



# IBEROEKA

en Mármoles y Granitos



Roberto C. Villas Bôas  
Benjamin Calvo  
Carlos César Peiter



# **IBEROEKA EN MÁRMOLES Y GRANITOS**

**Mini-Foro realizado en  
Salvador - Bahia,  
3-6 de abril de 2003**

**Roberto C. Villas Bôas  
Benjamín Calvo  
Carlos César Peiter**  
Editores

**IBEROEKA EN MÁRMOLES Y GRANITOS**  
**Mini-Foro realizado en Salvador de Bahia, 3-6 de abril de 2003**

---

Copias extras:  
Roberto C. Villas Bôas  
CETEM/CYTED/UIA  
Rua 4, Quadra D, Cidade Universitária  
21941-590, Ilha do Fundão  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
Tel.: 55 21 3865-7201 Fax: 55 21 3865-7232

---

Nuria F. Castro  
Organização do Fórum e do Livro

Fátima Engel  
Composição e Execução Gráfica

Vera Lúcia Ribeiro  
Capa

**IBEROEKA EN MÁRMOLES Y GRANITOS: mini-foro**  
realizado em Salvador, Bahia, 3-6 abril/2003 / Roberto  
C. Villas-Bôas; Benjamin Calvo ; Carlos César Peiter, eds. -  
Rio de Janeiro: CETEM/CYTED/CNPq, 2003

230p.: il

1. Rochas ornamentais 2. Mármore 3. Granito  
I. Villas Boas, R.C. II. Centro de Tecnologia Mineral

ISBN 85-7227-195-3

CDD 553

Roberto C. Villas Boas  
Benjamin Calvo  
Carlos César Peiter  
Editores

## *Presentación*

En abril del 2003, realizamos el primer Mini-Foro IBEROEKA para el sector de la piedra natural en Salvador de Bahía, Brasil. Nuestro objetivo principal era establecer contactos entre empresarios y entidades de la región iberoamericana, pertenecientes a este sector de la minería, que permitiesen, en un futuro próximo, desarrollar proyectos IBEROEKA.

No es ésta la primera vez que el Programa CYTED apoya esta área de recursos naturales, cuyo aprovechamiento se encuentra en franca expansión. En el 2001, estuvimos presentes en el lanzamiento del proyecto Cantera-escuela iberoamericana, de la Red XIII - Tecnología Mineral y nos complace ver que el proyecto se ha transformando en realidad y sigue adelante.

Con la publicación de este libro, que contiene todos los trabajos presentados en el encuentro, queremos divulgar los contenidos de las interesantes materias que se trataron en este foro y así mismo extender esta invitación a participar en proyectos de innovación y transferencia de tecnología a otras empresas y entidades.

Esperamos ofrecer una visión panorámica del estado actual de la investigación para el sector de la piedra natural en Iberoamérica y deseamos que sirva, al igual que el Mini-foro, para identificar oportunidades de proyectos de cooperación entre empresas y centros iberoamericanos, todo ello para un mayor desarrollo tecnológico del sector y de nuestros propios países.

Con nuestra felicitación a los participantes y de forma especial a los organizadores del encuentro por el éxito obtenido, solo nos resta enviar a todos un saludo y desear una provechosa lectura de este volumen.

*Ramón Ceres*

Coordinador de Proyectos IBEROEKA

# CETEM

<http://www.cetem.gov.br>



<http://www.cytel.org>

<http://www.cetem.gov.br/cytel-XIII>



<http://www.cnpq.gov.br>



Companhia Baiana de Pesquisa Mineral

<http://www.cbpm.com.br>

## ABIROCHAS

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais

<http://www.abirochas.com.br>



Rede Brasileira de Tecnologia e Qualidade em Rochas Ornamentais

<http://www.cetem.gov.br/reteqrochas>

# Índice

## Capítulo I - El sector de rocas ornamentales

O setor de rochas ornamentais brasileiro, Gilson Ezequiel  
Ferreira .....3

A industria de rochas ornamentais e de revestimento do  
nordeste no contexto da política brasileira de  
desenvolvimento regional, Reinaldo D. Sampaio .....15

## Capítulo II - Importancia de la investigación

A importância da investigação geológica aplicada às rochas  
ornamentais - Modos de Actuação do IGM, Jorge Carvalho,.....33

Os recursos minerais e o ordenamento do território: o caso  
dos mármore de Estremoz - Borba - Vila Viçosa, Luís  
Martins .....49

Proyecto de investigación de la formación caliza urbana en la  
provincia de Jaén, para su empleo como roca ornamental,  
Manuel Regueiro y González, Javier Escuder Viruete .....55

Projeto eMine: Um Modelo de eBusiness Ideal para o Setor  
de Rochas Ornamentais, Giorgio de Tomi, Helio Camargo  
Mendes, Henrique Ceotto .....69

## Capítulo III - Caracterización de la Piedra

La interpretación de los ensayos de caracterización de la  
piedra natural, en el marco de la nueva normativa europea, F.  
López G.-Mesones .....83

Sistema pericial para selecção de rochas ornamentais com  
base na sua caracterização, A. Casal .....99

## Capítulo IV - Durabilidad de las Rocas Ornamentales

Deteriorações e a questão do uso e durabilidade de rochas  
ornamentais e para revestimento, Maria Heloisa Barros de  
Oliveira Frasca .....111

Estudio Diagnóstico de la Piedra Ornamental, Raúl H. Prado,  
Miguel Louis, Yolanda Spairani, David Benavente .....133

<b>Rochas ornamentais e de revestimento: estudos a partir do patrimônio construído e de projetos arquitetônicos recentes,</b> Antônio Gilberto Costa, Cristina Calixto, Maria Elizabeth Silva, Javier Becerra Becerra .....	139
<b>Manifestaciones de deterioro de la piedra caliza en los edificios Históricos del Litoral Habanero,</b> Noemí Rivera Alés, María del Carmen López .....	157
<b>Estudio de la acción biológica en el deterioro de la piedra,</b> María Beatriz Ponce .....	165
<b>Capítulo V - A caminho del éxito - Experiencias Positivas</b>	
<b>Rede brasileira de tecnologia e qualidade em rochas ornamentais - RETEQROCHAS,</b> Carlos C. Peiter, Francisco W. H. Vidal, Regina C. C. Carrisso , Nuria F. Castro .....	177
<b>Proyecto cantera-escuela,</b> Adriano Caranassios, Gildo de A. Sá Cavalcanti de Albuquerque †, Nuria F. Castro, Hélio Azevedo .....	189
<b>Arranjos produtivos locais do setor de rochas ornamentais e a experiência do pólo de Santo Antonio de Pádua - RJ</b> Carlos César Peiter, Antônio Campos, M <sup>a</sup> Martha M. Gameiro, Eduardo A. Carvalho .....	201
<b>Comentários ao Mini-Fórum de Salvador,</b> Leonardo Uller .....	221

**Capítulo I**  
***El Sector de Rocas Ornamentales***

---

## O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS BRASILEIRO

*Gilson Ezequiel Ferreira,  
CETEM/MCT  
ABIROCHAS -*

*Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais*

---

### QUADRO SETORIAL

O setor produtor de rochas ornamentais do Brasil mostra-se bastante diversificado o que é ilustrado pela produção de 600 variedades comerciais de rochas, entre granitos, mármore, ardósias, quartzitos, travertinos, pedra sabão, basaltos, serpentinitos, conglomerados, pedra talco e materiais do tipo pedra Miracema, pedra Cariri e pedra Morisca, derivadas de quase 1.500 frentes de lavra. O Brasil está entre os grandes exportadores de rochas ornamentais no mundo ocupando a sexta posição em 2002, respondendo com quase 2,5% do mercado internacional.

O setor brasileiro de rochas ornamentais movimenta cerca de US\$ 2,0 bilhões/ano, incluindo-se a comercialização nos mercados interno e externo e as transações com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e serviços, gerando cerca de 114 mil empregos diretos em aproximadamente 11.100 empresas. O mercado interno é responsável por 84% das transações comerciais e as marmorarias representam 65% do universo das empresas do setor.

O desdobramento dos blocos de rochas ornamentais no Brasil se dá principalmente através da utilização de teares. O parque de beneficiamento opera com quase 1.600 teares, e tem capacidade de serragem estimada em 40 milhões de m<sup>2</sup>/ano.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Base US\$ 1.0 = R\$ 1,84		R\$ (milhões)	US\$ (milhões)
<b>1. Mercado Externo</b>			
<b>2. Mercado Interno</b>			
▪ Venda de blocos de mármore e granitos	1 milhão m <sup>3</sup> /ano x R\$ 200/m <sup>3</sup>	200	108
▪ Venda de chapas de mármore e granitos	25 milhões m <sup>2</sup> /ano x R\$ 30/m <sup>2</sup>	750	405
▪ Venda das marmorarias (mármore e granitos)	20 milhões m <sup>2</sup> /ano x R\$ 100/m <sup>2</sup>	2.000	1.080
▪ Comercialização de ardósias	15 milhões m <sup>2</sup> /ano x R\$ 4/m <sup>2</sup>	60	33
▪ Comercialização de quartzitos	4,5 milhões m <sup>2</sup> /ano x R\$ 10/m <sup>2</sup>	45	25
▪ Comercialização de Miracema	10 milhões m <sup>2</sup> /ano x R\$ 3/m <sup>2</sup>	30	17
▪ Material importado	US\$ 21,9 milhões/ano x 6 valor agregado	244	131
<b>3. Transações com máquinas, equipamentos, insumos materiais de consumo e serviços (estimado)</b>	R\$ 100 milhões/ano	100	54
<b>Súbtotais/Ano</b>			
▪ 1		502	272
▪ 2		3.329	1.799
▪ 3		100	54
<b>Total/Ano</b>		<b>3.931</b>	<b>2.125</b>

Fonte: Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos

### Quadro 1 - Valor Estimado das Transações Comerciais do Setor no Brasil (2000)

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

## PRODUÇÃO

A produção brasileira de rochas atingiu a 6,0 milhões de toneladas no ano 2002. Os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia respondem por mais de 75% da produção nacional. O estado do Espírito Santo é o principal produtor, com 47,5% do total brasileiro. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor, com 20% da produção total, responde pela maior diversidade de rochas extraídas aparecendo logo a seguir a Bahia com 8,3%.

**Quadro 2 -Distribuição Regional da Produção de Rochas no Brasil - 2002**

Região	Estado	Produção (t)	Participação (%)	Tipos de Rochas
Sudeste	Espírito Santo	2.850.000	47,5	Granito e mármore.
	Minas Gerais	1.200.000	20,0	Granito, ardósia, quartzí-los foliados, pedra sabão, pedra talco, serpentinito, mármore, basalto, pedra Lagoa Santa.
	Rio de Janeiro	260.000	4,3	Granito, mármore e pedra Miracema.
	São Paulo	80.000	1,3	Granito (quartzito, ardósia).
	Bahia	500.000	8,3	Granito, mármore, travertino, arenito e quartzito maciço (ardósia).
Norte e Nordeste	Ceará	250.000	4,2	Granito e pedra Cariri.
	Paraíba	62.000	1,0	Granito e conglomerado.
	Pernambuco	50.000	0,8	Granito.
	Alagoas	15.000	0,3	Granito.
	Rondônia	15.000	0,3	Granito.
	Rio Grande Norte	15.000	0,3	Mármore e granito.
	Pará	3.000	0,1	Granito.
	Piauí	10.000	0,2	Pedra Morisca.
	Paraná	320.000	5,3	Granito, mármore e outros.
	Rio Grande do Sul	140.000	2,3	Granito e basalto.
Centro-Oeste	Santa Catarina	80.000	1,3	Granito (ardósia).
	Goiás	150.000	2,5	Granito, quartzito foliado e conglomerado.
	Total	6.000.000	100	

Fonte: Kistemann & Chiodi Assessoria e Projetos

**Quadro 3 - Produção de Rochas no Brasil (2002)**

<b>Tipo de Rocha</b>	<b>Quantidade (t)</b>	<b>Participação (%)</b>
<i>Granito</i>	<b>3.450.000</b>	<b>57,5</b>
<i>Mármore</i>	<b>1.000.000</b>	<b>16,7</b>
<i>Ardósia</i>	<b>500.000</b>	<b>8,3</b>
<i>Quartzito Foliado</i>	<b>340.000</b>	<b>5,7</b>
<i>Pedra Miracema</i>	<b>200.000</b>	<b>3,3</b>
<i>Quartzito Maciço</i>	<b>70.000</b>	<b>1,2</b>
<i>Pedra Cariri</i>	<b>60.000</b>	<b>1,0</b>
<i>Arenitos</i>	<b>50.000</b>	<b>0,8</b>
<i>Basalto</i>	<b>80.000</b>	<b>1,3</b>
<i>Serpentinito/Pedra Sabão</i>	<b>40.000</b>	<b>0,7</b>
<i>Pedra Morisca</i>	<b>10.000</b>	<b>0,2</b>
<i>Outras</i>	<b>200.000</b>	<b>3,3</b>
<b>Total</b>	<b>6.000.000</b>	<b>100</b>

Fonte: Kistemann & Chidi Assessoria e Projetos

## **EXPORTAÇÕES**

As exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2002 atingiram US\$ 338,8 milhões com variação positiva de 21% no valor e 10% em peso com relação ao ano de 2001.

As rochas processadas (RP) - produtos de mármore e granitos- representaram 36,5% em peso e 66% em valor das exportações de 2002, evidenciando os maiores índices de crescimento em relação a 2001. No ano de 2002, cerca de 80% das exportações de rochas processadas (RP), em valor, foram destinadas aos EUA, enquanto que para a Itália foram remetidos 40% em peso das exportações de rochas brutas (RB), caracterizando uma concentração de vendas para esses dois mercados.

Verifica-se tendência consolidada de aumento contínuo das exportações brasileiras durante toda a década de 90. A barreira dos

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

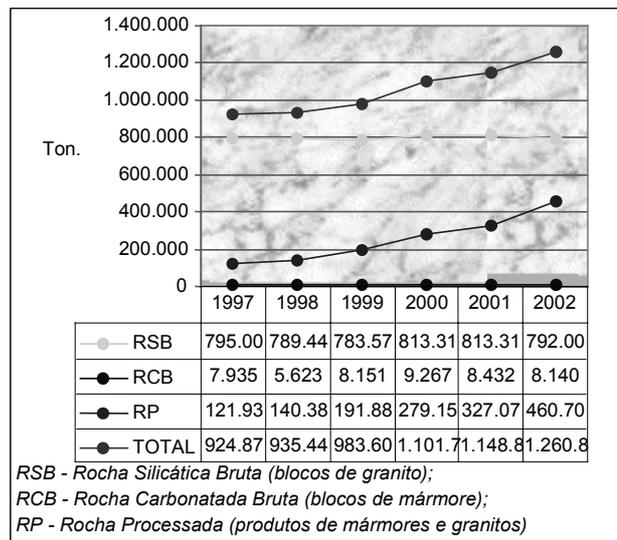
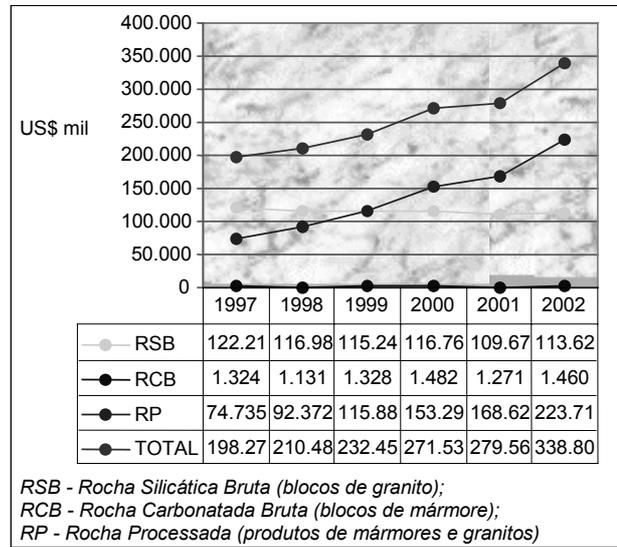
US\$ 100 milhões foi ultrapassada em 1993 e a dos US\$ 200 milhões atingida em 1997. A tendência registrada a partir de 1996, mostra recuo e as vezes pequeno crescimento das exportações de rochas silicáticas em bruto (RSB) - blocos de granitos - e pequena expressão das rochas carbonáticas em bruto (RCB) - blocos de mármores.

No ano de 1999, o Brasil teve participação de 0,3% nas exportações mundiais de rochas carbonáticas brutas, de 9,9% nas de rochas silicáticas brutas, de 1,3% nas de rochas processadas simples, de 1,4% nas de rochas processadas especiais e 5,6% nas de ardósias, compondo 4,9% do volume físico do intercâmbio mundial.

Esse desempenho posicionou o Brasil como sexto maior exportador mundial de rochas em volume físico, atrás da Itália, China, Índia, Espanha e Portugal e à frente da África do Sul, Turquia, Coréia do Sul, Grécia, Finlândia e Alemanha. Quanto às exportações de granitos brutos, o Brasil colocou-se em quarto lugar com 9,9%, atrás da Índia (18,2%), África do Sul (11,7%) e China (10,4%), situando-se em 12º lugar das exportações mundiais de rochas processadas.

Os principais destinos das exportações de blocos e chapas brutas continuam sendo a Itália, Espanha, EUA, Taiwan, Bélgica, Hong Kong, França, Japão e China. Entre os compradores de rochas processadas (RP) destacam-se os EUA, Austrália, Bélgica, Itália, Venezuela, Holanda, Chile e Hong Kong.

Observa-se expressivo crescimento das exportações brasileiras de ardósias e quartzitos foliados, bem como a participação de pedra sabão e serpentinitos nas exportações. Tais materiais, caracterizados pela produção e beneficiamento regionalizados, especialmente em Minas Gerais e Bahia, já representaram 13,6% em valor e 10,4% em peso das exportações brasileiras de rochas no ano 2000.

**Quadro 4 - Evolução das Exportações Brasileiras**

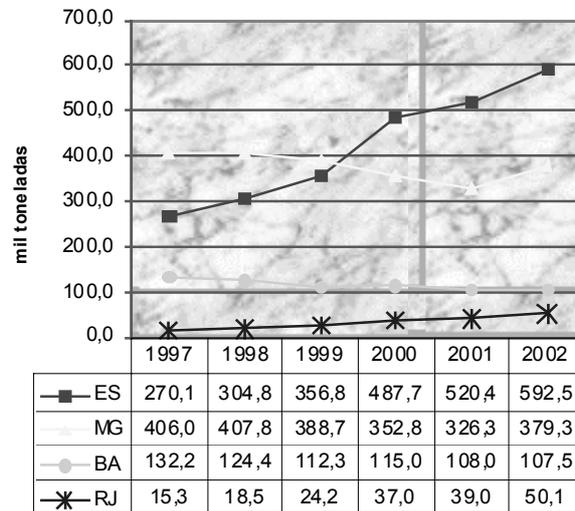
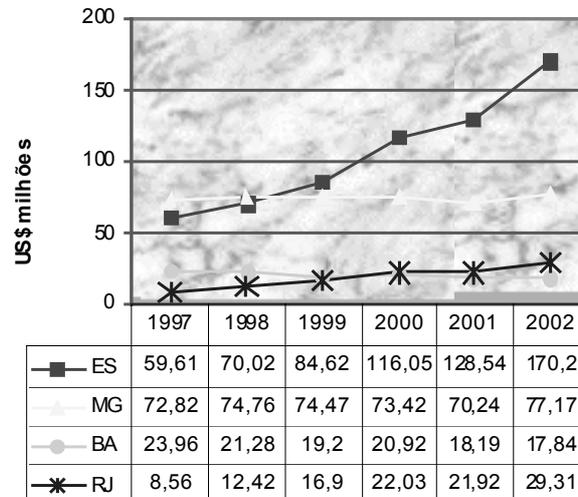
Fonte: SECEX – Secretaria de Comércio Exterior, MDIC

As exportações do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, que são os principais estados produtores/ beneficiadores, totalizaram cerca de US\$ 276 milhões em 2002. O Espírito Santo consolidou sua posição de principal produtor e exportador, respondendo no ano de 2002 por mais de 50%, em valor, do total das exportações brasileiras. O Rio de Janeiro teve em 2002 exportações de US\$29,3 milhões respondendo com 8,7% do total sendo um dos mais expressivos crescimentos de exportação de rochas processadas. O Estado de Minas Gerais teve em 2002 exportações de rochas ornamentais de US\$77 milhões consolidando-se como segundo Estado produtor, com um 22,8%. O estado da Bahia registrou, em 2002, exportações de US\$17,8 milhões, representando 5,3% do total.

O melhor desempenho do Espírito Santo e do Rio de Janeiro com exportação de rochas graníticas processadas, bem como de Minas Gerais com ardósias e quartzitos foliados, está lastreado na existência de parques industriais de beneficiamento e outras condições logísticas, comerciais que favorecem sua competitividade para produtos acabados/semi-acabados no mercado interno.

Em 2002, o Brasil ocupou a sexta posição entre os países exportadores de rochas ornamentais em volume, o quarto lugar entre os exportadores de granito bruto e o segundo no ranking entre os maiores exportadores de ardósia.

