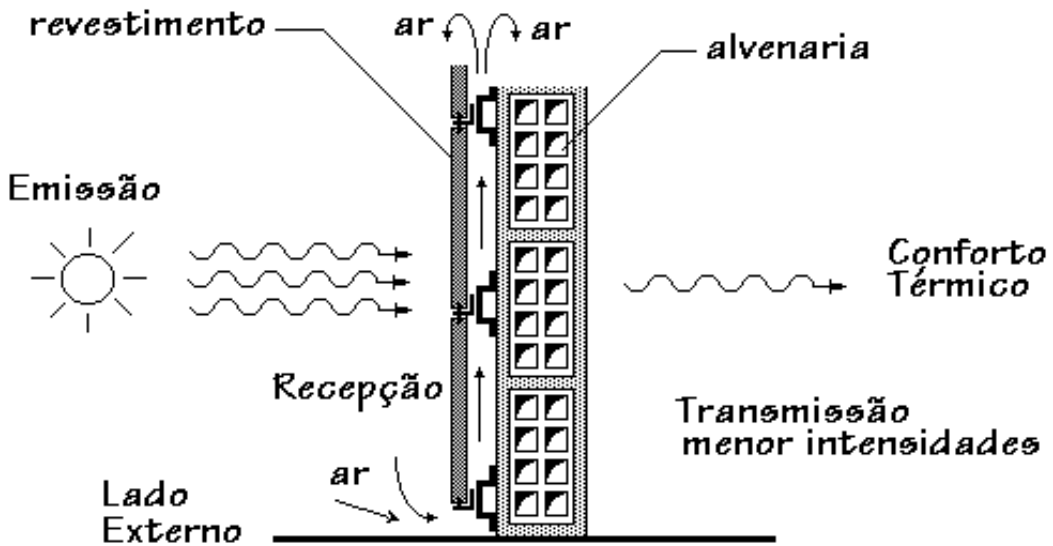
Uma parte do calor do corpo A, se converte em energia radiante e chega até o corpo B, onde é absorvida numa proporção que depende das propriedades da superfície dos materiais receptores, sendo transformada novamente em calor, conforme o esquema abaixo.



A ENERGIA RADIANTE ABSORVIDA SE TRANSFORMA EM CALOR



Esquema de irradiação uma fachada normal



Esquema de irradiação em fachadas aeradas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de revestimento de paredes e estruturas com placas de rocha: procedimento - NBR 13707*. São Paulo, ABNT, 1996.
- FLAIN, Eleana Patta; CAVANI, Gilberto de R. Revestimentos verticais com placas de rocha. *Téchne*. São Paulo, Pini, v.2, n.10, p. 59-63, 1994.
- FLAIN, Eleana Patta. Tecnologia de produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas. São Paulo, 1995. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FLAIN, Eleana Patta. Processos de assentamento de rochas ornamentais como revestimentos. Rio de Janeiro, 2001, I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais/ II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Editores Adalberto de Figueiredo Ribeiro e Francisco Wilson Hollanda Vidal, CETEM/MCT, 2002.
- FERRARI, Cesare. O uso das rochas ornamentais em projetos urbanos e arquitetônicos. Rio de Janeiro, 2001, I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais/ II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste. Editores Adalberto de Figueiredo Ribeiro e Francisco Wilson Hollanda Vidal, CETEM/MCT, 2002.
- FRAZÃO, Ely Borges; CARUSO, Luiz Geraldo. Manutenção em revestimentos de pedra. In : SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10., São Paulo, 1989. *Anais*. São Paulo, EPUSP, 1989. p. 89-99.
- SABBATINI, Fernando Henrique. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos : formulação e aplicação de uma metodologia*. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SENAI –DN. Cartilha de aplicação de rochas ornamentais. Volume 1 – Pisos, Brasília, 2000.
- SIMAGRAN – SP. Projeto conheça mármore e granitos, São Paulo, 2001