**Quadro 5 - Evolução das Exportações (ES, MG, BA, RJ)**



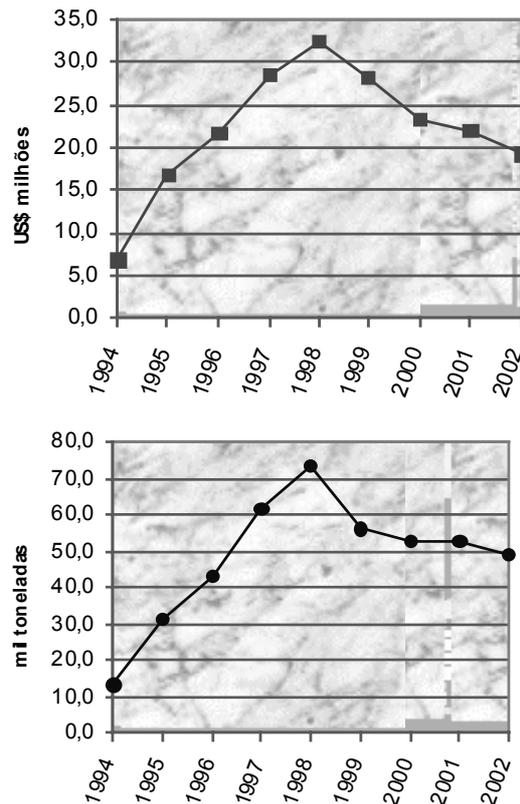
Fonte: SECEX - Secretaria de Comércio Exterior, MDIC

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

## IMPORTAÇÕES

No ano 2002, as importações brasileiras totalizaram US\$19,4 milhões e registraram um decréscimo de mais de 18% em relação aos US\$22,8 milhões de 2001. As rochas processadas representaram 63,3% do valor total importado. A grande maioria das importações, cerca de 76,6%, refere-se a produtos de mármore e travertinos, sobretudo provenientes da Itália, Espanha e Grécia.

**Quadro 6 - Evolução das Importações Brasileiras**



Fonte: SECEX- Secretaria de Comércio Exterior, MDIC.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

**Quadro 7 - Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais e de Revestimento**

Produtos	2001		2002		Ton	PP %	US\$ mil	PP %	Ton	PP %
	US\$ mil	PP %	US\$ mil	PP %						
Travertinos bruto em	296,05	1,29	1.027,17	1,89	1.392,02	2,82	359,82	1,85	1.392,02	2,82
Mármoles cortados	1.106,14	4,84	3.270,73	6,00	2.119,60	4,30	745,81	3,84	2.119,60	4,30
Travertinos cortados	360,60	1,58	750,53	1,38	2.502,46	5,07	735,88	3,79	2.502,46	5,07
Mármoles, travertinos etc.	4.899,84	21,43	12.028,87	22,08	11.307,15	22,92	3.832,73	19,74	11.307,15	22,92
Outras RCB	0,75	0,00	0,35	0,00	74,42	0,15	46,42	0,24	74,42	0,15
<b>Subtotal - RCB</b>	<b>6.663,38</b>	<b>29,14</b>	<b>17.077,65</b>	<b>31,35</b>	<b>17.395,65</b>	<b>35,25</b>	<b>5.720,66</b>	<b>29,46</b>	<b>17.395,65</b>	<b>35,25</b>
Granito cortado	226,32	0,99	307,76	0,56	618,90	1,25	228,13	1,17	618,90	1,25
Granitos trabalhados	63,29	0,28	76,19	0,14	13,83	0,03	12,59	0,06	13,83	0,03
Outras RSB	53,76	0,23	79,29	0,15	74,42	0,15	84,17	0,43	74,42	0,15
<b>Subtotal - RSB</b>	<b>343,37</b>	<b>1,50</b>	<b>463,24</b>	<b>0,85</b>	<b>707,15</b>	<b>1,43</b>	<b>324,89</b>	<b>1,67</b>	<b>707,15</b>	<b>1,43</b>
Ladrilhos de pedra natural	228,47	1,00	829,72	1,52	2.490,79	5,05	395,75	2,04	2.490,79	5,05
Mármoles, travertinos talhados	12.999,92	56,85	33.873,70	62,18	26.491,93	53,69	9.479,11	48,81	26.491,93	53,69
Granito talhado	545,27	2,38	817,36	1,50	183,65	0,37	97,45	0,50	183,65	0,37
Pedras decantaria	124,42	0,54	214,42	0,39	122,75	0,25	42,70	0,22	122,75	0,25
Outras RP	1.963,71	8,60	2.032,84	3,73	1.950,93	3,95	3.359,78	17,30	1.950,93	3,95
<b>Subtotal - RP</b>	<b>15.861,79</b>	<b>69,36</b>	<b>36.938,32</b>	<b>67,80</b>	<b>31.240,05</b>	<b>63,31</b>	<b>13.374,79</b>	<b>68,87</b>	<b>31.240,05</b>	<b>63,31</b>
<b>TOTAL</b>	<b>22.868,54</b>	<b>100,00</b>	<b>54.479,21</b>	<b>100,00</b>	<b>49.342,85</b>	<b>100,00</b>	<b>19.420,34</b>	<b>100,00</b>	<b>49.342,85</b>	<b>100,00</b>

Nota: RCB - Rochas Carbonáticas em Bruto; RSB - Rochas Silicáticas em Bruto; RP - Rochas Processadas

Fonte: SECEX

## CONSUMO INTERNO

O consumo interno aparente de blocos de mármore e granito, segundo dados oficiais do Sumário Mineral Brasileiro - ano 2002, foi de 2.018 mil toneladas no ano de 2001, com crescimento 13,5% em relação a 2000. O consumo interno de produtos acabados foi da ordem de 23,8 milhões de m<sup>2</sup>/ano. Se for no entanto considerada a produção real de mármore e granitos, bem como as demais variedades de rochas exploradas no Brasil, o consumo interno atinge a mais de 50 milhões m<sup>2</sup>/ano, equivalente a 25 kg per capita.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A despeito das sucessivas oscilações econômicas mundiais, a situação e perspectivas brasileiras no setor de rochas ornamentais têm se mantido positivas, tanto no mercado interno quanto no externo, salientando-se uma grande vantagem competitiva relacionada à geodiversidade, especialmente quanto às rochas silicáticas (granitos e outras).

O Brasil, dadas suas dimensões territoriais continentais e relevante potencial geológico, já vive um processo de consolidação e crescimento do setor, fortalecendo e privilegiando todas as suas potencialidades - mineral (blocos), industrial (beneficiamento), serviços (marmorarias) e criativa (artefatos e artesanatos) -, aliando-as sinergicamente no âmbito de uma política setorial.

O desempenho do setor é favorecido pela proximidade das fontes de suprimento, diversidade de matéria-prima, atendimento de pólos consumidores expressivos, logística de transporte e infraestrutura disponíveis, incentivos fiscais e tributários existentes, assistência técnica industrial, mão-de-obra especializada, rede de serviços e comunicação, bem como outras atividades de suporte operacional voltadas para um objetivo comum.

Algumas dessas condições favoráveis são hoje proporcionadas em situações específicas, sobretudo na região Sudeste do Brasil e mais particularmente no Estado do Espírito Santo, que reproduzem em maior ou menor escala a estrutura de arranjos produtivos mínero-industriais. Outras áreas estão atingindo esta

situação, em especial nos Estados do Rio de Janeiro, Bahia, Ceará e Minas Gerais.

Além disso estão sendo criadas novas modalidades de negócio, com os próprios importadores tradicionais e outros novos interessados em investir no Brasil. As prioridades são naturalmente vinculadas à construção de modernas plantas de beneficiamento, junto aos principais centros produtores e pólos exportadores, bem como à instalação de fábricas de máquinas, equipamentos e insumos destinados ao segmento mineiro-industrial.

## A INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO DO NORDESTE NO CONTEXTO DA POLÍTICA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

*Reinaldo D. Sampaio*

Presidente Conselho de Administração - ABIROCHAS  
Presidente do Sindicato da Indústria de Mármoles, Granitos e Similares do Estado da Bahia - SIMAGRAN.  
E-mail: [peval@peval.com.br](mailto:peval@peval.com.br)

---

### INTRODUÇÃO

As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, 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

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

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.

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:

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, evidencia 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 e 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, 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 mineiro-industrial do setor no Brasil àquela época, abrigado em uma média empresa.

Pode-se afirmar que o Nordeste, especificamente a Bahia, foi a porta de entrada no Brasil, das mais modernas tecnologias de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais e de revestimento abrigada em uma estrutura empresarial verticalizada (mineração-beneficiamento-comercialização), que deveria ser compreendida pelo Banco de Desenvolvimento Regional, BNB, financiador do empreendimento, como um parâmetro para a execução de ações integradoras e estruturantes com os demais projetos que se “replicariam” em todos os demais Estados nordestinos. Esta oportunidade continua viável.

- 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 Km<sup>2</sup>, 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 mármoles 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 à pobreza e à 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 mármoles 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.

As características geológicas, as tecnologias disponíveis e as exigências de mercado limitam o aproveitamento econômico do produto "Bloco" à nível nunca superior a 35% do material lavrado, podendo ser de até 10% no caso de materiais de elevado valor econômico e alto índice de fraturamento (ex.: Quartzitos Azuis); entretanto devemos incorporar o conceito de estoque para a parcela lavrada remanescente, destinada ao aproveitamento econômico

através de tecnologias adaptadas objetivando inclusão social. A parcela de material lavrado, não aproveitado economicamente de forma imediata, não é necessariamente resíduo, é estoque, passível de ser aproveitado a partir de um sistema integrado de produção, da atividade empresarial incorporada à economia de mercado com o aproveitamento secundário (paralelepípedos, meio-fios, placas rústicas para revestimento, artesanato mineral e pedra britada) com atividades proto-capitalistas de relevante impacto social. Dessa forma alcança-se resultados e respostas a dois desafios da atualidade: A inclusão social e o aproveitamento racional e intensivo das riquezas (naturais) sociais.

Deve ser um compromisso comum, dos agentes públicos e privados, facilitar e estimular práticas integradas de aproveitamento econômico dos estoques de material lavrado, viabilizando o aproveitamento intensivo das reservas minerais. (ex.: Projeto PRISMA - Governo do Estado da Bahia), bem como, adequar a Legislação ambiental, tributaria e trabalhista, levando-se em consideração as especificidades naturais regionais e as necessidades sociais locais.

A questão ambiental deve ter uma abordagem holística, interdisciplinar, interagindo a visão dos cientistas naturais com a visão dos cientistas sociais, para construir caminhos inovadores para uso e aproveitamento econômico da natureza, respeitando a sua diversidade e as necessidades sociais. Promover o aproveitamento econômico e ao mesmo tempo a conservação, requer a escolha de estratégias corretas de desenvolvimento em vez de simplesmente multiplicarem-se exigências restritivas que tornam tais reservas invioláveis, portanto inúteis.

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 estoques remanescentes 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 estoque remanescente. Esses produtos podem direcionados a

programas de mutirão assistido para construção de casas populares e infra-estrutura urbana, contribuindo para reduzir o déficit habitacional do país, estimado em 7 milhões de unidades.

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.

Um outro aspecto relevante desse segmento econômico, diz respeito à extraordinária favorabilidade geológica brasileira que, 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

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

em prospecção e pesquisa mineral proporcione, de forma contínua, a oferta de novos materiais.

O parque brasileiro de beneficiamento de mármoles 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 Comercio 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.

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.

## **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 consequência, dos consumidores em geral, resultando em um baixo consumo “per capita” 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 prático 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, CETEM, 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 (RETEQ-ROCHAS).
- Curso de especialização em rochas ornamentais - nível superior destinado a geólogos, engenheiros de minas, engenheiros civis e arquitetos (convênio com Universidade).
- Criação de centros tecnológicos regionais.

Dois grandes e cruciais questões inquietam as sociedades contemporâneas e estão a exigir soluções inadiáveis:

A primeira delas é a constatação de que os sistemas econômicos hegemônicos pelo grande capital e pela grande empresa geradora incessante de novas tecnologias, apesar dos

benefícios materiais alcançados, não lograram assegurar o bem estar dos povos, nem mesmo nas economias desenvolvidas pior ainda nos países em desenvolvimento, onde o processo crescente de exclusão social e de miserabilidade humana, põe em risco o futuro dessas nações.

A segunda questão é a da preservação do meio-ambiente, fortemente ameaçado, inclusive pela miséria social. Diante da inevitabilidade do uso das riquezas sociais (recursos naturais) é imperioso assegurar o aproveitamento racional e intensivo (otimizado) dessas riquezas.

Esses desafios da civilização contemporânea de promover a inclusão social e realizar o melhor aproveitamento econômico das riquezas (naturais) sociais, requerem o direcionamento de prioridades aos micros, pequenos e médios negócios, comprovadamente de elevado nível de empregabilidade, podendo atuar através de sistemas integrados com as atividades proto-capitalistas, nas quais se encontram contingentes humanos excluídos e semi-excluídos.

Os dois desafios acima impõem àqueles que tem a responsabilidade de planejar e contribuir com o desenvolvimento econômico e social, conceber estratégias endógenas inovadoras, que leve a uma via tríplice, baseada simultaneamente na relevância social, prudência ecológica e viabilidade econômica, os três pilares do desenvolvimento sustentável.

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!

**A N E X O****CERÂMICA DE REVESTIMENTO NO BRASIL**

	1999	2000	2001	2002	2003*
Produção Total (milhões m <sup>2</sup> )	428,5	452,7	473,4	520,0	580,0
Exportações (US\$ milhões)	170,0	182,0	176,8	205,8	250,0
Variação % Exportações		+ 7,06	- 2,86	+16,40	+ 21,50
Importações (US\$ milhões)**	11,08	6,25	3,05	1,75	1,70
Saldo comercial (US\$ milhões)	158,92	175,75	173,75	204,05	248,30
18.000 a 22.000 empregos diretos					
110 a 130 empresas produtoras					
50 a 60 empresas exportadoras					

\* Valores estimados.

\*\* Posições da NCM consideradas: 6905 (telhas), 6907 (ladrilhos não esmaltados e/ou não vitrificados) e 6908 (ladrilhos esmaltados e/ou vitrificados).

**ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO NO BRASIL**

	1999	2000	2001	2002	2003*
Produção Total (milhões m <sup>2</sup> )	50,0	52,0	54,0	57,0	61,0
Exportações (US\$ milhões)	232,5	271,5	280,2	338,8	500,0
Variação % Exportações		+16,80	+ 3,20	+20,91	+47,60
Importações (US\$ milhões)**	24,3	21,9	22,9	19,4	19,0
Saldo comercial	208,2	249,6	257,3	319,4	481,0
105.000 a 120.000 empregos diretos					
10.000 a 11.500 empresas produtoras/beneficiadoras/comercializadoras/exportadoras					
650 a 700 empresas exportadoras					

\* Previsto.

**Capítulo II**  
***Importância de la Investigación***

---

**A IMPORTÂNCIA DA INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA  
APLICADA ÀS ROCHAS ORNAMENTAIS  
Modos de Actuação do IGM**

*Jorge Carvalho*  
Instituto Geológico e Mineiro, Portugal

---

## **1. INTRODUÇÃO**

A investigação científica aplicada ao sector extractivo das Rochas Ornamentais (RO) só a partir das últimas décadas do século XX passou a ser alvo de maior atenção e de investimentos específicos de alguma forma significativos. Esta mudança de atitude resultou, em grande parte, da diferenciação das RO dos restantes materiais de construção em termos de nobreza, cariz ornamental e consequente valor económico acrescido.

Actualmente a investigação aplicada ao sector das RO assenta em acções de I&D desencadeadas por instituições e serviços públicos com competência na área das Ciências da Terra em parceria com um reduzido número de empresas do sector. Uma pesquisa expedita de comunicações apresentadas em seminários e congressos ou de projectos propostos para alguma forma de financiamento, como os que constam da tabela I, permite sintetizar a tipologia dessas acções do seguinte modo:

- optimização, monitorização e segurança dos processos de lavra como resposta ao brusco aumento de consumo que se verificou nas últimas décadas, em particular a partir dos anos 80 e à necessidade de implementação das chamadas Regras de Boas Prática Ambientais e melhoria das condições de Higiene e Segurança no Trabalho.
- caracterização tecnológica, normalização e certificação das RO como suporte às necessidades normativas dum mercado fortemente concorrencial;
- caracterização e análise dos processos de alteração das RO em edifícios e monumentos e sua prevenção, preservação e restauração como resposta à tendência recente para a preservação da herança cultural edificada.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

**Tabela I – Alguns exemplos actuais de acções de investigação no sector das RO**

<sup>1</sup> Characterisation of ornamental stones standards by image analysis of slab surface
<sup>1</sup> Optimisation of stone processing using diamond tules
<sup>1</sup> Downhole abrasive jet cutting operations in quarrying mining and civil engineering
<sup>1</sup> Innovative complete production line for the manufacture of slate flooring tiles
<sup>1</sup> Development of equipment for hard stone underground exploitation
<sup>1</sup> Development of advanced tools for ecological and economic sawing of granite
<sup>1</sup> Effects of the weathering on stone materials: assessment of their mechanical durability
<sup>2</sup> Integração de Sistemas Operacionais de Lavra e Gestão
<sup>2</sup> Interesse prático dos ensaios físico-mecânicos
<sup>2</sup> Dimensionamiento de la piedra natural en el marco de la normativa europea
<sup>3</sup> A machine and Technology for dragging rock blocks
<sup>3</sup> The effects of freezing-thawing cycles on the useability of Isparta Andesite as a building stone
<sup>3</sup> A method concerning the preservation and restoration works of the stones used in historical buildings
<sup>3</sup> Analysis of the bowing phenomenon on stone slabs
<sup>3</sup> Sludge production and management in the industry of Western Alps dimension stones
<sup>4</sup> Aspectos Técnicos de la Explotación de Piedra Natural (Técnicas de Arranque Primario)
<sup>4</sup> Normalización y Control de Calidad
<sup>4</sup> Rochas Ornamentais Portuguesas: Novos Rumos na Exploração de Granitos e Mármoles
<sup>4</sup> Critérios para la Determinación de la Oxidabilidad de las Rocas Graníticas

<sup>1</sup>Projectos apresentados para financiamento da União Europeia. Rede Osnet (<http://www.osnet.ntua.gr/>)

<sup>2</sup>Mini-Foro IBEROEKA de Mármoles y Granitos, Salvador, Brasil, 6 a 9 Abril de 2003

<sup>3</sup>Int. Symp. Indust. Minerals and Building Stones. IAEGE, Istanbul, Turkey, Sept 2003

<sup>4</sup>Avanços e Transf. Tecnol. em Rocha Ornamental. Série Rochas e Minerais Industriais, CETEM (eds.: B. Calvo Perez, M. Maya Sánchez)

Desta análise ressalta a ausência de trabalhos de investigação estruturantes em áreas a montante das problemáticas correntemente abordadas, nomeadamente nas metodologias e acções de prospecção e na avaliação quantitativa e qualitativa dos maciços rochosos eventualmente com aptidão para a produção de rochas ornamentais. Um dos efeitos mais perversos, pelas consequências directas a nível comercial, resulta da inclusão em catálogos de variedades ornamentais de que não se conhecem as reservas e consequentemente, não se conhecem as capacidades de fornecer o mercado. Frequentes são também os casos de variedades ornamentais constantes em catálogos mas que já não fazem parte do circuito comercial por esgotamento da jazida.

Em suma, o investimento em investigação no sector das RO durante os últimos anos tem sido fortemente condicionado, de modo legítimo, por objectivos de natureza comercial, de cariz imediatista, como resultado da forte concorrência que se verifica no sector, com o surgimento de novos centros de produção e de novas variedades ornamentais a um ritmo acelerado, um pouco por todo o mundo. A investigação geológica tendente à descoberta racional de novas jazidas tem estado votada ao esquecimento, o que acarreta dificuldades à elaboração de planos de ordenamento territorial minimamente ajustados a uma política de desenvolvimento sustentável. É esta a problemática que se pretende abordar no presente texto.

## **2. PORQUE NÃO SE INVESTE EM PROSPECÇÃO GEOLÓGICA?**

As razões pelas quais pouco se tem investido em acções de investigação geológica a nível da prospecção e caracterização dos maciços rochosos, quer por parte das empresas do sector, quer por parte dos organismos públicos e outras entidades com competências na área das Ciências da Terra, devem ser analisadas separadamente.

No que respeita às empresas e para além dos elevados custos que tais acções acarretam, o facto de só raramente se investir em investigação tem a sua razão de ser nos aspectos históricos que desde sempre pautaram a relação do Homem com as rochas como materiais de construção, em particular ao nível da disponibilidade de recursos.

Ao contrário de outras matérias primas que pela sua escassez sempre se caracterizaram por um elevado valor económico, justificando fortes investimentos nas metodologias e acções de prospecção geológica visando a revelação de jazidas economicamente rentáveis, o aproveitamento das rochas como material de construção esteve desde sempre facilitado em termos de disponibilidade e acesso aos recursos: os afloramentos rochosos de maiores ou menores dimensões e mais ou menos fracturados que nos rodeiam. No entanto e como mais à frente se fará referência, tais razões já não são válidas. Prevalece a problemática da acessibilidade aos recursos como factor condicionante à sua disponibilidade.

Por outro lado, também a tipologia das empresas do sector contribui para esta ausência de investimento em acções de investigação. São empresas:

- de pequena a média dimensão e com um forte cariz de gestão familiar;
- em que não existem quadros técnicos com aptidão na área das Ciências da Terra e
- em que o desenrolar da actividade extractiva propriamente dita se faz com base em conhecimentos empíricos.

A não existência de técnicos com formação na área das Ciências da Terra nos quadros das empresas revela-se de extraordinária importância. Com efeito, as empresas do sector enfermam, com algumas excepções, duma grande falta de cultura científica neste domínio, pese embora estarem ligadas à actividade extractiva. Assim, perante eventuais investimentos em investigação, as empresas tendem a criar expectativas muito exageradas no que respeita aos resultados e ao prazo de obtenção das mais valias inerentes ao investimento. Face ao goro de tais expectativas, as empresas optam por continuar a desenvolver a sua actividade de modo empírico já que, mesmo perante dificuldades no acesso aos recursos, as condições de mercado que têm vindo a vigorar continuam a permitir a obtenção de elevados rendimentos. Em suma e como já referido anteriormente, as empresas do sector das RO não sentem necessidade nem reconhecem razões para disponibilizarem recursos financeiros a acções de investigação geológica em domínios

em que não possam verificar uma relação de curto prazo entre os investimentos realizados e os lucros obtidos, ou seja, em domínios não directamente relacionadas com a actividade comercial. Quanto muito, pelo menos no que respeita ao caso português, consideram que tal investimento deva ser subsidiado pelo Estado.

Também no que respeita às diversas entidades e organismos públicos com competências na área das Ciências da Terra, pouco desenvolvimento se tem verificado ao nível das metodologias de prospecção geológica e caracterização dos maciços rochosos para RO. Com efeito e embora nos últimos anos se tenha vindo a verificar alguma evolução a esse respeito, prevalece ainda nestas entidades, nomeadamente no meio académico, uma forte vocação para a investigação aplicada ao domínio dos jazigos minerais metálicos e que tem resultado numa estagnação no que respeita ao desenvolvimento de metodologias de trabalho vocacionadas especificamente ao domínio das rochas e minerais industriais e em particular, ao sector das RO. Reside aqui um dos pontos chave com implicações directas na actividade (ou falta de actividade) de investigação por parte das empresas. Os jovens técnicos que entram no mercado de trabalho não têm, dum modo geral, vocação e preparação adequadas ao sector das RO.

### **3. VANTAGENS DO INVESTIMENTO EM INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA**

Face ao exposto até aqui resta a pergunta “porquê investir na investigação geológica das RO?”. A resposta a esta questão pode assumir duas vertentes: uma de cariz directamente relacionado com os aspectos económicos inerentes à exploração dos recursos e outra, mais abrangente, relacionada com o papel a desempenhar e enquadramento da actividade extractiva na sociedade actual.

Assim e tendo em consideração que quanto maior o investimento, por norma avultado, menor será o grau de risco por incertezas, um conhecimento adequado da jazida ao nível da sua morfologia, dimensão e aspectos qualitativos traduz-se, por vezes a curto prazo, em mais valias económicas como resultado da diminuição de custos em diversas fases da actividade, em particular:

- Permite a realização de estudos de pré-viabilidade económica, em contraponto ao comum início de explorações por via experimental, de modo empírico, geralmente fora de enquadramento legal e que na maior parte dos casos acabam por resultar em situações de lavra abandonada ou de muito baixo rendimento e com elevados impactos negativos a nível paisagístico e de ordenamento do território.
- Permite a planificação adequada da lavra e a diminuição do grau de incerteza associado a esse planeamento.

Outro aspecto importante a considerar nesta vertente relacionada directamente com a actividade industrial tem a ver com a actividade financeira ao nível das participações em Capital de Risco e créditos bancários. Com efeito, sendo cada vez mais comum o recurso a este tipo de operações, é de prever que a seu tempo, os intervenientes credores exijam e avaliem garantias ao nível da quantificação e qualificação dos recursos geológicos em causa. É evidente que sem investimento prévio em actividades de prospecção geológica não será possível dar resposta a tais solicitações.

No que respeita ao papel a desempenhar pela actividade extractiva na sociedade actual, não há dúvida de que a manutenção e mesmo melhoramento das nossas condições de vida está dependente dum contínuo suprimento de recursos minerais. Por outro lado, numa sociedade cada vez mais atenta às questões ambientais, em que a actividade extractiva é, norma geral, considerada como um dos principais agentes agressores em que na maior parte dos casos se confunde, injustamente, impacto visual com impacto ambiental, é cada vez maior a competição pelo uso do território. Urge, assim, que esta actividade seja adequadamente enquadrada em planos de ordenamento territorial por forma a que a exploração dos recursos não fique comprometida e que se realize em termos racionais e no respeito pelas regras de boas práticas ambientais, visando, simultaneamente:

- o suprimento de matéria prima;
- a preservação dos recursos;
- a preservação da qualidade ambiental.

Esta problemática tem sido nos últimos anos alvo de intensa discussão e alerta a nível global, nomeadamente no seio da Comunidade Europeia e em fóruns sob a égide da Organização das Nações Unidas, mas tendo sempre como ponto de partida a actividade extractiva instalada, relegando para segundo plano, ou mesmo omitindo, as acções a montante dessa actividade. Veja-se, a título de exemplo, *Good Environmental Practice In The European Extractive Industry: A Reference Guide* por F. Brodtkom (2000), os diversos textos publicados no livro *La Minería en el Contexto de la Ordenación del Territorio* editado por R. C. Villas Boas e R. Page (Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 2001) e a comunicação da Comissão Europeia Com (2000) 265 - Promoção do desenvolvimento sustentável na indústria extractiva não energética da UE. Esta última é paradigmática pois, embora denunciando o baixo investimento em prospecção geológica a nível dos países da União Europeia (68 milhões de Euros em 1998, de acordo com o *Mining Journal*, Vol. 331), aponta como questões prioritárias a prevenção de acidentes na indústria extractiva, a melhoria do desempenho ambiental e a gestão de resíduos. Em suma, o enquadramento da actividade extractiva nas questões de ordenamento territorial e preservação do bem estar comum é analisado, na maior parte dos casos, unicamente à luz da actividade instalada, deixando como que ao acaso o aparecimento de novas áreas produtoras, em função da actividade e investimentos por parte do sector empresarial.

Ora, para que o ordenamento territorial seja uma ferramenta de base eficaz para o desenvolvimento sustentável das sociedades, nomeadamente no respeitante à necessária integração da actividade extractiva nesse desenvolvimento, nos termos atrás referidos, é imprescindível conhecer as potencialidades intrínsecas a esse mesmo território. Na base deste conhecimento estão, não só as acções de prospecção e reconhecimento geológico realizadas por parte do sector empresarial, mas também as entidades públicas na sua função de promotoras e reguladoras de tais actividades. De realçar aqui o papel que os Serviços Geológicos dos Estados Unidos (USGS) têm vindo a desempenhar na inventariação de recursos, realçando que face à depleção global das jazidas actualmente sujeitas a exploração e face à competitividade pelo uso do território é necessário que se tomem medidas para a implementação de actividades de

investigação que possibilitem a descoberta de novas jazidas. Isto aplica-se tanto ao nível global da indústria extractiva como ao nível sectorial das RO.

Se esta problemática está em cima da mesa de debate a nível dos países europeus, não o estará tanto noutros países em que, pela sua dimensão, os problemas respeitantes à acessibilidade aos recursos não são tão prementes, como seja o caso do Brasil, da Índia e da China para o sector das RO. No entanto e considerando os elevados índices de crescimento que se prevêem a curto prazo para estes países e em particular para a China, tal problemática rapidamente estará na ordem do dia, quanto mais não seja, devido à expansão dos centros urbanos e à repercussão mediática, a nível global, das modificações locais induzidas pela indústria extractiva das RO na paisagem.

#### **4. COMO PROMOVER A INVESTIGAÇÃO GEOLÓGICA**

Perante a actual situação de investimentos precários na investigação geológica aplicada às RO, em particular no que respeita a acções e metodologias de prospecção, algo urge mudar. Essa mudança terá que passar por um amadurecimento da actividade empresarial do sector, assente num aumento da respectiva qualificação técnica dos seus técnicos.

Por outro lado e ao nível das entidades com competência para a promoção dos recursos geológicos e do ordenamento do território, terá de haver uma mudança de atitude no sentido de induzir o amadurecimento atrás preconizado. O relacionamento com as empresas do sector extractivo das RO terá que ser mais eficaz, para o que deverá contribuir:

- O fortalecimento das associações industriais de modo a que sejam interlocutores eficazes com os organismos públicos.
- O estabelecimento de contactos institucionais entre grupos reduzidos de empresários sujeitos aos mesmos problemas. O empresário não dispõe de tempo para abordar temáticas muito generalistas nem para abordar problemas dos vizinhos mas que lhe são estranhos.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- O subsídio parcial ao investimento em acções de investigação estruturantes por parte das empresas, promovendo a criação de hábitos de trabalho que perdurarão após a retirada do subsídio.
- A implementação, em casos extremos, de legislação restritiva à abertura/alargamento de explorações sem os adequados trabalhos prévios de investigação geológica.
- O encetamento de acções de investigação que possam contribuir para um melhor conhecimento dos recursos disponíveis mas que concomitantemente sirvam de exemplos demonstrativos dos benefícios e vantagens que a investigação acarreta.

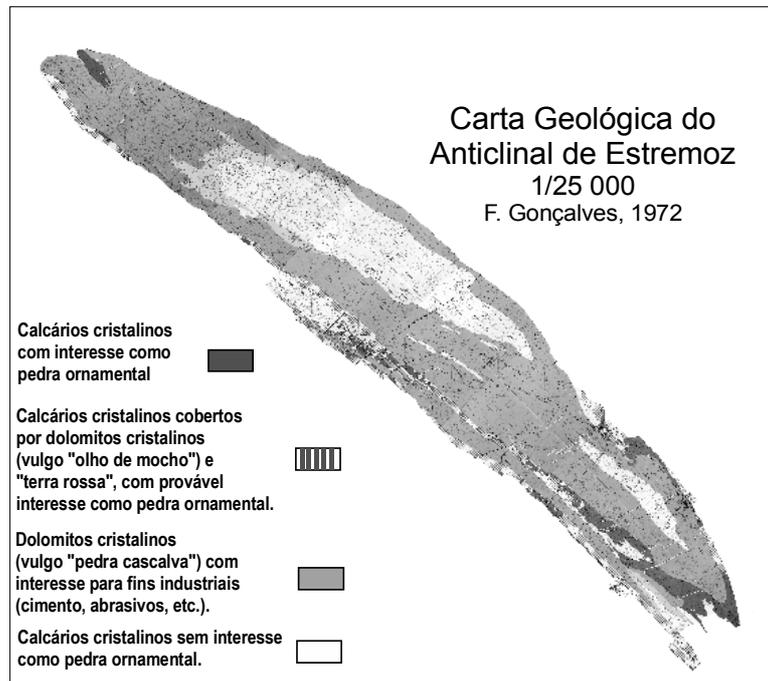
A estes modos de actuação estão subjacentes duas premissas:

- Utilização de linguagem adequada, menos técnica, no relacionamento com os empresários para evitar que ambas as partes não se entendam, como é comum acontecer.
- Melhoria da qualificação científica dos técnicos envolvidos em ambas as partes, o que passa por uma modificação estratégica ao nível da formação académica dos técnicos da área das Ciências da Terra, visando uma adequação às problemáticas em jogo no sector extractivo das rochas e minerais industriais e, em particular, das rochas ornamentais.

## **5. A ACTUAÇÃO DO IGM**

Dada a forte tradição portuguesa na produção de RO, nomeadamente de mármoles, desde os finais dos anos 60 do séc. XX que o Instituto Geológico e Mineiro tem promovido e executado trabalhos de investigação nesse domínio sobre a principal região produtora do país: o Anticlinal de Estremoz. Dessa fase inicial de intervenção resultou a primeira carta geológica temática do Anticlinal de Estremoz que se apresenta na figura 1. No seguimento destes primeiros trabalhos de cartografia geológica temática surgem, também, os primeiros estudos de caracterização muito genérica da fracturação do Anticlinal.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*



**Figura 1- Carta geológica do Anticlinal de Estremoz segundo F. Gonçalves, 1972**

Face a crescente importância económica do sector das RO a partir do início dos anos 80, o IGM, como entidade pública responsável pela promoção e valorização dos recursos geológicos portugueses, intensificou a sua actuação neste domínio com a realização de novos trabalhos de investigação aplicada, alargando-a a outras regiões do país e que se prolongaram até final dos anos 90. Merecem aqui destaque os trabalhos de cartografia geológica temática detalhada realizados no Maciço Calcário Estremenho que contribuiram para a forte dinamização da produção de calcários ornamentais e os trabalhos de reconhecimento geológico de maciços graníticos produtores de RO. O mapa apresentado na figura 2 refere-se à área de Pé da Pedreira com cerca de 20 km<sup>2</sup> e nele pode-se constatar o detalhe alcançado em função duma cartografia litoestratigráfica de detalhe à escala 1/2000. Esta área corresponde ao

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

principal centro produtor de calcários ornamentais do Maciço Calcário Estremenho em Portugal, onde a actividade extractiva se processava dum modo completamente desordenado face à ausência dum conhecimento prévio da jazida.



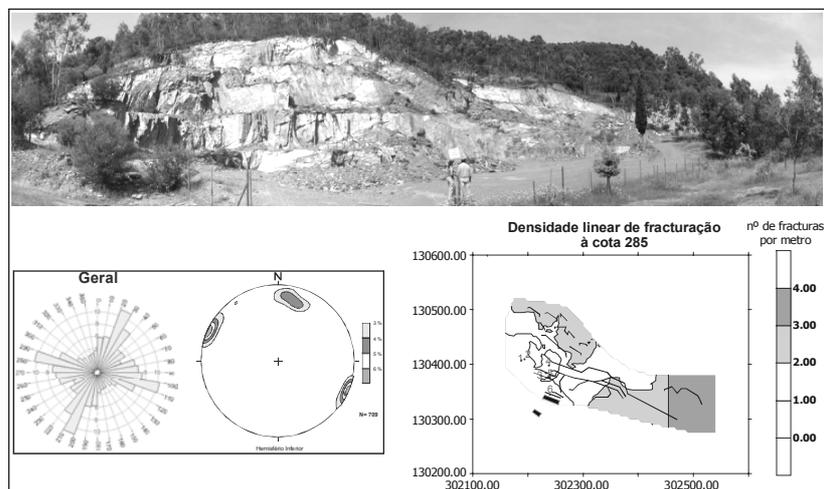
**Figura 2 - Carta geológica temática da área de Pé da Pedreira (MCE - Portugal)**

Na linha de intervenção do IGM para a valorização dos recursos geológicos, a publicação em 1998 da Carta Geológica Temática do Anticlinal de Estremoz à escala 1/10 000 representa um novo e importante marco com forte impacto no apoio à actividade extractiva nessa região produtora de mármores ornamentais.

Foi durante este período de tempo que a fracturação se revelou como um dos principais factores condicionantes da aptidão dum maciço rochoso para a produção de rochas ornamentais, desencadeando novas linhas de investigação que não unicamente a cartografia temática detalhada. Conduziram ao estabelecimento de parcerias de colaboração com outras entidades, em particular com o Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa no desenvolvimento da aplicação de metodologias de investigação

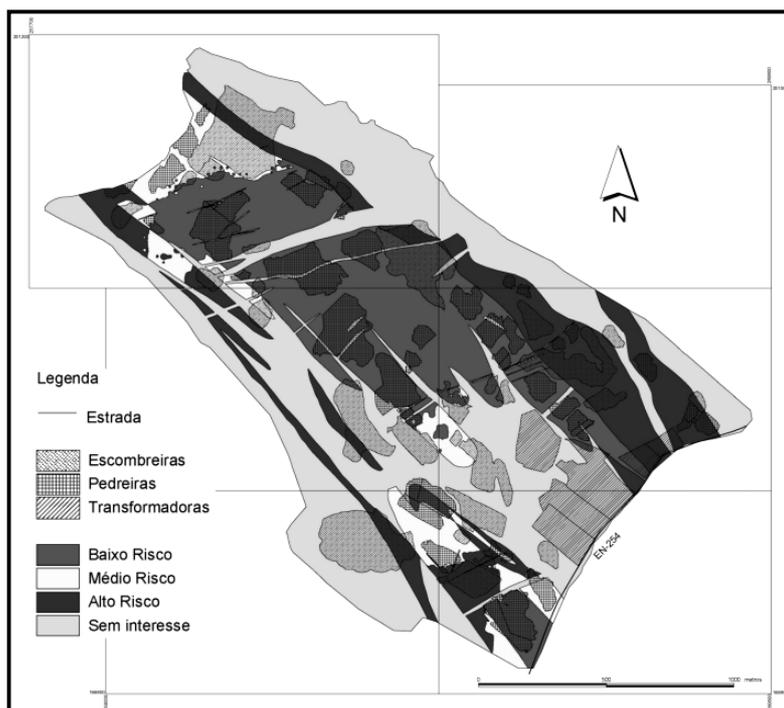
*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

geoestatística aplicada ao estudo de fracturação dos mármoles do Anticlinal de Estremoz, como ferramenta importante para a selecção de áreas favoráveis à exploração. Neste âmbito, merecem destaque os trabalhos promovidos pelo IGM tendentes à selecção de locais favoráveis à exploração subterrânea de mármoles e à selecção dos locais favoráveis à exploração de xistos ornamentais numa pedreira junto à vila de Barrancos (Alentejo, Portugal).



**Figura 3 - Estudos de fracturação aplicados a uma pedreira de xistos ornamentais em Barrancos (Alentejo - Portugal)**

Concomitantemente e promovendo o enquadramento da actividade extractiva nos planos de ordenamento territorial, a actividade do IGM no domínio das RO tem-se vindo a centrar na investigação de metodologias que permitam não só a valorização e enquadramento desses recursos nos Planos de Ordenamento do Território, como também o apoio directo à actividade extractiva. As cartas de aptidão dos centros produtores de calcários ornamentais no Maciço Calcário e as cartas de Risco Geo-económico de centros de produção no Anticlinal de Estremoz, como a apresentada na figura 4, são o exemplo sintomático deste tipo de actuação.



**Figura 4 - Carta de Risco Geo-económico da Unidade de Ordenamento 3 - Vigária (Anticlinal de Estremoz - Portugal)**

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os planos de ordenamento do território são uma das ferramentas fundamentais ao desenvolvimento sustentável das sociedades. Não se podendo pôr em causa a necessidade dum suprimento contínuo de matérias primas minerais por forma a manter e melhorar o actual padrão de vida duma população global em crescimento, verifica-se, contudo, dificuldade em enquadrar a indústria extractiva em tais planos de ordenamento. A problemática da disponibilidade de recursos tem vindo a ser suplantada pela problemática da acessibilidade a esses mesmos recursos, pelo que é necessária uma aposta no melhoramento do desempenho ambiental da indústria extractiva e na descoberta de novas fontes de matéria

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

prima. Enquanto que ao nível da melhoria do desempenho ambiental da indústria extractiva têm sido dados passos importantes, fruto de fortes investimentos na investigação de novas metodologias e processos, o mesmo não se verifica no que concerne à prospecção geológica. Com efeito, face aos problemas de acessibilidade aos recursos e à depleção das actuais fontes de matéria prima, urge encetar esforços em acções de investigação tendentes à descoberta de novas jazidas.

Se esta problemática se faz sentir de modo global em toda a indústria extractiva, faz-se sentir de modo mais pertinente ao nível das rochas e minerais industriais e particularmente, no sector das rochas ornamentais, onde é potenciada pela tipologia das empresas do sector, pelas condições dum mercado em crescimento mas muito concorrencial e ainda fornecedor de elevados dividendos e pelo reduzido número de técnicos com formação específica na área.

A experiência do IGM neste domínio mostra que a implementação de acções de investigação estruturantes a médio e longo prazo no sector das rochas ornamentais, em particular a montante da actividade extractiva propriamente dita, permite um melhor aproveitamento dos recursos, com óbvias vantagens do ponto de vista económico. Concomitantemente, a implementação destas acções tem despoletado uma melhoria do desempenho ambiental por parte das empresas, facilitando o enquadramento desta actividade nos planos de ordenamento do território, o que contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

- BRODKOM, F. (2000) - Good Environmental Practice In The European Extractive Industry: A Reference Guide. Centre Terre Et Pierre - Belgium.
- GONÇALVES, F. (1970)- Contribuição para o conhecimento geológico dos mármoles de Estremoz. Est. Notas e Trabalhos do SFM, Porto, Vol. 20, Fasc. 1-2.
- LADEIRA, F. L. (1981) - Relação das fracturas dos mármoles alentejanos com outras estruturas. Boletim Soc. Geol. De Portugal, 22, pp. 227-232.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- PÉREZ, B. C. (2001) - As rochas e os minerais industriais como elemento de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 37 p.. Série Rochas e Minerais Industriais, 3.
- PÉREZ, B. C. (2001) - Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental. Benjamín C. Pérez e Mario M. Sánchez (eds.). Rio de Janeiro: CETEM/MCT. Série Rochas e Minerais Industriais, 4. 200 p..
- SINGER, D.; MENZIE, W.; SUTPHIN, D.; MOSIER, D. and BLISS, J. (2001) - Mineral Deposit Density – An Update. U.S. GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER 1640-A (Contributions to global mineral resource assessment research).
- VILLAS BÔAS, R. C.; PAGE, R. (2001) - La Minería en el contexto de la ordenación del territorio. Roberto C. Villas Bôas, Roberto Page (eds.). Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 416 p..
- WALTON, G.; LEE, M. (2001) - Geology for our Diverse Economy - Report on the Programme Development Group for Onshore Geological Surveys. British Geological Survey. Keyworth, Nottingham: British Geological Survey.
- WELLMER, F.-W.; BECKER-PLATEN, J. D. (2002) - Sustainable development and the exploitation of mineral and energy resources: a review. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 91: 723-745.

**OS RECURSOS MINERAIS E O ORDENAMENTO DO  
TERRITÓRIO: O CASO DOS MÁRMORES DE  
ESTREMOZ - BORBA - VILA VIÇOSA**

*Luís Martins*

Director de Departamento do  
Instituto Geológico e Mineiro, Portugal  
( [luis.martins@igm.pt](mailto:luis.martins@igm.pt) )

---

**INTRODUÇÃO**

Os 15 países da UE consumiram em 2000 cerca de 30 toneladas/ per capita de matérias primas minerais, necessários para manter o seu nível de vida, o que representou um consumo total de 11 295 Mt. A indústria extractiva é a única que pode obter estes materiais para uso doméstico e industrial.

Por outro lado, a aprovação, implementação e desenvolvimento de recentes directivas da Comunidade Europeia, tem limitado consideravelmente o acesso da indústria a recursos geológicos essenciais (Política NIMBY), o que é altamente penalizante, já que a localização geográfica de um depósito geológico de alto valor económico é controlado por um processo natural e não pode ser escolhido ou modificado.

Assim, as questões relacionadas com a disponibilidade dos recursos minerais têm vindo a ser ultrapassadas pelas referentes ao impacte ambiental causado pelas suas exploração e transformação, por vezes sem qualquer planeamento. Deste modo, a inclusão desta problemática no ordenamento do território tem vindo a ter uma crescente importância, numa perspectiva global e integrada, tendo como modelo o conceito de desenvolvimento sustentável (Comunicação (2000) 265- RMSG/DG Empresa) e com o objectivo de repor o equilíbrio entre os pilares económico, social e ambiental que o sustenta.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

## A SITUAÇÃO EM PORTUGAL E A INTERVENÇÃO DO IGM

O principal objectivo da intervenção do IGM é garantir o acesso ao território, atendendo às características próprias e específicas da Indústria Extractiva (IE) e às suas diferentes fases operacionais: prospecção e pesquisa, exploração, reabilitação.

Assim, o IGM tem vindo nos seus pareceres à escala municipal e no âmbito dos Planos Directores Municipais (PDM's), bem como à escala regional (PROT's), a propor áreas a salvaguardar utilizando uma metodologia baseada no nível de conhecimento, evidenciação e aproveitamento dos recursos geológicos.

A metodologia de trabalho tem assentado na definição dos seguintes espaços para a indústria extractiva:

Área Licenciada: Área para a qual já existem direitos de exploração de Recursos Geológicos do domínio privado.

Área de Exploração Consolidada: Área onde ocorre uma actividade produtiva de dimensão significativa, e cujo desenvolvimento deverá ser objecto de uma abordagem global, tendo em vista o aproveitamento do recurso geológico dentro dos valores de qualidade ambiental.

Área de Exploração Complementar: Área de exploração que poderá, ou não, ser adjacente à Área de Exploração Consolidada consigo relacionada. O ritmo e as áreas de exploração serão condicionados pelo nível de esgotamento das reservas disponíveis e/ou pela evolução da recuperação paisagística da(s) respectiva(s) Área(s) de Exploração Consolidada(s).

Área Potencial: Área de reconhecido interesse extractivo, em que o aprofundar do seu conhecimento a torna passível de dar origem a futuras "Áreas de Exploração".

Área em Recuperação: Áreas já exploradas onde se deve proceder à recuperação paisagística para posterior desafecção do Espaço da Indústria Extractiva.

Para que a informação que consta dos planos de ordenamento sectorial seja suficientemente fiável, há que garantir o bom nível do conhecimento técnico- científico, não só completando e

actualizando a aquisição de dados, mas também organizando-os em bases informáticas e desenvolvendo os respectivos Sistemas de Informação Geográficos.

Assim, o IGM tem vindo a actuar neste domínio, implementando o Sistema de Informação de Ocorrências e Recursos Minerais Portugueses (SIORMINP) e das bases de dados secundárias que lhe estão associadas, dando especial ênfase à sua utilização na produção de cartas temáticas variadas, à preparação de informação e de mapas sobre o ordenamento do território e a estudos ambientais.

Neste momento já foi concluído todo o carregamento dos dados, numa 1ª fase, correspondendo a 2164 ocorrências e/ou recursos minerais. Esta informação será agora validada e actualizada, sendo posteriormente disponibilizada para todos os interessados, através da Internet.

### **O CASO DOS MÁRMORES DE ESTREMOZ-BORBA-VILA VIÇOSA**

O anticlinal de Estremoz- Borba- Vila Viçosa constitui a mais importante reserva portuguesa de mármores ornamentais. A importância da sua exploração, sob os pontos de vista económico, social e ambiental, levou a que fosse desenvolvido o projecto "Cartografia temática do anticlinal como instrumento de ordenamento do território e apoio à indústria extractiva", co-financiado pela CE.

O estudo compreendeu a execução de três fases de intervenção nomeadamente:

➤ Fase A. Cartografia Temática

Subfase 1 – Estudo Geológico

Subfase 2 – Estudo Hidrogeológico

➤ Fase B. Estratégia para o Planeamento e Reordenamento da Actividade Extractiva

➤ Fase C. Zonas preferenciais para a abertura de uma exploração subterrânea

A FASE B compreende inicialmente uma caracterização sócio- económica das três unidades de ordenamento onde se localizam os núcleos de exploração: Cruz dos Meninos/Glória (UNOR 1), Carrascal/Encostinha (UNOR 2) e Vigária Monte D'El Rei (UNOR 3). Após esta breve caracterização construiu-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com toda a informação geológica e ambiental de forma a delimitar zonas com aptidão para a exploração e expansão da actividade extractiva, bem como zonas passíveis de serem aproveitadas para a implantação de pequenos pólos de apoio a esta indústria, traduzindo-se assim, num reordenamento dos núcleos abrangidos pelo estudo.

Para alcançar o objectivo pretendido optou-se pelo desenvolvimento de uma aplicação prática de um modelo SIG, desenvolvido no *Software Geomedia Pro4* da *Intergraph* e *ArcView 3.2* da *Environmental System Reserch Institute (ESRI)*.

Para tal procedeu-se à recolha de informação espacial a partir de ortofotomapas, mapas, observações de campo e toda a informação necessária para a construção da Base de Dados, nomeadamente no que se refere ao modo de arquivo estruturado e aos atributos descritivos.

A informação recolhida, geográfica e alfanumérica, foi agrupada em Cartas de Síntese e de Aptidão, Instrumentos de Ordenamento e Dados de Campo, tendo-se posteriormente transformado a maior parte da informação, que se encontrava em formato analógico, em formato digital, tendo-se para tal usado o *Software Geomedia Pro4*.

Para a geo- referenciação da informação foi adoptado o sistema de coordenadas Hayford- Gauss do IGEOE, sistema de projecção Transverse Mercator, Datum de Lisboa.

Este modelo SIG foi estruturado em quatro etapas, tendo sido na primeira efectuada uma *Carta de Risco Geoeconómico*, à escala 1/5000, a partir dos dados do Estudo Geológico e utilizando os parâmetros Litologia, Fracturação e Estrutura, que definiu áreas de aptidão para a actividade extractiva bem como áreas passíveis de serem recuperadas.

Na segunda etapa, foi criada uma *Carta de Sensibilidade Ambiental* para cada descritor em análise. Na terceira etapa, tendo por base a identificação de constrangimentos legais construiu-se a *Carta de Zonamento de Exclusão*.

A quarta etapa foi construída cruzando-se a informação das *Cartas de Risco Geoeconómico e da Carta de Sensibilidades Ambientais do descritor Hidrogeologia*, de modo a obter um mapa final, *Carta de Reordenamento*, que sirva como instrumento relevante na tomada de decisão da gestão e planeamento da actividade extractiva.

Como exercício de aplicação e numa primeira abordagem, outros descritores ambientais foram analisados com vista a uma futura aplicação de metodologias que permitam a classificação nas UNOR de zonas mais ou menos favoráveis à exploração de mármoles prevendo ao mesmo tempo a aplicação de medidas minimizadoras dos impactes causados por este tipo de actividade. Neste sentido e em trabalhos futuros prevê-se a elaboração de *Cartas de Reordenamento* que cruzem toda a informação disponível relativamente ao risco geoeconómico e às sensibilidades ambientais.

A metodologia aplicada revelou-se uma ferramenta eficaz no apoio ao desenvolvimento sustentável da actividade extractiva, contribuindo decisivamente para o equilíbrio entre os pilares económico, ambiental e social, onde assenta aquele conceito.

O IGM tenciona continuar a apoiar a indústria extractiva em outras áreas onde ela assume um papel economicamente relevante (MCE, V.P. Aguiar) através do desenvolvimento de projectos deste tipo, possibilitando ainda a implantação de novas metodologias de ordenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CE, *Promoting Sustainable Development in the EU Non- Energy Extractive Industry*, COM (2000) 265, Brussels, May 2000.

Martins, L., *Recursos Minerais e Ordenamento do Território: a Situação de Portugal no Actual Contexto da União Europeia*, La Minería en el

Contexto de la Ordenación del Territorio, R. Villas - Bôas e R. Page, eds., pp. 236- 247, Rio de Janeiro, 2002.

Martins, L., Regueiro, M., Arvidsson, S., *Mining in Europe: the Future*, Documents du BRGM 297, pp. 24-27, BRGM, Orléans, Novembro de 2000.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE LA FORMACIÓN CALIZA  
URBANA EN LA PROVINCIA DE JAÉN, PARA SU EMPLEO  
COMO ROCA ORNAMENTAL**

*Manuel Regueiro y González-Barros*  
(Instituto Geológico y Minero de España),  
*Javier Escuder Viruete*  
(Dpto de Petrología y Geoquímica. Universidad  
Complutense de Madrid)

---

**ANTECEDENTES**

Este proyecto se incorpora al conjunto de proyectos amparados bajo el Convenio Marco de Asistencia Técnica suscrito por el Instituto Geológico y Minero de España y la Excma. Diputación Provincial de Jaén de fecha 27 de octubre de 1981 en un Convenio Específico para el Desarrollo del Programa de Asistencia Técnica del ITGE a la Excma. Diputación Provincial de Jaén (Junio 1998-1999-2000).

**OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La Formación Caliza Urbana aflora en diversos puntos del borde Sur y Sudoeste de la Hoja del MTN nº 863 "Aldeaquemada", en la Provincia de Jaén (España). A continuación se presentan los objetivos de la investigación de toda la Formación Caliza Urbana detectada en la zona de interés.

- Estudio de la situación de los derechos mineros de las zonas donde aflora la Caliza Urbana.
- Investigación preliminar de los afloramientos de mármoles en la zona. Preselección de zonas.
- Solicitud de Permiso de Investigación de la zona o zonas preseleccionadas.
- Cartografía de la Formación Caliza Urbana en las zonas preseleccionadas del sector sur de la Hoja MTN nº 863

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

“Aldeaquemada”. Municipios de Aldeaquemada, Vilches, Navas de San Juan y Santisteban del Puerto.

- Estudio de la disposición geológica del yacimiento de mármoles y su variabilidad en la horizontal y en la vertical.
- Caracterización del nivel marmóreo para evaluar su posible aptitud para su empleo como roca ornamental.

## **SITUACIÓN GEOGRÁFICA**

La zona estudiada pertenece geográficamente a la Hoja nº 863 del MTN a E. 1:50000 de Aldeaquemada. La Hoja de Aldeaquemada se localiza en el sector centro-meridional de la Península Ibérica, justo en plena Sierra Morena oriental, que marca el límite morfológico entre la Meseta Castellano-Manchega y el Valle del Guadalquivir. Desde un punto de vista administrativo, la mitad septentrional de la Hoja pertenece aproximadamente a la provincia de Ciudad Real y la meridional a la de Jaén. La zona estudiada se incluye en los términos municipales de Aldeaquemada, Vilches, Navas de San Juan y Santisteban del Puerto.

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y TRABAJOS REALIZADOS**

Para la realización de los diferentes objetivos perseguidos por este proyecto de investigación, se ha seguido una metodología de trabajo, cuyas diferentes fases se describen a continuación:

### **FASE 1**

**1. Recopilación, Ordenación y Tratamiento de la Información Geológico-Minera:** Se prestó especial interés en la localización de documentos y datos procedentes de organismos oficiales tales como el propio IGME, el Ministerio de Obras Públicas, Servicios de Minas, etc., y de compañías mineras o usuarios de materias primas de esta naturaleza (constructoras, etc.).

**2. Estudio del Dominio Minero en la Zona de Interés:** se realizó un estudio exhaustivo de los derechos mineros existentes en las zonas donde afloran los materiales objeto de la investigación, con objeto de determinar la disponibilidad de terrenos francos y registrables sobre los que acometer los estudios subsiguientes. Para ello se visitaron las Jefaturas de Minas afectadas y se elaboró un plano del catastro minero de la zona de interés.

**3. Investigación Preliminar de los Afloramientos de Mármoles. Preselección de Zonas y Solicitud de Permiso de Investigación:** tras la revisión de la situación minera, se llevó a cabo un estudio preliminar de los afloramientos marmóreos con objeto de realizar una preselección preliminar de zonas de interés. Con dichos datos se elaboró una propuesta de terrenos sobre los que se debería solicitar el correspondiente permiso de investigación. La propuesta fue acompañada de una guía básica para la redacción del proyecto de investigación y el procedimiento administrativo a seguir.

**4. Seguimiento Fotogeológico de las Formaciones Favorables a Escala 1:18.000:** las transversales donde se pudieron observar mejor las características de la roca, sirvieron de base para un seguimiento lateral de la capas favorables, sobre fotografía aérea de escala 1:18.000. Esto se hizo con el fin de asegurarse de que existía una corrida suficiente que garantizase un mínimo volumen de recursos.

**5. Cartografía Geológico-Minera:** esta cartografía se apoyó en las técnicas geológicas auxiliares habituales, tales como estudio petrográfico de láminas delgadas de roca, sedimentología, etc. La cartografía se realizó a escala 1:5.000, analizándose todos los factores siguientes:

- Estratificación, buzamientos.
- Potencia de capa.
- Cambios de potencia y de facies.
- Meteorización.
- Karstificación.
- Recubrimientos.
- Pliegues.
- Grado metamórfico

**6. Levantamiento de Perfiles Litológico-Estructurales:** en aquellas transversales que presentaban mejores condiciones de afloramiento, y con el fin de llegar a un conocimiento cabal de las series estratigráficas con potencial geológico-minero, se realizaron perfiles litológico-estructurales escala 1:5.000. Durante la ejecución de dichos perfiles se prestó especial atención a los siguientes factores:

- Composición litológica.
- Color de la roca.
- Textura.
- Tamaño de grano
- Recristalización
- Orientación de los cristales.
- Impurezas.
- Microfracturación
- Replegamiento a mesoescala.

**7. Estudio Fotogeológico de la Fracturación:** como es sabido, uno de los principales factores limitantes de la explotabilidad de un yacimiento de rocas ornamentales, es la facturación. Es por ello fundamental, tener en consideración este factor desde las primeras fases de cualquier prospección. Simultáneamente al seguimiento fotogeológico de las formaciones, se realizó un estudio de la facturación a macro y meso escala, que permitió desechar aquellas zonas que a priori, están más fracturadas.

**8. Muestreo Selectivo y Ensayos:** a la vista de los indicios y yacimientos reconocidos, se hizo un muestreo de aquellos que se consideraron más interesantes por su volumen y recursos. Las muestras se someterían a los pertinentes ensayos tecnológicos de caracterización. En esta fase de los trabajos, los ensayos a realizar fueron los siguientes:

- Serrado y pulido de plaquetas.
- Absorción de agua y peso específico.
- Resistencia al choque.
- Choque térmico.

## FASE 2

**1. Campaña de Sondeos:** La obtención de datos en profundidad o en zonas recubiertas, se hizo mediante sondeos mecánicos con recuperación de testigo. La selección de los lugares para la ejecución de estas labores, se llevó a cabo de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior. En determinadas zonas favorables se propusieron algunos sondeos tácticos de reconocimiento con objeto de establecer las zonas más favorables para la explotación del posible yacimiento, donde realizar trabajos adicionales. El estudio de los testigos de sondeo incluyó la medida de la facturación de la roca utilizándose al menos los siguientes parámetros:

- RQD (*Rock Quality Index*)
- nº de fracturas por metro
- % de recuperación de testigo.

Se realizaron un total de 5 sondeos en diferentes puntos de la zona cartografiada y con las siguientes características:

- Sondeo 1. Colmenar de la Ballestera. 61,4 m. Inclinado.
- Sondeo 2. Colmenar de la Ballestera. 114,30 m. Inclinado.
- Sondeo 3. El Casar-Rio Guarrizas. 136,55 m. Vertical.
- Sondeo 4. Camino zona La Despreciada. 55 m. Inclinado.
- Sondeo 5. Cantera La Despreciada. 55 m. Inclinado.

**2. Ensayos Tecnológicos:** Las muestras obtenidas de los sondeos se sometieron a trenes de ensayos normalizados según normas UNE. Los ensayos realizados fueron los que el tipo y tamaño de muestra obtenida permitió que en general fueron los siguientes:

- Absorción y Peso específico aparente. UNE 22 182 85
- Resistencia a las heladas. UNE 22 184 85
- Resistencia a la compresión. UNE 22 185 85
- Resistencia a la flexión. UNE 22 186 85
- Microdureza Knoop. UNE 22 188 85
- Resistencia al choque. UNE 22 189 85
- Resistencia a los cambios térmicos. UNE 22 193 85

- Coordinadas cromáticas tras los ensayos.
- Plaqueta pulida.

Se ha realizado un total de 6 baterías de ensayos tecnológicos sobre muestras de los testigos de los sondeos 2, 3 y 4, con un total de 69 ensayos.

**3. Memoria y Documentos Auxiliares:** Todas las labores realizadas se incluyen en este documento de síntesis, que cubre todos los aspectos mencionados en cada uno de los apartados anteriores. Esta memoria se acompaña de todos los planos, figuras, fotografías, testificaciones, ensayos, etc.

La memoria incluye un apartado breve y conciso, que detalle las principales conclusiones y las recomendaciones para trabajos posteriores.

### RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

- La Formación Caliza Urbana en una formación de edad Ordovícico Superior, cuyos afloramientos aparecen de manera discontinua al norte de la Provincia de Jaén, siguiendo la macroestructura geológica general. La potencia de la *Caliza Urbana* es muy variable debido a la existencia de una discordancia erosiva a techo, desapareciendo lateralmente sin aparentes cambios de facies. En el sector estudiado, la potencia observada oscila entre 0 y 20 m. Los afloramientos de la *Formación Caliza Urbana* aparecen dispersos en la zona meridional de la Hoja de Aldeaquemada, en sectores diversos como el Río Guarrizas, el arroyo de Los Tejos, el arroyo de Venero, el cerro de las Minas, etc. Dentro de la Hoja se localizan también afloramientos en su extremo NE, en el sector del arroyo de Los Canjorros-Río Guadalén. De todos los afloramientos existentes se investigaron los siguientes en la 1º fase del proyecto:

Afloramiento I: Cantera La Despreciada;

Afloramiento II: El Casar-Río Guarrizas;

Afloramiento III: Puntal Agrio;

Afloramiento IV: Arroyo de Los Tejos;

Afloramiento V: La Ballesterá;

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Afloramiento VI: Casa de Los Tejos;

Afloramiento VII: Sierra Ventosa; y

Afloramiento VIII: Arroyo La Alamedilla.

En general, la *Formación Caliza Urbana* aparece en todos ellos formando cuerpos lenticulares de entre 5 y 40 m de espesor, y variable extensión lateral, que llega a ser de orden kilométrico. Estas relaciones son debidas a la existencia a techo del nivel carbonatado de una discordancia erosiva, que ha eliminado parte de su espesor original. Litológicamente la Caliza Urbana está constituida por calizas marmóreas detríticas muy recristalizadas (calcarenitas), en ocasiones bioclásticas (biocalcarenitas), de color gris a gris-blanco y aspecto para los bancos masivo, en estratos de espesor centimétrico-decimétrico y, localmente, métrico. De manera muy frecuente aparecen dolomitizadas en grado y extensión variable pudiendo llegar a afectar prácticamente de forma total a todo el nivel carbonatado, como es el caso de los Afloramientos de El Casar-Río Guarrizas, o La Ballestera. En varios sectores, la dolomitización afecta preferentemente los estratos situados estratigráficamente a techo de la serie, aunque se han observado frentes de dolomitización de geometría más irregular, o con un desarrollo vertical, afectando a todos los niveles carbonatados. La dolomitización da lugar a una transformación mineralógica y textural completa de las calizas, dando lugar a dolomitas calcíticas (50-90% dolomía) y dolomías (90-100% dolomía), de tonos ocres y amarillos, menos frecuentemente rosados, de tamaño de grano medio a grueso. De forma característica, las dolomías presentan bandas oquerosas debido a la creación de huecos durante el proceso, que resultan posteriormente rellenados por agregados de cristales romboidales de dolomía de gran tamaño. Probablemente, la dolomitización estuvo relacionada con el movimiento de fluidos a través de la zona de mezcla de aguas meteóricas y marinas, dentro de la zona freática de la plataforma carbonatada donde tuvo lugar el depósito previo de los carbonatos.

Desde el punto de vista estructural la zona estudiada se localiza en el sector meridional de la Zona Centro-Ibérica y presenta estructuras correspondientes a la 1ª Fase de deformación hercínica, consistentes en pliegues ONO-ESE a gran escala, vergentes al S, que llevan asociada la formación de una esquistosidad S1 de plano axial

penetrativa y una lineación de intersección L1 subhorizontal. La zona estudiada queda situada dentro de un sinclinal compuesto de F1 de escala kilométrica. La estructuras formadas posteriormente son zonas de cizalla dúctil-frágiles y fracturas frágiles, que se relacionan con una 2ª Fase de deformación hercínica consistente en un acortamiento regional E-O. Se producen además pliegues transversales, de dirección norteada, que originan una interferencia de plegamiento del tipo de domos y cubetas. En la zona estudiada esta fase produce ondulaciones en las zonas de charnela de las grandes estructuras de F1, inmersiones contrarias para sus ejes al ONO y ESE y, principalmente, cizallamientos N60°E-N70°E dextrales que intersectan y desplazan los pliegues D1.

La evolución estructural continua con una 3ª Fase de deformación hercínica/tardi-hercínica, relacionada con un episodio de acortamiento NNESSO a N-S, que origina un sistema de fallas subverticales conjugadas. Este episodio es el de mayor desarrollo e importancia en la formación de estructuras frágiles en el la zona estudiada a todas las escalas. Asociadamente, intruye un conjunto de diques y filones rellenos de cuarzo, baritina, apatito, carbonatos y óxidos de Fe-Mn. Durante los trabajos de cartografía y muestreo de la primera fase se realizó una primera valoración de la fracturación de los afloramiento estudiados que dio el siguiente resultado:

Índice de Fracturación obtenido en las estaciones.

Estación	Litología	IF-Total	Jv
Cantera La Despreciada	Calizas marmoreas	0,37	0.05
El Casar-Río Guarrizas	Dolomías marmoreas	1,11	1.36
Puntal Agrio	Calizas marmóreas	0,38	0.05
Arroyo de Los Tejos	Calizas marmóreas	1,23	1.86
La Ballestera	Dolomías marmóreas	1,18	1.64
Sierra Ventosa	Dolomías marmóreas	0,61	0.22
Arroyo La Alamedilla	Dolomías marmóreas	0,94	0.83

La fracturación medida es inferior a 2 fracturas por metro lineal en todos los afloramientos, que equivale a un índice de

fracturación inferior a 2, por lo que, en principio sería posible la obtención de bloques comerciales medianos a grandes.

De esa primera fase, las muestras obtenidas en afloramientos fueron sometidas a una serie de ensayos tecnológicos sobre las diferentes tipologías identificadas.

De los resultados de los ensayos tecnológicos sobre dichas muestras, se pudo concluir que las propiedades físico-mecánicas de los mármoles dolomíticos y los mármoles calcáreos eran muy dispares pero similares a los valores de los que se utilizaron de mármoles de referencia. De los afloramientos investigados y en base a todo lo anterior y a consideraciones de accesibilidad, se seleccionaron los siguientes para profundizar las investigaciones en la segunda fase del proyecto y ejecutar la campaña de sondeos:

- Afloramiento I: Cantera de La Despreciada;
- Afloramiento II: El Casar-Río Guarrizas;
- Afloramiento V: La Ballestera;

La obtención de datos en profundidad o en zonas recubiertas, se hizo mediante sondeos mecánicos con recuperación de testigo. La selección de los lugares para la ejecución de estas labores, se llevó a cabo de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase anterior. En determinadas zona favorables se propusieron algunos sondeos tácticos de reconocimiento con objeto de establecer las zonas más favorables para la explotación del posible yacimiento, donde realizar trabajos adicionales. El estudio de los testigos de sondeo incluyó la medida de la facturación de la roca utilizándose al menos los siguientes parámetros:

- RQD (Rock Quality Index)
- nº de fracturas por metro
- % de recuperación de testigo.

Se realizaron un total de 5 sondeos (422,25 m) en diferentes puntos de la zona cartografiada y con las siguientes características:



- Sondeo 1. Colmenar de la Ballestera. 61,4 m. Inclinado.
- Sondeo 2. Colmenar de la Ballestera. 114,30 m. Inclinado.
- Sondeo 3. El Casar-Rio Guarrizas. 136,55 m. Vertical.
- Sondeo 4. Camino zona La Despreciada. 55 m. Inclinado.
- Sondeo 5. Cantera La Despreciada. 55 m. Inclinado

En las columnas de sondeos obtenidos de la Formación Caliza Urbana se han reconocido cuatro facies generales de mármoles y calizas marmóreas. Estas facies son:

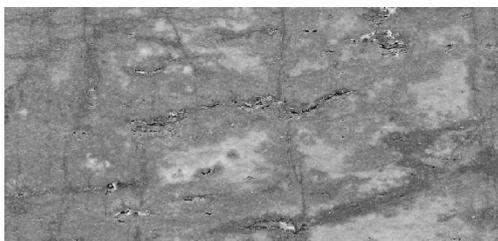
- Facies 1. Mármoles blancos, bandeados, calcíticos.
- Facies 2. Mármoles ocre y cremas, oquerosos, dolomíticos.
- Facies 3. Mármoles tostados y ocre oscuros, muy oquerosos, con abundantes rellenos drúsicos calcíticos (coqueras)
- Facies 4. Mármoles microbandeados, blanco-verdosos, con fósiles e intraclastos, calcíticos y dolomíticos



Tipo/Facies  
1. Blanco fajeado.  
Calcítico



Tipo/Facies  
3. Marrón.  
Dolomítico



Tipo/Facies  
2. Crema

El sondeo S-1 (La Ballestera) está formado de base a techo por unos 6-8 m de la Facies 2 de mármoles, sobre los que se superponen 15-20 m de la Facies 1, con algunas pasadas intercaladas de la Facies 2.

El sondeo S-2 (La Ballestera) está esencialmente formado por 90-100 m de la Facies 2 de mármoles, en ramos bastante masiva y homogénea, en la que se intercalan tramos de 1-5 m de potencia de la Facies 1.

El sondeo S-3 (Zona el Casar-Rio Guarrizas) resulta ser litológicamente bastante heterogéneo. Se inicia a la base con 7-8 m de la Facies 3 de mármoles, siguen unos 80 m de alternancias de las Facies 1 y 2, generalmente en tramos de potencia métrica, y finaliza a techo con 8-10 m de a Facies 1, bajo unos 25 m de pizarras negras de la *Formación Chavera*.

El sondeo S-4 (Camino, zona de La Despreciada) está constituido por unos 45-50 m de mármoles de la Facies 1, en sectores de aspecto muy bandeado, en otro más blanco masivo, en el que se intercalan tramos de 1-3 m de la Facies 2.

El sondeo S-5 (Cantera La Despreciada) está constituido por sólo 16 m de intercalaciones de mármoles de la Facies 1 y 2, pasando rápidamente a pizarras verdes de la base de la serie. A techo presenta un manto de 5 m de rocas volcánicas muy alteradas sobre el que aparece un suelo antrópico (escombrera de la cantera) y un coluvión también con 5 m de espesor. Los resultados de la zonación litológico-estructural realizada en los testigos de la campaña de sondeos han permitido proponer el afloramiento de La Ballestera, perforado por el S-2, como el más favorable desde un punto de vista geomecánico para la explotación de los mármoles de la Facies 2. Se ha realizado un estudio de la distribución espacial de las dos principales facies de mármoles distinguidas en la zona estudiada por modelización geoestadística en dos (2-D) y tres dimensiones (3-D). La modelización permite también el realizar una correlación lateral de estas dos facies de mármoles distintas entre los sondeos, visualizar su estructura en 3-D (previamente al plegamiento de F1 Hercínica) y cuantificar el volumen de reservas aproximado para cada facies. De esta forma, se ha estimado entre los sondeos S-4 y S-2 un volumen de roca de la Facies 1 de 572 955 264 m<sup>3</sup>. El volumen de la Facies 2 calculado siguiendo un proceso similar es de 177 847 168 m<sup>3</sup>.

De las muestras obtenidas por medio de los sondeos se realizaron una nueva serie de ensayos tecnológicos para caracterizar los materiales marmóreos. De los resultados de los ensayos realizados se puede deducir que los materiales dolomíticos presentan por lo general un comportamiento físico-mecánico aceptable y comparable con productos del mercado, mientras que los materiales calcíticos presentan propiedades bastante inferiores a las de los productos comerciales. Las plaquetas pulidas realizadas demuestran que los materiales ensayados tienen una excelente aptitud al pulido y que su aspecto comercial es bueno a muy bueno en particular los mármoles dolomíticos crema. Se propone para estos materiales la posible denominación de "Crema Jaén". En la zona de Colmenar de la Ballestera se ha realizado una estimación por el método de secciones entre los sondeos 1 y 2, ya que, como demuestra la investigación por

sondeos este afloramiento es el más favorable desde un punto de vista geomecánico para la explotación de los mármoles de la Facies 2 (mármoles dolomíticos crema).

Se ha considerado un tramo explotable de 50 m de mármoles de la Facies 2 y 3 de acuerdo con la testificación geológico-mecánica de los sondeos 1 y 2. El volumen de reservas potencialmente explotables se estima entre los sondeos 1y 2 en 2 136 775 m<sup>3</sup> equivalentes a 5,7 Mt de mármoles dolomíticos crema (Facies 2 y 3).

Con objeto de confirmar a escala minera las conclusiones de este estudio, se recomienda la realización de una campaña de sondeos en malla cerrada en la zona seleccionada, así como en otros posibles zonas de explotación (El Casar-Rio Guarrizas) donde existen abundantes recursos de materiales marmóreos similares de la Facies 2.

## PROJETO EMINE: UM MODELO DE EBUSINESS IDEAL PARA O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

*Giorgio de Tomi, Helio Camargo Mendes, Henrique Ceotto*  
Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra  
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo,  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
[lapol@usp.br](mailto:lapol@usp.br)

---

### RESUMO

O *eMine* é um projeto de pesquisa aplicada consolidando conhecimentos de Marketing, *eBusiness*, Mineração e Informática, tendo como tema a utilização eficaz da Internet para a distribuição da produção mineral brasileira e focalizando um Estudo de Caso, o das rochas ornamentais do Estado da Bahia.

O segmento nacional de Rochas Ornamentais movimenta US\$ 2 bilhões/ano, exporta cerca de US\$ 350 milhões, emprega mais de 100 mil brasileiros e está em franco processo de crescimento, sendo capaz de gerar um grande número de novos empregos com baixo investimento, mas enfrenta um mercado extremamente competitivo. Qualquer esforço que conduza à modernização e permita aumentar a competitividade das rochas ornamentais brasileiras tende, portanto, a apresentar um retorno sócio-econômico importante. E o *eBusiness* pode contribuir significativamente e com investimentos reduzidos para esse esforço.

O projeto *eMine* formulará esse modelo ideal, que será testado em um "site" experimental, integrando a Pedreira-Escola, situada na Bahia, alguns produtores da região e as principais empresas de sua rede de distribuição. A Bahia é a melhor escolha porque tem um enorme potencial produtivo inexplorado, situado em uma das regiões mais carentes do país, mas se empenha sobremaneira para transformar esse potencial em empregos e riqueza. Esse empenho determinou, entre outras iniciativas e realizações, a instalação da Pedreira-Escola para formação de mão de obra qualificada, que é o laboratório mais adequado para esta pesquisa de *eBusiness*.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

O projeto de pesquisa é proposto por entidades de competência e boa reputação técnica, o Depto de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP e o CETEM, em parceria com a CBPM e a iniciativa privada. Essas entidades proponentes comporão uma equipe multidisciplinar de cerca de 10 pesquisadores e profissionais capacitados para desenvolvimento do projeto de pesquisa no prazo de 18 meses.

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Internet já vem sendo há muito apontada como um canal de vendas alternativo de baixo custo que, quando aplicado à comercialização de produtos, amplia a abrangência geográfica, a carteira de clientes e as vendas das empresas. Tais benefícios são especialmente percebidos pelas empresas que operam fora dos grandes centros consumidores, como é o caso das mineradoras.

A utilização da Internet como canal de distribuição de produtos minerais, na verdade, não é desconhecida na Mineração, sendo praticada por um conjunto restrito de empresas, que operam "sites" e portais de alcance limitado, focados na venda à varejo de produtos finais. Tal quadro inibe a obtenção de ganhos de produtividade globais, pois exclue do processo as mineradoras, principalmente as pequenas, bem como seus agentes logísticos.

Para promover o uso eficaz da Internet no Setor é necessário formular novos conceitos e propor um modelo ideal, mais abrangente em termos de recursos, mais adequado à realidade brasileira e capaz de integrar toda a cadeia produtiva. Entretanto esse empreendimento está além da competência das empresas e das entidades empresariais, que não possuem vocação e não dispõem de recursos humanos com perfil adequado para sua condução.

O desenvolvimento de um modelo de *eBusiness* ideal não é uma tarefa trivial e, muito menos, um trabalho que possa ser solucionado exclusivamente com competência em informática.

A concepção de processos eletrônicos aderentes às práticas comerciais já consolidadas no Setor, o equacionamento do relacionamento via Internet com fornecedores de serviços de logística

e o desenvolvimento de soluções realísticas e vantajosas para os diversos participantes da cadeia produtiva, requerem outros tipos de competência. E, embora todos esses aspectos técnicos sejam muito importantes, não são os mais relevantes. A aceitação pelo mercado, a quebra de paradigmas, a solução de conflitos entre os novos processos e as práticas existentes, a difusão da cultura e outras questões dessa natureza se apresentam como barreiras superiores.

Assim, a complexidade dessas questões exige um estudo cuidadoso e a formulação de um modelo que compreenda soluções harmoniosas para os múltiplos aspectos envolvidos, demandando o aporte de conhecimentos multidisciplinares e o concurso de pesquisadores experientes.

Tal é o desafio do Projeto *eMine*, que terá uma abordagem de Estudo de Caso, tendo como cenário o Segmento de Rochas Ornamentais do Estado da Bahia.

Essa abordagem garantirá a aplicabilidade do modelo em condições reais e sua portabilidade para diversos outros segmentos do Setor Mineral, por exemplo o de rochas para construção civil, que também se caracteriza pela atuação de um grande número de pequenas empresas, como pedreiras, portos de areia e caieiras.

#### **IMPORTÂNCIA DO SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

O segmento de Rochas Ornamentais brasileiro movimenta mais de US\$ 2 bilhões/ano, considerando-se a comercialização nos mercados interno e externo, bem como as transações com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e serviços. Em 2002 as exportações do segmento representaram cerca de US\$ 340 milhões, correspondentes a 1,26 milhões de toneladas, que classificaram o Brasil como o 5º maior exportador mundial. Em 2006 projeta-se as exportações no patamar de US\$ 600 milhões, considerando-se o crescimento de 14% a.a., equivalente à média dos últimos 5 anos. Por outro lado, a demanda de rochas ornamentais no mundo é crescente e evolui a uma taxa de 7 % a.a., bastante superior ao índice de crescimento da economia mundial.

Desse modo há muito espaço para crescimento da produção e da exportação das rochas ornamentais brasileiras. Além da sua relevância econômica, o segmento apresenta uma importante contribuição social, gerando mais de 105 mil empregos diretos em cerca de 10.000 empresas. E a produção de rochas ornamentais se caracteriza pela atuação de um grande número de empresas de pequeno porte e pela aplicação de mão de obra intensiva, destacando-se como um segmento de elevada capacidade de geração de empregos com baixo volume de investimento. Mas seu grande desafio é a modernização. Em 2002 cerca de 63 % do total exportado pelo país era ainda constituído de blocos brutos, sem processamento. O processamento agrega muito valor ao produto mineral, valorizando-o em até 4 vezes, entretanto sua competitividade está atrelada ao emprego de equipamentos eficientes, à utilização de técnicas atualizadas, ao aprimoramento dos processos e à capacitação dos recursos humanos.

### **O CENÁRIO DA BAHIA**

A Bahia se situa no panorama nacional como o terceiro estado produtor de rochas ornamentais, tendo produzido 490 mil toneladas em 2002 (U\$ 300 milhões) e exportado cerca de U\$ 18 milhões, relativos a um montante de 107 mil toneladas. Tal desempenho foi obtido por 63 empresas de extração e beneficiamento, que ofertaram cerca de 1.100 empregos diretos.

Esse desempenho é entretanto pequeno frente à capacidade já instalada (14.300 m<sup>3</sup>/mês de blocos) e, muito mais ainda, frente ao potencial inexplorado das reservas da Bahia, que possui 2/3 dos seus 560.000 km<sup>2</sup> extremamente favoráveis à prospecção e à pesquisa de granitos de excelente qualidade. Além disso, a exportação da Bahia é hoje baseada quase exclusivamente em blocos brutos, sem beneficiamento da rocha. A Bahia possui cerca de 50 teares para beneficiamento, enquanto o Espírito Santo, maior produtor nacional, possui mais de 900.

Tal cenário deve ser atribuído principalmente à falta de recursos e de conhecimentos tecnológicos, mas também ao emprego de processos comerciais e administrativos ultrapassados e

inadequados ao mercado globalizado. E a exploração das rochas ornamentais baianas representa um potencial de desenvolvimento social inestimável, subutilizado, mas capaz de promover o crescimento econômico auto-sustentado de uma das regiões mais carentes do país, o semi-árido. A intensificação da comercialização de rochas ornamentais, além de propiciar emprego e maior renda para a região, possibilitaria a interiorização da atividade industrial, fixando a população no interior e contribuindo para a desconcentração dos centros urbanos. Ao mesmo tempo, esse incremento de atividade teria um impacto ambiental desprezível, dadas as características naturais do semi-árido.

Felizmente nos últimos anos vêm sendo realizados trabalhos para modificar esse cenário, congregando esforços do governo estadual, através da Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, bem como da iniciativa privada. Entre tais esforços destaca-se a inauguração em 2002 da Pedreira-Escola, por iniciativa do CETEM e da CBPM, em parceria com o SIMAGRAN-BA e com o apoio da Mineração Corcovado, que disponibilizou parte de sua jazida de "granito Beija-Flor", para a instalação da frente de lavra do projeto. O objetivo da Pedreira-Escola é ser um centro de formação, treinamento e aperfeiçoamento de mão de obra especializada.

#### **A INTERNET NO SEGMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

Diversas empresas atuantes no Segmento de Rochas Ornamentais exibem "sites" próprios na Internet, enquanto já existem mais de 3 portais de comércio eletrônico dedicados exclusivamente às rochas ornamentais.

Os "sites" empresariais são basicamente direcionados à divulgação institucional e à promoção da linha de produtos, apresentando adicionalmente facilidades para cadastramento de clientes e envio de "e-mails". Poucos produtores entretanto têm presença na WEB. As distribuidoras e as marmorarias utilizam mais a Internet, enquanto exibem "sites" com recursos um pouco mais evoluídos, como formulários para solicitação de cotação. Uma análise superficial dos "sites" empresariais sugere que seus recursos de e-commerce, quando existentes, sejam mais direcionados para

compradores eventuais, não possuindo de modo geral facilidades para integração com os clientes e com os canais regulares de distribuição (representantes e distribuidores), nem alcance para interação com sistemas de logística.

Os principais portais especializados em rochas ornamentais - Caminho das Pedras, Marble, e Petracus (CETEMAG, SINDIROCHAS e Liga One Sistemas) - exibem conteúdo informacional relevante, catálogos de empresas do segmento e suporte para cotação. Todos esses portais têm como base o estado do Espírito Santo, primeiro estado produtor no "ranking" nacional. Mas a concepção desses portais sugere igualmente um forte direcionamento para compradores eventuais, não prevendo suporte transacional e informacional para as operações mais complexas de e-commerce *B2B*. O modelo de *eBusiness* estabelecido no segmento de Rochas Ornamentais pode produzir ganhos para diversas empresas, mas não tornará esse segmento mais competitivo, porque não oferece recursos para consolidação da cadeia produtiva e nem para redução efetiva dos custos de comercialização e distribuição, pelos seguintes motivos:

- Os produtores de rocha, principalmente os pequenos, estão excluídos do processo;
- A interação eletrônica com clientes regulares não é suportada nesse modelo. Tal interação consolidaria as parcerias comerciais através de melhoria na qualidade dos serviços e do compartilhamento de reduções de custos de logística e, conseqüentemente, ampliaria o volume de comercialização;
- A interação eletrônica com os canais de vendas convencionais, que pode reduzir custos, agilizar a colocação de produtos no mercado e ampliar o potencial de comercialização, também não é suportada;
- A interação com os fornecedores de serviços de logística de distribuição, como transportadores e agentes de exportação, que pode reduzir os custos de distribuição, igualmente não é suportada.

## **OBJETIVOS DO PROJETO EMINE**

O objetivo do projeto eMine é formular e viabilizar a implementação de um modelo de *eBusiness* ideal para a mineração brasileira, com foco no segmento de Rochas Ornamentais, capaz de integrar toda a cadeia produtiva e promover sua competitividade. Tal objetivo se desdobra nas seguintes metas, mais tangíveis:

- Pesquisar o panorama cultural, técnico e econômico do segmento de Rochas Ornamentais, com base no cenário do Estado da Bahia, elaborando um modelo ideal para a divulgação, comercialização e distribuição de produtos via Internet;
- Demonstrar a viabilidade socio-tecnológica-econômica do modelo de eBusiness ideal através de um projeto piloto capitaneado pela Pedreira-Escola, envolvendo alguns produtores de rochas e empresas comerciais atuantes no segmento;
- Formar pesquisadores e profissionais em eBusiness para atuação junto à comunidade de Rochas Ornamentais, como assessores e instrutores;
- Informar e capacitar profissionais das empresas líderes do segmento para o processo decisório relacionado aos projetos de eBusiness (formadores de opinião);
- Propiciar o futuro desenvolvimento de eMarketplaces de rochas ornamentais equipados e aparelhados para a integração de toda a cadeia produtiva do segmento;
- Desenvolver uma solução para minimizar a exclusão digital das pequenas empresas atuantes no segmento.

## **PARCEIROS**

Depto de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP

*CETEM (Centro de Tecnologia Mineral)*

*CBPM (Companhia Baiana de Pesquisa Mineral)*

*SIMAGRAN-BA (Sindicato da Indústria de Mármoles, Granitos e Similares do Estado da Bahia)*

*ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais)*

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

## METODOLOGIA

A metodologia de execução do projeto *eMine* inclui as seguintes etapas:

**Plano Diretor do Projeto:** Compreende a preparação e o planejamento detalhado do projeto, tendo uma duração estimada em cerca de 2 meses

**Análise de Mercado:** Mapeamento do segmento de Rochas Ornamentais no Estado da Bahia com vistas à elaboração do modelo de eBusiness, com duração de cerca de 4 meses.

**Modelo Preliminar:** Construção do modelo de eBusiness ideal inicial através de “work-shops” envolvendo a Equipe do Projeto, com duração aproximada de 2 meses. O produto final desta etapa será um documento consolidando o Plano Estratégico, o Modelo Preliminar e o Estudo de Viabilidade.

**Projeto Piloto:** Desenvolvimento e operação de um “site” experimental integrando a Pedreira-Escola, alguns produtores de rocha ornamentais da região e as principais empresas da sua rede de distribuição. Essa atividade terá duração aproximada de 7 meses. O produto final desta etapa será um relatório descrevendo o Projeto Técnico e os Resultados Consolidados.

**Divulgação:** Conclusão e divulgação do projeto de pesquisa, com duração estimada em 6 meses. Os produtos finais desta etapa serão um documento descrevendo o Modelo Ideal e o Plano de Expansão, bem como “papers”, dissertações e teses abordando diversos aspectos do Projeto de Pesquisa.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Além dos resultados sócio-econômicos amplamente abordados na justificativa e na exposição de objetivos do projeto, o Projeto *eMine* representa uma contribuição inédita para o acervo de conhecimentos técnicos e científicos do país e, particularmente, para a mineração brasileira.

O Projeto *eMine*, finalmente, desempenhará um papel importante de gerador e difusor de “*knowledge*” sobre a aplicação do eBusiness na Mineração, propiciando:

- Introdução do tema na Escola Politécnica da USP, com a formação de pesquisadores e o treinamento de docentes;
- Formação de pesquisadores no CETEM;
- Motivação e conscientização da comunidade de mineração para o eBusiness;
- Treinamento de profissionais do segmento de Rochas Ornamentais para a condução de projetos de aplicação de eBusiness.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABIROCHAS. “Situação do Segmento de Rochas Ornamentais e de Revestimento no Brasil”. Informativo 15/04/2003. [www.abirochas.com;br/informativo](http://www.abirochas.com;br/informativo).
- AZEVEDO, H.A.C. “Panorama das Rochas Ornamentais do Estado da Bahia”. Série Rochas e Minerais Industriais. Avanços e Transferência Tecnológica em Rocha Ornamental. CETEM/MCT, RJ 2001, pags. 169-185.
- BARUA, A; KONANA, P.; WHISTON, A.B.; YIN, F. “Driving E-Business Excellence”. Mit sloan Management Review, Fall 2001, pags. 36-44.
- BARTELÓ, C. “Beneficiamento Multiplica Valor das Rochas”. Correio Brasiliense, edição de 03/01/2002, seção Correio de Negócios.
- CARASSIOS, A. “Panorama das Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo”. Série Rochas e Minerais Industriais. Avanços e Transferência Tecnológica em Rocha Ornamental. CETEM/MCT, RJ 2001, pags. 107-116
- CETEM. “Inauguração da primeira Pedreira-Escola do Brasil”. Informativo do Centro de Tecnologia Mineral Ano III, nº 4, jul/set 2002.

- CLARRY ,D; MOTTOLA, L.; RUFFO, K. "E-Business, Mining, and Strategy". CIM Bulletin, June 2000.
- FLEURY, A.; FLEURY, M.T.L. "Estratégias Empresariais e Formação de Competências". Capítulo 4, 2a. Edição, Editora ATLAS, SP, 2001.
- GODENHIELM, G. "Critical Success Factors in E-Commerce" September 1999.  
[www.finlandia.org/techreports/newmedia/success.html](http://www.finlandia.org/techreports/newmedia/success.html).
- KAPLAN, R.B. E NORTON, D.P. "A Estratégia em Ação: Balanced Scorecard". 15a. Edição, Editora CAMPUS, SP, 1997.
- MENDES, H.C. "Perfil dos Usuários de EDI". Diário do Comércio, Caderno Diário Informática; edição de 26/10/1995, pág. 1.
- MENDES, H.C. "Revisão do Cenário Brasileiro e Tendências do Comércio Eletrônico". Revista Datamation, março de 1988, pag. 80.
- 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, abr. 2001. 160 p., il.
- PORTER, M.E. "Strategy and the Internet". Harvard Business Review, March 2001, p. 63-78.
- SAMPAIO, R. "Rochas Ornamentais uma Alternativa para o Desenvolvimento Econômico da Bahia". SIMAGRAN/BA, Informativo Bahia Rochas, Abril 2003, Ano 1 - Nº 01 [www.simagran.com.br](http://www.simagran.com.br). Editorial.
- SPÍNOLA, V.M.L.; FERREIRA Jr, H.M. "Desafios para a Constituição de um Arranjo Produtivo: O Caso da Indústria de Rochas Ornamentais da Bahia". Anais do Encontro Regional de Economia - Fórum Banco do Nordeste de Desenvolvimento S.A. 7/2003, [www.banconordeste.gov.br/projforumeconomia/docs/mesa\\_5\\_a\\_rt\\_14.pdf](http://www.banconordeste.gov.br/projforumeconomia/docs/mesa_5_a_rt_14.pdf) , 24 p.il.
- WILLCOKS, L.P; PLANT, R. "Getting From Bricks to Clicks". MIT Sloan Management Revenue, spring 2001, pags. 50-57.

WISE, R.; MORRISON, D. "Beyond the Exchange: The Future of B2B". *Harvard Business Review*, p. 86-96, nov/dez 2000.

**Referências WEB:**

CAMINHO DAS PEDRAS. Portal Caminho das Pedras.  
[www.pcpedras.com.br](http://www.pcpedras.com.br)

MARBLE. O Portal Mundial de Rochas Ornamentais.  
[www.marble.com.br](http://www.marble.com.br)

MARBRASA. Site Internet. [www.marbrasa.com.br](http://www.marbrasa.com.br)

MARMOREGRANITO. Agência Marmoregranito.  
[www.marmoregranito.com.br](http://www.marmoregranito.com.br).

PETRACUS. Portal de Negócios do Segmento de Mármoles e Granitos. [www.petracus.com.br](http://www.petracus.com.br).

**Capítulo III**  
***Caracterización de la Piedra***

---

**LA INTERPRETRACIÓN DE LOS ENSAYOS DE  
CARACTERIZACIÓN DE LA PIEDRA NATURAL, EN EL  
MARCO DE LA NUEVA NORMATIVA EUROPEA**

*F. López G.-Mesones*

Profesor Titular

E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid. UPM.

---

**RESUMEN**

El nuevo marco normativo europeo (CEN) para la piedra natural, constituye una eficaz herramienta de trabajo para los profesionales de la arquitectura en orden a dimensionar adecuadamente este noble material de construcción.

En este artículo se desarrolla y justifica la idea de que no existen piedras buenas o malas sino piedras bien o mal utilizadas, como premisa de partida a la hora de utilizar un material determinado.

Se describe también de forma esquemática los distintos tipos de ensayos que se deben de realizar según las posibles aplicaciones de la piedra y se definen los criterios de diseño o dimensionamiento mas importantes para una correcta utilización del producto como material de construcción.

**1. INTRODUCCIÓN**

La correcta utilización de la piedra natural, al igual que otros materiales de construcción requiere, sobre todo, de un cuadro normativo real, contrastado en el tiempo y sencillo en su aplicación.

Esta idea, aparentemente simple, resulta en la realidad, difícil de llevar a la práctica, ante la ausencia, en general, de ese cuadro normativo eficaz al que los profesionales puedan recurrir.

El desarrollo de las normas europeas, que después de muchos años de andadura parece que está llegando a su fin, puede constituir esa herramienta de trabajo para los profesionales, que tanto se necesita.

El cuadro normativo europeo, se desarrolla en dos ámbitos o niveles; el de los procedimientos de ensayo, definidos en normas específicas y el de las especificaciones o requerimientos que deben de cumplir los materiales según los usos a los que se van a destinar, por medio de las denominadas normas de producto algunas de las cuales adquieren el rango de normas armonizadas.

En este último grupo, se incluyen las siguientes:

- Especificaciones para bloques en bruto
- Especificaciones para tableros en basto
- Especificaciones para placas de revestimiento
- Especificaciones para plaquetas
- Especificaciones para baldosas para suelos y escaleras
- Especificaciones para piedras dimensionadas
- Requerimientos y métodos de ensayo de baldosas para pavimentos exteriores
- Requerimientos y métodos de ensayo para bordillos
- Requerimientos y métodos de ensayo para adoquines
- Productos de pizarra para tejados discontinuos y revestimientos

Parte 1. Especificaciones

Parte 2. Métodos de ensayo

- Especificaciones para unidades de mampostería

Algunas de estas normas ya están publicadas y se espera que antes de un año, también lo estén el resto.

Hasta ahora la piedra natural se ha venido utilizando mayoritariamente, de manera mas bien intuitiva o quizás en base a experiencias locales, mas o menos eficaces, pero carentes en cualquier caso de un planteamiento tecnológico global.

Este nuevo planteamiento global, supone tres tipos de consideraciones: el conocimiento de las propiedades de la piedra, mediante ensayos; el establecimiento de procedimientos para el control del proceso de fabricación, de tal manera que se puedan garantizar **estadísticamente** unos valores característicos de las propiedades del producto; y por último una definición de los

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

procedimientos de muestreo para la recepción en obra y los criterios de aceptación o rechazo de los lotes.

El nuevo marco normativo **exige** al fabricante el establecimiento de un **sistema de autocontrol** en fábrica que le permita facilitar a sus clientes valores de los parámetros que definen sus características, garantizados por el propio sistema.

Lógicamente todos estos requerimientos serán obligatorios si se desea vender el producto con le **marca CE**.

Planteado así el problema, la opción para el Arquitecto resulta muy sencilla: **exigir esta marca de calidad** para la piedra seleccionada en su proyecto arquitectónico, como garantía de unos valores característicos representativos.

Evidentemente, este nuevo enfoque, no va a crear nada más que beneficios a largo plazo a todas las partes implicadas.

**A los fabricantes** les va a permitir conocer a fondo las propiedades de sus productos y su significado, y hacer una selección adecuada a las condiciones de uso del material, de tal manera que las reclamaciones por fallo, se verán reducidas considerablemente.

A los **arquitectos y proyectistas** en general que van a disponer de esos parámetros característicos, garantizados estadísticamente, que se necesitan para dimensionar la piedra correctamente y todo ello amparado por un marco normativo de carácter oficial.

Por último a los **usuarios**, que son los que en definitiva pagan el coste del material colocado en el inmueble del que son propietarios y que han adquirido, en muchos casos, merced al ahorro de toda una vida.

## **2. EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PIEDRA NATURAL**

Aunque de todos es conocida la existencia, en los diferentes países, de grupos de normas para la piedra natural, en la realidad sus contenidos resultan poco útiles para una aplicación práctica, por carecer de especificaciones reales, pero sobre todo, por ignorarse, en la mayoría de los casos, la relación entre el significado de los ensayos,

y las solicitaciones reales a las que el material va a estar sometido en una obra arquitectónica.

Estas relaciones, cuando se conocen suficientemente, amplían enormemente la utilización de un material de construcción pues se trataría, en definitiva, de calcular las **secciones** correctas de las piezas, cualquiera que sea su calidad, para que soporten la cuantía de las solicitaciones que sobre ellas actúan.

Si se tiene en cuenta que de las dos dimensiones que constituyen una sección, una de ellas está definida por el proyectista según criterios estéticos o de diseño, el problema se reduce a la **determinación del espesor**.

Surge pues la idea básica y general que se debe de tener siempre en cuenta a la hora de utilizar la piedra natural:

**NO HAY PIEDRAS BUENAS O MALAS  
SINOPIEDRAS BIEN O MAL UTILIZADAS**

Se pueden citar algunos ejemplos.

Un primer caso, se refiere al ensayo de resistencia a la flexión como característica de diseño de un producto acabado (p.e. un pavimento).

La resistencia a la flexión o módulo de rotura constituye un parámetro característico de un material determinado y poco nos aporta de su aptitud o no, como pavimento por el que van a circular por ejemplo peatones, bicicletas, o esporádicamente, vehículos ligeros de reparto.

En realidad la incógnita que se plantea es la determinación espesor "e" de la piedra, en base a las cargas de tráfico (P) que se van a transmitir (conocidas), de las dimensiones correspondientes al formato elegido por el proyectista (longitud L y anchura W), y del módulo de flexión (R) del material.

Todos estos parámetros están relacionados entre si por medio de la ecuación de equilibrio de momentos de una viga simplemente apoyada, sometida a una carga centrada, cuya expresión, en la que se incluye un factor de seguridad  $F=1,6$  frente a la carga de rotura, es la siguiente:

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

$$e = \sqrt{\frac{2.400 \cdot L \cdot P}{R \cdot W}} \quad (\text{según EN 1341})$$

El problema se reduce entonces a dimensionar la piedra con el espesor adecuado según la cuantía de los diferentes parámetros que intervienen en la expresión anterior.

Un segundo ejemplo podría ser al comportamiento del material frente al hielo. Un tipo de piedra determinado puede tener un buen comportamiento, con un espesor determinado, en una zona como Madrid donde se producen heladas esporádicas y no ser apta, con el mismo espesor, para un emplazamiento de alta montaña.

A su vez, la degradación de la piedra depende del tiempo que esté expuesta a la acción de las heladas, o lo que es lo mismo de la vida que deseemos alcance la construcción que se está realizando. Hoy en día se construye frecuentemente a horizontes de 50 años, o incluso inferiores.

También una piedra colocada en un emplazamiento concreto, puede ser a lo mejor utilizada como aplacado de un edificio y no ser adecuada como pavimento exterior, o afinando algo más, podría ser aceptable para su colocación en una pared vertical (exterior), y no serlo en una cornisa, o en el zócalo o basamento de la misma pared, pues las condiciones de saturación del material son diferentes.

Se puede concluir pues, que la durabilidad o estabilidad de una piedra frente al hielo, está relacionada con la ubicación geográfica de la obra (**condiciones ambientales**), su posición relativa dentro de la propia obra (**condiciones de saturación**) y de **la vida útil** del material que se introduce como un dato de proyecto.

Estos tres conceptos están relacionados entre si y con el número de ciclos a realizar en el laboratorio como se verá mas adelante.

Una vez realizados en el laboratorio los ciclos necesarios, se obtiene un material degradado con unas propiedades resistentes inferiores a las que tenía antes del ensayo, que se utilizarán para el cálculo de los espesores de la piedra.

Esta pérdida de resistencia implica, lógicamente, un mayor espesor de las piezas utilizadas para poder resistir las sollicitaciones mecánicas a que van a estar sometidas.

En definitiva el problema de la acción del hielo, se resuelve proporcionando a la piedra un mayor espesor.

Un tercer y último ejemplo que se puede citar, está relacionado con la resistencia al deslizamiento de un pavimento de piedra natural, aspecto este de gran importancia por constituir uno de los requisitos esenciales de la Directiva Europea de Productos de Construcción (89/106 CE).

El ensayo, determina por medio de un parámetro denominado USRV (Unpolish Skid Resistance Value), que representa la energía absorbida por un péndulo provisto de una zapata de goma en su extremo, que desliza una longitud determinada por el pavimento.

El valor que está previsto como aceptable en la norma europea para que el pavimento sea seguro, es de  $USRV \geq 35$  pudiendo exigirse en alguna circunstancia, como sería el caso de suelos en rampa, un  $USRV \geq 45$ . Este valor por si mismo, no tiene ningún significado, si no se relaciona con la textura o acabado superficial de la piedra.

Es decir una piedra, para poder ser utilizada como pavimento, deberá tener un acabado superficial tal que proporcione la rugosidad necesaria para que cumpla con la especificación indicada.

Estos tres casos que se han citado constituyen un claro ejemplo demostrativo de la idea básica citada anteriormente de que **no hay piedras buenas o malas, sino piedras bien o mal utilizadas.**

### **3. LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN SEGÚN EL CUADRO NORMATIVO EUROPEO**

Se facilita a continuación, de forma muy sucinta, una serie de criterios y recomendaciones que pueden ayudar a una mejor utilización de este material.

• *Con carácter general*

El suministrador indicará las tolerancias dimensionales de los materiales, con un nivel de confianza del 95 %.

Así mismo se facilitará la clasificación petrográfica en todos los casos, ya que se originan a veces litigios legales, como consecuencia de incluir en los pliegos de condiciones de los proyectos, denominaciones de las piedras que no se corresponden con su denominación petrográfica.

• *Pavimentos.*

Absorción y Peso específico aparente  
Resistencia a la flexión  
Resistencia al desgaste  
Resistencia al deslizamiento  
Resistencia al hielo (solo en exteriores)  
Resistencia al impacto  
Absorción Capilar

• *Para elementos de mampostería*

Resistencia a la compresión simple.  
Absorción y Peso específico aparente.  
Resistencia a la flexión.  
Resistencia al hielo.  
Absorción Capilar.

• *Revestimientos o aplacados*

Absorción y Peso específico aparente  
Resistencia a la flexión  
Resistencia al hielo (solo en exteriores)  
Resistencia al impacto  
Absorción Capilar  
Resistencia al anclaje (solo si se utilizan anclajes)

• *En el caso de rocas ígnea (granitos etc) o Mármoles*

Se deberá facilitar el resultado del ensayo de choque térmico, como comprobación de que no existe riesgo de manchas de oxidación en el caso de roca ígnea o de que no se produce descohesión granular o cambios de color en el caso de los mármoles.

• *Pizarras de techar.*

Resistencia a flexión en dos direcciones ortogonales

Espesor de una placa individual.

Espesor medio de pizarras las embaladas

Contenido en carbonatos

Resistencia al SO<sub>2</sub>

Resistencia al choque térmico

Contenido en carbono elemental

Escuadrado

Planeidad.

#### 4. EL DIMENSIONADO DE LAS PIEDRAS

##### 4.1. Pavimentos exteriores

##### 4.1.1. Cálculo del espesor

Se utiliza la expresión :

$$e = \sqrt{\frac{2.400 \cdot L \cdot p}{R \cdot W}}$$

L. Longitud de la placa en mm.

W. Anchura de la placa en mm.

R. Módulo de rotura en MPa.

e. Espesor en mm.

Carga de rotura (KN) requerida, según tabla de usos.

p (KN)	Usos
No requiere	Decoración
0,75	Baldosas sobre mortero. Áreas peatonales
3,5	Áreas peatonales y para bicicletas. Jardines y balconadas
6,0	Accesos ocasionales de coches, vehículos ligeros y motocicletas. Entradas de garajes
9,0	Aceras, áreas comerciales, con paso ocasional de vehículos de emergencia o transporte
14,0	Áreas peatonales, utilizadas frecuentemente por vehículos pesados
25,0	Carreteras, calles y gasolineras

Fuente: Norma EN 1341

#### 4.1.2. Resistencia a las heladas

Se describe a continuación un procedimiento para determinar el número de ciclos que hay que realizar en el laboratorio para reproducir las condiciones reales de daño por hielo que se originan en la naturaleza.

Para ello se parte de la definición de Índice de hielo,  $I_g$ , dado por la expresión:

$$I_g = \frac{\sum_0^{360-30} T(-5)}{30}$$

Donde,  $\sum_0^{360-30} T(-5)$  representa la suma de las temperaturas mínimas diarias por debajo de  $5^\circ$  bajo cero, durante un periodo de 30 años, y que pueden obtenerse fácilmente, de las series meteorológicas proporcionadas por los organismos nacionales correspondientes.

La expresión anterior representaría por lo tanto el daño por hielo originado en un emplazamiento durante un año.

Al cabo de "n" años el daño por hielo sería:

Daño por hielo en un emplazamiento después de n años

$$\frac{\sum_0^{360 \cdot 30} T(-5)}{30} n \text{ ó } I_g \cdot n$$

En el laboratorio el daño por hielo después de realizar N ciclos con una temperatura de  $-12^{\circ}$  (condiciones de la norma de ensayo) se puede definir por medio de la expresión:

$$N \cdot 12$$

Igualando ambas expresiones se tiene:

$$N = \frac{I_g \cdot n}{12} \text{ en condiciones de saturación.}$$

En otras condiciones, la expresión anterior se transforma en:

$$N = \frac{I_g \cdot n}{12} \cdot k \text{ (López.F.1992)}$$

Siendo K un factor de saturación cuyos valores son los siguientes:

**Tabla 1 - Valores de K**

<b>k</b>	<b>Condiciones de saturación</b>
1	Pavimentos exteriores, Fuentes, Pilastras
0,8	Chimeneas, Zócalos, Molduras, Áreas con riesgo de salpicaduras en paredes verticales
0,4	Aplacados de paredes verticales sujetas con mortero, Tracerías Cornisas, Petos
0,1	Fachadas aplacadas sin ventilar, Paredes verticales de mampostería, Ménsulas de balcón.
0,05	Fachadas trasventiladas

Fuente: Elaboración propia

Al final de los N ciclos se determinará la resistencia a flexión del material, o el valor de la resistencia al anclaje o la resistencia a la compresión. Estos valores constituyen entonces valores de referencia para determinar el espesor de las piezas que se desea dimensionar.

#### 4.1.3. Resistencia a la abrasión (Método Capón).

El resultado del ensayo determina la anchura de la huella producida por un disco que roza con el aporte de un abrasivo contra el material un número determinado de vueltas definido en la norma.

Se puede adoptar la siguiente interpretación del resultado del ensayo:

Usos	Anchura máxima de la huella en ( mm)
Individual	26 mm
Normal	23 m
Colectivo intenso y lento	20 mm
Colectivo intenso y rápido	18 mm

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Resistencia al deslizamiento

USRV  $\geq$  35 en condiciones normales.

URSV  $\geq$  40 en condiciones de pendiente( Elaboración propia)

#### 4.1.5. Absorción de agua a la presión atmosférica

En pavimentos en interior con tráfico intenso, se recomienda que la absorción sea inferior a 0,5% por razones de limpieza.

(Elaboración propia)

### 4.2. Revestimientos

#### 4.2.1.- Cálculo del espesor de las piezas

El espesor del aplacado está determinado por la expresión

$$e = \sqrt{\frac{6.m}{100\sigma}}$$

Siendo m el momento máximo que se origina entre puntos de anclaje y  $\sigma$  la resistencia a flexión.

#### 4.2.3. Resistencia al anclaje ( Según EN 13364)

Con caracter general:

$$R_a \geq 500 N \quad \text{y} \quad R_a \geq 1,3P$$

Siendo P el peso de la pieza.

De manera concreta la resistencia al anclaje se relaciona con las dimensiones de las piezas y con la presión/succión de viento por medio de la expresión:

$$R_a = P.L.W.F/n$$

Siendo P los esfuerzos de viento.

L y W la longitud y anchura de las piezas.

F un factor de seguridad que puede llegar a alcanzar valores de hasta F=8

n el nº de anclajes por pieza.

#### 4.2.4. Resistencia a las heladas

Se tendrá en cuenta lo indicado con anterioridad en el apartado correspondiente a los pavimentos.

### 4.3. Mampostería

#### 4.3.2.-Densidad aparente

Como parámetro de cálculo del peso de la fábrica.

#### 4.3.3. Compresión simple

Como parámetro para el cálculo de la fábrica, aunque se aconseja sea superior a 10MPa. Se determinará el **valor característico** con criterios estadísticos :

$$\sigma_{ck} = \bar{\sigma}_c - k S_{n-1}$$

#### 4.3.4.-Porosidad abierta

Con carácter general, la porosidad de las piedras deberá ser inferior a P ≤ 50% (Elaboración propia).

#### 4.3.5. Resistencia al hielo

Se tendrá en consideración lo indicado en el apartado de pavimentos

## **5. OTROS ENSAYOS DE ALTERABILIDAD SEGÚN EL TIPO DE PIEDRA**

### **5.1. Choque Térmico**

Se realizará este ensayo en rocas de tipo granito para determinar si el material oxida o no.

También se aplica para determinar si los Mármoles sufren el conocido fenómeno de descohesión granular, originado por la anisotropía de la calcita.

### **5.2. Cristalización de sales**

Se determina la pérdida de masa después de realizar 15 ciclos de inmersión en una solución de sulfato sódico y posterior secado en estufa.

Es un ensayo adecuado para estimar la durabilidad de las rocas calcáreas en atmósferas contaminadas.

### **5.3. Inmersión en ácido sulfúrico**

Se determina la alteración que se origina en el material, al sumergirlo en una disolución de ácido sulfúrico. Se aplica en las areniscas.

### **5.4. Coeficiente de saturación**

Únicamente se determina en calizas y areniscas de elevada porosidad. Constituye un índice de alterabilidad de la roca

### **5.5. Ensayo de SO<sub>2</sub>**

Fundamentalmente en pizarras. Eventualmente en otras piedras si se colocan en una atmósfera muy contaminada.

### **5.6. Cámara de niebla salina**

Es un ensayo adecuado para determinar la alterabilidad de granitos preferentemente, en zonas costeras con fuertes vientos.

### **5.7. Absorción de agua por capilaridad**

Para todo tipo de piedra, en Mampostería y Revestimientos exteriores en zonas de zócalo.

El Coeficiente de capilaridad debe de ser inferior a  $100\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{0.5}$  en estas aplicaciones ( Elaboración propia).

## **6. LAS PIZARRAS DE TECHAR**

La nueva norma europea sobre pizarras de techar, nace bajo el epígrafe UNE-EN 12326 y ha sido elaborada por el subcomité CEN TC128/SC8.

Se estructura en dos partes:

UNE-EN 12326-1. Especificaciones de producto

UNE-EN 12326-2. Métodos de ensayo

### **6.1. Los contenidos de las normas**

Para evaluar el producto "Pizarras de techar", se considera necesario, realizar los siguientes ensayos de caracterización:

- Controles dimensionales
  - Longitud y anchura
  - Rectitud de los bordes
  - Escuadrado
  - Desviación de la planeidad
- Espesores
  - Espesor de la pizarra individual
  - Espesor de la pizarra embalada
- Resistencia a la flexión
- Ensayo de Absorción de agua
- Ensayo Hielo/deshielo
- Contenido en carbono no carbonático (carbono elemental)
- Contenido en Carbonatos
- Exposición al Dióxido de Azufre

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- Ensayo de ciclo Térmico
- Examen petrográfico

## 6.2. Interpretación de los ensayos

Del análisis de los resultados obtenidos en los ensayos anteriores, se deberá obtener el dimensionamiento adecuado de las placas de pizarra.

En este sentido, se definen dos conceptos nuevos en las pizarras de techar, como son el “espesor individual básico” y el “espesor individual”, cuyo significado sería el siguiente:

Espesor individual básico: Depende de la resistencia a la flexión de la pizarra, de sus dimensiones y de las condiciones climáticas.

Viene dado por la expresión:

$$e_b = k \sqrt{\frac{L}{R}}$$

siendo:

k: un factor climático que para el caso de España, se toma  $k = 1,2$ .

L: la dimensión de la placa, perpendicular a la cual se realiza el ensayo de flexión.

R: resultado de la resistencia a flexión en la dirección indicada.

A partir del espesor básico, se obtienen el espesor mínimo individual  $e_m$  de una placa de pizarra, según sea su contenido en carbonatos y el resultado del ensayo de SO<sub>2</sub>, de acuerdo con el siguiente cuadro.

C <sub>a</sub> CO <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	e <sub>m</sub>
≤5%	S <sub>1</sub>	e <sub>m</sub> = e <sub>b</sub>
	S <sub>2</sub>	e <sub>m</sub> = e <sub>b</sub> + 5%
	S <sub>3</sub>	e <sub>m</sub> ≥ 8mm
> 5% y ≤ 20%	S <sub>1</sub>	e <sub>m</sub> = e <sub>b</sub> + 5%
	S <sub>2</sub>	e <sub>m</sub> = e <sub>b</sub> + 10%
	S <sub>3</sub>	e <sub>m</sub> ≥ 8 mm

Fuente: EN 12326

En las pizarras con más de un 20% de carbonatos, hay que realizar un ensayo especial de valoración, que no se trata en esta conferencia, por no considerarlo de interés, ya que en la mayoría de las pizarras, el contenido en carbonatos están afortunadamente muy alejado de este valor.

En cualquier caso, el espesor mínimo, será siempre mayor de 2mm.

Cuando el valor de la absorción es superior al 0,6%, se deberán someter las pizarras a un ensayo de hielo/deshielo de 100 ciclos y comprobar después, que nos se ha producido pérdida apreciable de resistencia a flexión.

El contenido en carbono elemental, debe de ser inferior al 3%, según la norma y constituye una determinación, cuya aportación a la calidad de la pizarra (dentro de estos límites) es bastante dudosa.

Por último, el ensayo de choque térmico, tampoco contiene una especificación excluyente del material, salvo que se produzcan roturas o exfoliaciones, lo que no suele ocurrir normalmente. Las oxidaciones se admiten, incluso si producen chorreo, o también cuando los metálicos puedan provocar perforaciones por oxidación en la placa, siempre que se realice una colocación adecuada del material en la cubierta.

## SISTEMA PERICIAL PARA SELECÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS - COM BASE NA SUA CARACTERIZAÇÃO

A. Casal Moura

Geólogo do Instituto Geológico e Mineiro - PORTUGAL

---

### 1. INTRODUÇÃO

A diversidade de possibilidades de utilização das rochas ornamentais acarreta que possam satisfazer uma larga gama de exigências técnicas e estéticas, do que decorre a necessidade de se assegurar que o material escolhido é adequado para a aplicação em vista e manterá as suas características fundamentais ao longo do tempo para que foi programada a sua utilização, desempenhando com segurança as suas funções, sem colapsos ou sem requerer frequentes reparações, sempre onerosas.

De um modo sintético, podem agrupar-se, do seguinte modo, os diferentes tipos de produtos em pedra natural utilizados na Construção Civil:

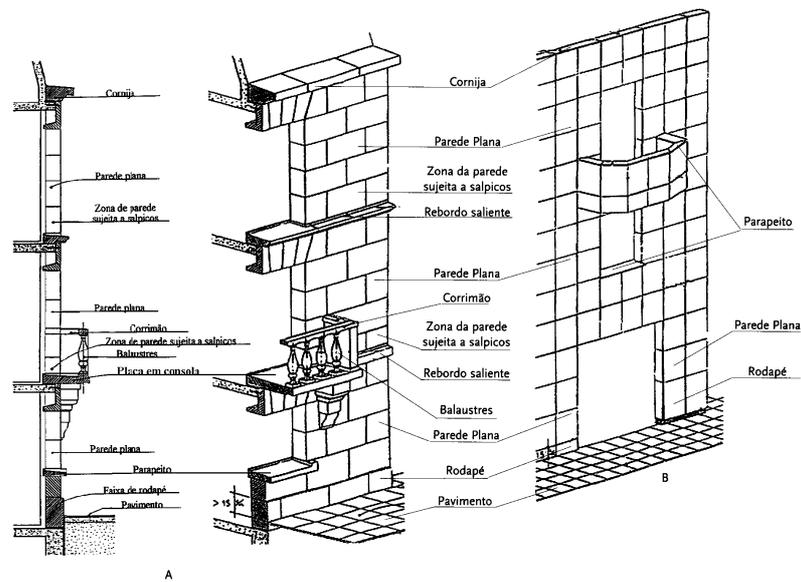
- pedra maciça para calçadas, alvenarias, cantarias, ...
- placas para revestimentos de paredes interiores e exteriores
- placas para revestimentos de degraus e de pavimentos para tráfego pedestre, interiores ou exteriores
- placas para revestimentos de pavimentos com tráfego pedestre e de viaturas

Embora seja universalmente aceite a grande durabilidade dos produtos em pedra, asserção suportada pelos inúmeros exemplos de aplicações que têm desafiado o decurso dos tempos, a avaliação da adequação de cada rocha ornamental às condições em que será utilizada implica a sua conveniente caracterização laboratorial, acção que fornecerá elementos para a respectiva qualificação tecnológica e se repercutirá favoravelmente na garantia de qualidade dos produtos e nos preços que os mercados estão dispostos a pagar por uma qualidade controlada.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Na verdade, é chegado o tempo em que os consumidores desejam estar certos da qualidade dos bens adquiridos e em que os arquitectos e prescritores querem estar seguros dos desempenhos e conveniência dos produtos que escolheram como os mais ajustados às suas necessidades e todos terão boas razões para assim procederem.

Na Figura 1, ilustram-se as situações-tipo de aplicação da pedra natural maciça e das placas de pedra em exteriores, apresentando-se, no Quadro I, uma síntese global da importância de alguns dos ensaios fisico-mecânicos face às aplicações mais comuns das rochas ornamentais.



Esquema das situações-tipo de utilização da pedra natural em exteriores.

A. Pedra maciça; B. Placas de pedra (Doc. CEN-TC 246-WG2)

**Figura 1 – Esquemas das situações mais comuns de utilização da pedra natural em exteriores: A – Pedra maciça; B – Placas de pedra. (Doc. nº 267 do CEN TC 246 – WG 2)**

Quadro I- Síntese global da importância de alguns dos ensaios físico-mecânicos face às aplicações mais comuns das pedras naturais na Construção Civil

	Massa volúmica aparente	Absorção de água-Forosid. aberta	Resist. à compr. simples	Resist. à flexão	Resist. ao gelo	Coef. de dilatação linear	Resist. ao desgaste	Resist. ao choque	Resist. às anco-ragens	Resist. ao deslizamento
Revestim. exteriores	A	B	B	B	A	A	C	C**	A	
Revestim interiores	B	C	C	C				C**	C	
Pavimen exteriores	C	B	B	A	A	B	A	A		A
Pavimen. interiores	B	C	C	A			B	B		B
Placas em consola ou simplesm.apoiadas	B	C	B	A	A*		B	A		
Alvenarias e cantarias	B	B*	A	A	A*	A*/B				

**Legenda:**

Ordem decrescente de importância: A, B, C

\* Apenas no caso de utilização em exteriores

\*\* De importância A quando colocadas na zona inferior de paredes (rodapés e lambris)

Outros ensaios (resistência aos ácidos, ao nevoeiro salino, ao choque térmico, etc.) recomendam-se para as aplicações sujeitas à acção de chuvas ácidas, nevoeiro na orla costeira, insolação excessiva, etc..

Em interiores, e para as aplicações mais usuais, deixam de ser relevantes, como se compreende, os ensaios de durabilidade face à acção de agentes do intemperismo, bem como o de dilatação linear térmica ou outros não adequados à situação.

## **2. A SELECÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM BASE NAS SUAS CARACTERÍSTICAS**

Muitos dos insucessos ocorridos com a utilização das rochas ornamentais foram devidos a falta de conhecimento das características do material aplicado e são tanto mais gravosos quanto é sabido que uma utilização mal sucedida (porque não adequada) compromete, muitas vezes injustamente, um determinado tipo de rocha por largo tempo.

Tendo em conta que *todas as rochas naturais são susceptíveis de utilização, mas não são passíveis de utilização indistinta*, é através do conhecimento das suas características que se poderá ajuizar quais as aplicações em que cada uma delas atinge o seu máximo valor técnico, estético e comercial, e é nele que, conseqüentemente, terá de assentar a escolha correcta dos tipos litológicos que melhor se poderão adaptar a cada aplicação específica.

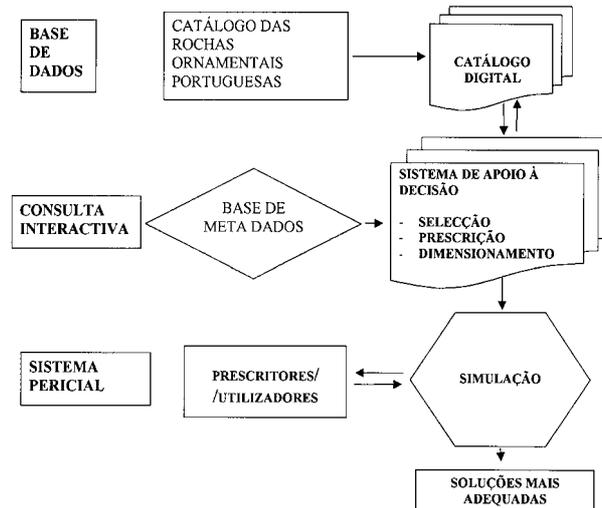
A caracterização de rochas ornamentais torna-se, assim, indispensável, e não poderá nunca ser vista como uma via sofisticada para criar dificuldades ao emprego deste ou daquele tipo litológico, mas sim como o melhor meio para evitar a sua má utilização e proporcionar a sua selecção e dimensionamento para a(s) finalidade(s) que melhor se lhe adaptem.

Para dar satisfação a estes objectivos, e decorrente de um trabalho laboratorial sistemático, tem vindo a ser feita, ao longo das últimas décadas, a divulgação das características das rochas ornamentais através de catálogos impressos e, mais recentemente,

através da edição de CD-ROM's contendo arquivos dos elementos de caracterização referentes aos tipos litológicos explorados.

Todavia, da experiência colhida, concluiu-se que a utilização da informação contida nessas edições tem sido deficiente por parte de quem pretende interpretar esses dados tendo em vista as exigências de uma determinada aplicação, uma vez que o processo de selecção das rochas com as características pretendidas assume, geralmente, uma forma complexa, não ao alcance do público em geral e de muitos dos prescritores e arquitectos.

Tal situação demonstra ser necessário estabelecer-se o relacionamento entre as propriedades relevantes para cada caso de aplicação e a sua ponderação, a fim de que das bases de dados se possa retirar, facilmente, conhecimento útil e acessível. Foi com esse espírito que se criou um Sistema Pericial (vide esquema da Figura 2), de consulta interactiva, que possui uma facilidade de pesquisa orientada com base numa matriz de metadados alicerçada nas características físicas e mecânicas referentes ao universo das rochas ornamentais portuguesas estudadas.



**Figura 2 - Representação esquemática da organização e funcionamento do sistema pericial para a selecção de rochas ornamentais, elaborado pelo I.G.M..**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Esse sistema pericial, baseado no trabalho de caracterização realizado no I.G.M. e já divulgado sob a forma de 4 Volumes impressos, encontra-se sediado no endereço <http://www.igm.pt/rop> do site do referido Instituto, em duas versões (Português e Inglês) e é um primeiro passo no sentido de se facilitar a adequada selecção e utilização das rochas ornamentais portuguesas.

Para além de conter as facilidades de pesquisa vulgarmente constantes das bases de dados informatizadas estáticas (pesquisa segundo um *Catálogo Sequencial*, por *Tipos de Rochas*, etc.), possui um *Motor de Busca* em que se encontra implementado um sistema de selecção com base em indicações formuladas pelo consulente (*Busca por Características*). As indicações de índole físico-mecânica são objectivamente classificadas quanto ao respectivo grau de exigência à medida que vão sendo fornecidas (Figura 3) e, finalmente, o sistema selecciona os tipos de rochas ornamentais que cumprem os requisitos formulados na consulta, indicando o “grau de similaridade” entre estes e as características das rochas constantes da resposta fornecida (Figura 4).

### Busca por Características

Nome	Similaridade
<input type="radio"/> <u>ROSA AURORA</u>	100%
<input type="radio"/> <u>ROSA VENADO</u>	100%
<input type="radio"/> <u>ROSA VENADO DA LAGOA</u>	91%
<input type="radio"/> <u>ROSA COM VENADO ESVERDEADO</u>	91%
<input type="radio"/> <u>ROSA CLARO</u>	91%
<input type="radio"/> <u>ROSA VENADO</u>	91%
<input type="radio"/> <u>ROSA VENADO DE S. MARCOS</u>	83%
<input type="radio"/> <u>ROSA VENADO DE CINZENTO</u>	83%
<input type="radio"/> <u>ROSA DE ROSAL = ROSAL</u>	83%
<input checked="" type="radio"/> <u>ROSA</u>	83%

Inserir Caso Tipo

**Figura 3 – Folha de introdução das características requeridas e indicação gráfica do grau de exigência da consulta efectuada**

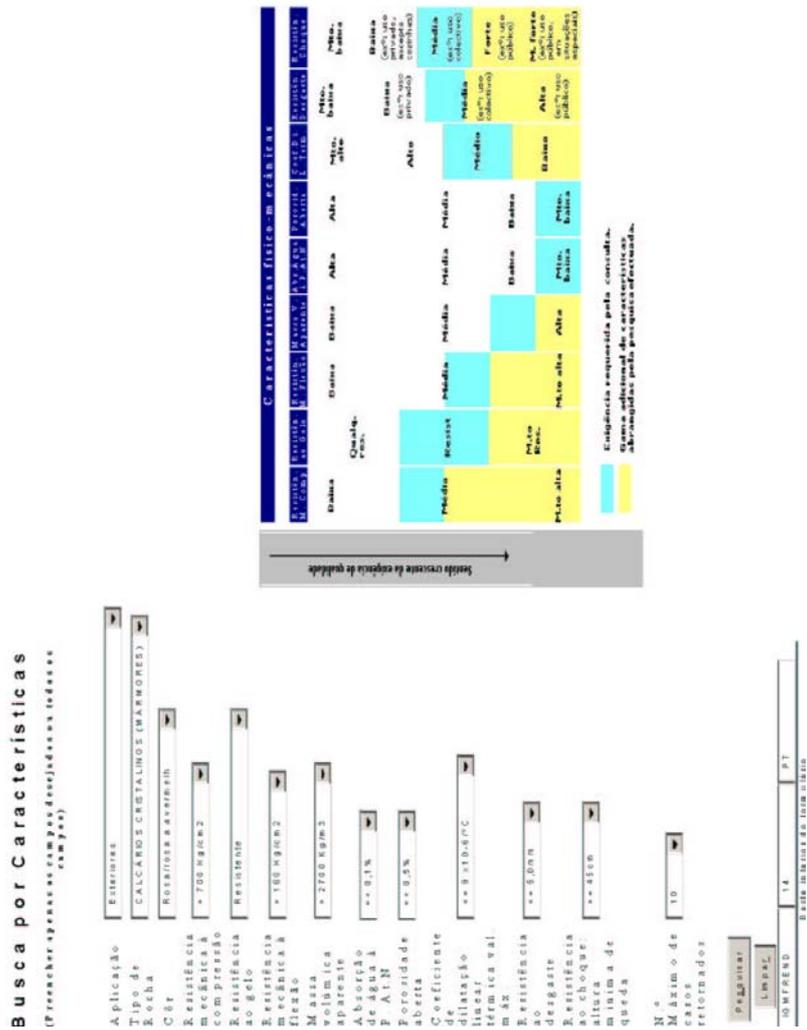


Figura 4 - Exemplo do resultado de uma *Busca por características* formulada para mármores de cor rosada, tendo em vista a sua utilização em exteriores. Notar o “grau de similaridade” entre os requisitos formulados e os correspondentes às rochas ornamentais seleccionadas pelo sistema

Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores

A partir dos resultados da pesquisa, o sistema permite aceder directamente às fichas de caracterização de cada uma das rochas seleccionadas e, inclusive, consultar *Casos-tipo* referentes a aplicações anteriores (se conhecidas) e/ou *Inserir Casos-tipo* ainda não constantes da base de dados, a validar posteriormente. Também permite simular a combinação de pares de tipos de rochas na realização de mosaicos e painéis, segundo diversos esquemas.

## **BIBLIOGRAFIA**

CEN TC 125, 1999 - prEN 771-6: Especificações para elementos de alvenarias - Parte 6: Elementos em pedra natural.

CEN TC 178, 1999 - pr EN 1341, pr EN 1342, pr EN 1343: Especificações e métodos de ensaio para lajes, paralelepípedos e guias de passeio em pedra natural.

CEN TC 246, 2001 - EN 13161, EN 13364, EN 13755: Pedra natural - Métodos de ensaio.

CEN TC 246, 2000 - EN 12440: Pedra natural - Denominação.

CEN TC 246, 2000 - EN 12670: Pedra natural - Terminologia.

CEN TC 246, 2000 - EN 12407: Pedra natural - Estudo petrográfico.

CEN TC 246, 1999 - EN 1925, EN 1926, EN 1936, EN 12370, EN 12371, EN 12372, pr EN 13373, WI 00245038, WI 00246011, WI 00246016, WI 00246035, WI 00246038, WI 00246039: Pedra natural - Métodos de ensaio.

CEN TC 246, 1999 - pr EN 1467, pr EN 1468, pr EN 1469, pr EN 12057, pr EN 12058, pr EN 12059: Pedra natural - Especificações dos produtos.

CEN TC 246-WG2, 1995 - Doc N 267: Normalisation française - Norme expérimentale XP B 10-601 - Produits de carrière- Pierres naturelles: Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles. *AFNOR*, pg. 47, 1995.

CTP&M, 1997 - Pierres naturelles - Note d'Information Technique 205. *CSTC (Éd.)*, pg 144, Bruxelles, 1997.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Martins, Julian P. L., 1989 - Utilização da pedra natural, sua conservação e restauro. Com. Jorn. Exp. Piedra, Sevilla/89. *A Pedra*, 1989, pp. 59-62.

Moura, A. Casal, 2001 - A pedra natural ornamental em Portugal - Nota breve. *Boletim de Minas*, vol.38, nº3, pp. 161-177, I.G.M., Lisboa.

Moura, A. Casal, 2000 - O granito na Construção Civil e na Arquitectura - Requisitos técnicos dos produtos. *V Jornadas AIPGN*, 2000, Vila da Feira.

Moura, A. Casal, 1991 - Rochas ornamentais naturais: Características das rochas ornamentais portuguesas e a importância do seu conhecimento actual. *Geonovas*, nº 2 (Especial), pp. 123-136, 1991.

Shadmon, Asher, 1996 - Stone: An introduction. *Ed. ITP*, London, 1996.

Vários, 1983/4/5 e 1995 - Catálogo de Rochas Ornamentais Portuguesas, vols. I, II, III e IV, *I.G.M. (Ed.)*.

Winkler, E. M., 1997- Stone in Architecture: Properties, Durability. *Springer-Verlag (Ed.)*, 3ª Ed., pg. 314, Berlin.

**Capítulo IV**  
***Durabilidad de las Rocas***  
***Ornamentales***

---

## DETERIORAÇÕES E A QUESTÃO DO USO E DURABILIDADE DE ROCHAS ORNAMENTAIS E PARA REVESTIMENTO

*Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá*  
Geóloga, Dr<sup>a</sup>

Divisão de Geologia  
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo  
[mheloisa@ipt.br](mailto:mheloisa@ipt.br)  
tel (11) 3767-4350

---

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de rocha faz parte da história da civilização, já que foi empregada na construção de obras civis e monumentos (pontes, estradas, aquedutos, palácios, castelos, igrejas, túmulos) sempre que houvesse a disponibilidade dessa matéria-prima em condições mínimas de aproveitamento. Segundo Vicente *et al.* (1996), a rocha é o principal material de construção dos monumentos e edifícios históricos europeus, não somente pela sua abundância, mas pela sua resistência e durabilidade.

Por essas características e pela grande diversidade de padrões cromáticos e estruturais, as rochas são até hoje utilizadas como elementos ornamentais (arte estatuária e 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 ornamentais e para revestimento são comercialmente agrupadas em duas grandes categorias: “granitos”, que englobam rochas silicáticas (ígneas plutônicas e/ou vulcânicas, charnockitos, gnaisses e migmatitos), e “mármores”, comercialmente entendidos como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar como metamórfica, passível de polimento.

Outros materiais como ardósias e quartzitos, comercializados pelas suas designações corretas ou englobados nas categorias

anteriores, também são largamente utilizados como rochas para revestimento.

Tradicionalmente, o padrão estético, conferido pela cor, textura e estrutura, constitui o principal condicionante para o comércio e uso da rocha. Este reflete as características intrínsecas da rocha, das quais se destacam:

- tipologia do jazimento: definida pela intensidade e tipo de alteração da rocha, presença de tensões confinadas, heterogeneidade estrutural e textural, entre outros; e
- propriedades petrográficas, físicas e mecânicas, que condicionam os usos mais adequados da rocha no revestimento de edificações, pois fornecem parâmetros para a escolha dos materiais perante solicitações tais como: intempéries, desgaste abrasivo pelo tráfego de pedestres, danos relacionados à expansão e contração térmicas, etc.

A escolha da rocha baseada somente nos seus atributos estéticos comumente resulta em projetos arquitetônicos e de engenharia inadequados para o uso pretendido, o que, por sua vez, é causa de degradações diversas ou de redução da durabilidade da rocha.

Destaca-se, então, a importância de, na escolha da rocha, se aliar ao padrão estético, as características tecnológicas e o uso previsto.

Neste trabalho serão abordados os principais conceitos ligados à alteração e alterabilidade de rochas, exemplificados com casos típicos de degradações ligadas à escolha e/ou uso inadequados da rocha.

## **2. DETERIORAÇÃO DE ROCHAS**

A alteração intempérica se inicia, na natureza, quando as rochas entram em contato com as condições atmosféricas reinantes na superfície terrestre.

A deterioração de materiais rochosos, usados em monumentos ou em edificações, tende a se intensificar nos centros urbanos e industriais, pois a presença em poluentes de variadas fontes modifica os processos de alteração destes materiais (Figura 1), ou seja, altera ou acelera os processos naturais.



**Figura 1 -** Estátua de calcário travertino na fachada da Basílica de São Pedro (Vaticano) deteriorada pela ação de poluentes trazidos para a superfície da rocha pelo ar (na forma de gases ou aerossóis) ou pela água (chuva ácida).

**Fonte:** Giacomelli; Perego (s.d.)

A taxa e o tipo de deterioração são determinados pela natureza dos materiais envolvidos e pelo ambiente ao qual estão expostos.

A deterioração envolve mudanças físicas e químicas da superfície do material, ou da camada superficial, quando se refere aos materiais porosos. Isto resulta em numerosos efeitos: 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.

Aires-Barros (1991) aponta três tipos principais de degradação de rochas:

- químico: considera as reações químicas que se processam na superfície e nas discontinuidades das rochas, com a formação de minerais secundários;
- físico: resulta de fenômenos de expansão e/ou retração diferencial dos minerais, provocados por variações térmicas, abalos físicos de várias origens e, ainda, por expansões

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

decorrentes da geração de minerais secundários (hidratação de minerais argilosos expansivos, ação da tensão superficial da água no decurso de processos naturais de saturação e secagem e ação das forças de cristalização de sais);

- biológico: provocado pelo crescimento de microorganismos sobre as rochas.

Amoroso; Fassina (1983) apontam que o grau de alteração depende da alterabilidade dos minerais constituintes, da homogeneidade da rocha e da superfície específica exposta aos agentes degradadores.

### **2.1. Alterabilidade e Durabilidade de Rochas**

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. Esse tempo, considerado na alteração intempérica como geológico, na alterabilidade é considerado um tempo humano, ou seja, os fenômenos ocorrem concomitantemente ao uso, à escala do homem e das suas obras de engenharia. Segundo esse autor, alterabilidade é função de:

- fatores intrínsecos: dependentes do tipo de rocha (natureza do material, grau de fissuramento ou porosidade, ou seja, da superfície exposta à alteração);
- fatores extrínsecos, função do meio em que se processa a alteração (temperatura, pH, Eh, quantidade de água, forças bióticas);
- tempo.

Grossi *et al.* (1998) definem durabilidade como a aptidão de materiais rochosos resistirem à ação das intempéries, relacionada a diversos fatores, que podem ser englobados em duas grandes categorias:

- intrínsecas: que dependem do tipo de rocha e correspondem às características petrográficas e físicas desta;
- extrínsecas: relacionadas fundamentalmente ao meio ambiente, levando-se em conta não só a intensidade como a frequência das variações externas, ou seja, seu caráter cíclico.

A durabilidade também está condicionada a certas propriedades físicas, entre as quais a porosidade e a configuração do sistema poroso, a superfície específica e as propriedades hídricas, relacionadas com o movimento dos fluidos no material rochoso.

Às rochas para revestimento – produtos obtidos do desmonte de materiais rochosos em blocos e de seu subsequente desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas e ladrilhos – acrescenta-se aos fatores extrínsecos:

- técnicas de extração e beneficiamento, que tendem a modificar as características naturais do material rochoso e a favorecer ou acelerar a alteração dos constituintes ao ser exposto a novas condições ambientais;
- técnicas de aplicação e condições de uso e manutenção.

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; Frascá, 2003), que irão contribuir para a acentuação dos efeitos deletérios dos agentes intempéricos ou da ação antrópica (manutenção e limpeza inadequadas, entre outras) (Frascá; Quitete, 1999).

### **3. CAUSAS DA DEGRADAÇÃO ROCHOSA**

Clima é definido pelo conjunto de fatores meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera numa dada região.

O clima, em todos seus aspectos, é uma das causas fundamentais da degradação das edificações, por meio da falência de seus materiais constituintes (Feilden, 1994). A água, em todas as suas formas, é o agente que provoca as reações químicas e a deterioração gradual dos materiais e, ativamente, também danifica as construções (inundações etc.).

As ações físico-químicas das águas e as ações químicas dos componentes da atmosfera são importantes, sobretudo quando atuam em conjunto.

Os dados climáticos fornecem informações relevantes para o entendimento, e possíveis previsões, das deteriorações. Seus principais componentes ativos, que afetam particularmente uma construção, são: radiação solar, mudanças de temperatura sazonais, chuvas, vento e transporte de partículas do solo.

A atmosfera e seus componentes sólidos, líquidos e gasosos atuam sobre as rochas por meio de mecanismos físicos (umedecimento, cristalização de sais e outros fenômenos provocados por variações do estado higrométrico da atmosfera), químicos (desde a sulfatização 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, musgos e mesmo arbustos).

As principais causas da degradação destes materiais rochosos, tendo em vista as condições climáticas e técnicas construtivas empregadas no Brasil, conforme Frascá (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.

### **3.1. Poluentes atmosféricos**

A poluição do ar é um problema complexo, pois os poluentes podem advir de numerosas substâncias químicas, existentes na forma de gases (aproximadamente 90%, em peso, dos poluentes), líquidos (aerossóis) ou particulados. Podem ser lançados diretamente no ar (poluentes primários) ou podem ser criados no ar (poluentes secundários), a partir de outros poluentes sob a influência da radiação eletromagnética do sol. Poluentes podem erodir estátuas e superfícies pintadas, entre outros.

Dos elementos poluentes, os potencialmente mais prejudiciais para as rochas para revestimento são:

– **dióxido de enxofre:** considerado o poluente mais importante na degradação de rochas (Amoroso; Fassina, 1983).

O SO<sub>2</sub> pode reagir com o ozônio (O<sub>3</sub>), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), vapor d'água e outras substâncias na atmosfera para formar o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que é um dos maiores contribuintes para a chuva ácida.

– **dióxido de carbono:** é um componente menor (0,03%) da atmosfera normal. Quando dissolvido na água da chuva pode provocar a dissolução de carbonatos (calcita e dolomita) em calcários, mármoles e outros, formando bicarbonatos de Ca e Mg. Também pode lixiviar alguns íons metálicos contidos em silicatos (micas, feldspatos etc.) (Amoroso; Fassina, 1983).

Particulados ou aerossóis são partículas de substâncias sólidas (poeira) ou líquidas (gotículas) que permanecem em suspensão no ar. Perfazem cerca de 5%, em peso, dos poluentes atmosféricos e são constituídos de sais de sulfato, gotas de ácido sulfúrico, sais de metais (chumbo ou óxidos de ferro), poeira de partículas finamente divididas de carbono ou sílica, névoas e garoas líquidas, e muitas outras substâncias não-catalogadas.

Chuvas ácidas, assim consideradas quando apresentam pH < 5,6, referem-se tanto à deposição ácida a seco (designação mais correta) como à úmida (Keller, 1996). São produtos ácidos (sulfúrico e nítrico) resultantes da combinação do vapor d'água com partículas de sulfatos (SO<sub>4</sub>) ou nitratos (NO<sub>3</sub>), formados a partir de SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> emitidos na atmosfera. As chuvas urbanas podem ter acidez equivalente a pH 4, e freqüentemente apresentam pH 4,6. Ressalta-se que a ação do ácido neste pH é cerca de 25 vezes maior que no pH 5,6.

As chuvas ácidas afetam os mais diversos materiais de construção (aço, tintas, cimento e outros), inclusive vários tipos de rochas: mármoles ou calcários, arenitos e até granitos (Kobayashi *et al.* 1994). Podem provocar mudanças estéticas (perda de brilho e descoloração) e até funcionais (queda da resistência mecânica, fraturamento e quebra) do material rochoso.

Além dos poluentes mencionados, há também a presença de cloretos em ambientes marinhos (Zivica; Bajza, 2001).

### 3.2. Ação dos poluentes

Uma importante propriedade das rochas é sua durabilidade. A interação da rocha com fenômenos externos torna, porém, a sua durabilidade comprometida, devido às variações de temperatura, ataque ácido de poluentes e outros.

Um parceiro inseparável 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 conseqüência 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.

Clifford Price (1989, *apud* Feilden, 1994) afirma que: “poluentes gasosos podem encontrar seu caminho na superfície de um edifício através de duas rotas principais: dissolvidos na chuva que cai sobre ele, ou reagindo diretamente com a construção”. O primeiro é chamado deposição úmida, e o outro, deposição seca.

A umidade higroscópica, relacionada à absorção da umidade do ar, é considerada fundamental para a deposição seca de gases ácidos. A adsorção higroscópica depende da umidade do ar, da natureza do material, do diâmetro dos poros e da superfície específica.

Sais higroscópicos podem influenciar no teor de umidade de materiais porosos (Grossi; Murray, 1999), pois atraem a umidade do ar e seriam importantes na manutenção do filme de umidade na superfície da rocha. Materiais muito pouco ou não higroscópicos podem se tornar fortemente higroscópicos quando esses sais (incluindo nitratos, cloretos e depósitos anteriores de SO<sub>2</sub>) são aprisionados nos seus poros, o que pode aumentar as taxas de

absorção e oxidação do SO<sub>2</sub> atmosférico para a formação de sais (p.ex. sulfato de cálcio).

A cristalização de sais é considerada um dos agentes intempéricos mais poderosos, pois é por meio dela que ocorre a deterioração de rochas.

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; Theoulakis; Moropoulou, 1997; Benavente *et al.*, 1999).

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 cristalização de sais dentro dos capilares próximo à superfície da rocha propicia a ação mecânica dos sais, nas fissuras, iniciando seu trabalho destrutivo.

A variação do volume molar do sal ao mudar o estado de hidratação pode gerar elevadas pressões em poros e fissuras e, por isso, as características texturais do sistema poroso são fatores determinantes da pressão de cristalização em rochas.

#### **4. DETERIORAÇÕES EM ROCHAS PARA REVESTIMENTO - ESTUDOS DIAGNÓSTICOS E RELATOS**

Por serem produtos do desmonte de materiais rochosos em blocos e de seu desdobramento em chapas, posteriormente polidas e cortadas em placas, as rochas ornamentais podem sofrer modificações, como o aumento do fissuramento, porosidade e outros, que irão favorecer a alteração destes materiais quando usados no revestimento de fachadas ou de pisos, pela atuação das intempéries e

interferência humana (na manutenção e limpeza inadequadas, pichações etc.).

A alteração dessas estará condicionada às características intrínsecas da rocha, ou seja, as propriedades físicas e químicas inerentes à sua mineralogia e alterações preexistentes; aos defeitos gerados no processo de beneficiamento (corte e polimento); e à interação destes com as intempéries e as condições de fixação, manutenção e uso (Winkler, 1997).

Frasca (2003), a partir das informações obtidas em estudos diagnósticos, elaborou e realizou ensaios de alteração intempérica acelerada (Tabela 1) que possibilitaram investigação das propriedades intrínsecas mais influentes na degradação de rochas graníticas selecionadas.

**Tabela 1 - Ensaios de alteração intempérica acelerada e situações simuladas.**

<b>Situação</b>	<b>ENSAIO</b>	<b>OBJETIVO</b>
<b>Variações Térmicas</b>	Exposição de ladrilhos polidos a choque térmico.	Verificar eventual queda de resistência da rocha, após ciclos de aquecimento e resfriamento imediato em água.
<b>Ação de Poluentes</b>	Exposição de ladrilhos polidos a atmosferas ácidas e salinas, em câmaras climáticas.	Simulação de ambientes urbanos poluídos (umidade e H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) e marinhos (névoa salina), potencialmente degradadores de materiais rochosos.
<b>Ação da Cristalização de Sais</b>	Imersão parcial em solução ácida (ácido sulfúrico - 1N).	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 resultados, verificados pela observação visual e microscópica dos efeitos dos ambientes simulados, evidenciaram alguns mecanismos de deterioração:

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- oxidação da rocha e de minerais: relacionada ao comportamento do ferro, em virtude de seu potencial de oxidação nos ambientes exógenos. No caso, o pH ácido (exposição ao dióxido de enxofre e imersão parcial em ácido sulfúrico) ou as variações bruscas de temperatura e umidade. O amarelamento de algumas rochas, nessas mesmas condições também foi relacionado à oxidação e provável remobilização local do ferro;
- clareamento da rocha: 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, anteriormente presentes nas mesmas;
- cristalização de sais (eflorescências e subeflorescências): evidenciada 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, facilitadora da percolação e retenção de água (e elementos carregados), possibilita 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.

A presença de ferro na estrutura cristalina dos minerais e os graus de alteração e de microfissuramento revelaram-se as propriedades petrográficas mais relevantes, condicionantes das degradações verificadas em laboratório, que por sua vez são muito semelhantes àquelas verificadas em ensaios diagnósticos, como exemplificado a seguir.

Estudos diagnósticos são baseados em estudos petrográficos e mineralógicos, que constituem uma ferramenta básica para o entendimento destas alterações e para a proposição de medidas mitigadoras e preventivas de deteriorações em rochas.

#### 4.1. Degradações Relacionadas à Alteração Mineral

Como exemplo pode ser citado o aparecimento de cavidades em placas polidas de monzogranito, que exibiu cavidades superficiais, com 4 mm a 8 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade, resultantes do desprendimento de fragmentos minerais, após período de armazenamento por paralisação de obra.

A análise petrográfica revelou intenso microfraturamento, tanto na superfície polida quanto no seu interior, e forte alteração de plagioclásio em argilominerais (Figura 2), bem como da biotita. Por difração de raios X se detectou a predominância de argilominerais do grupo da illita, com quantidades menores de esmectita - grupo de argilominerais expansivos - e da vermiculita.



**Figura 2 - Lâmina delgada da superfície polida, exibindo cristal de feldspato (plagioclásio) com núcleo fortemente alterado em argilominerais. Notar, no centro, fissura transgranular e cavidade, decorrente do desprendimento de material.**

polarizadores cruzados

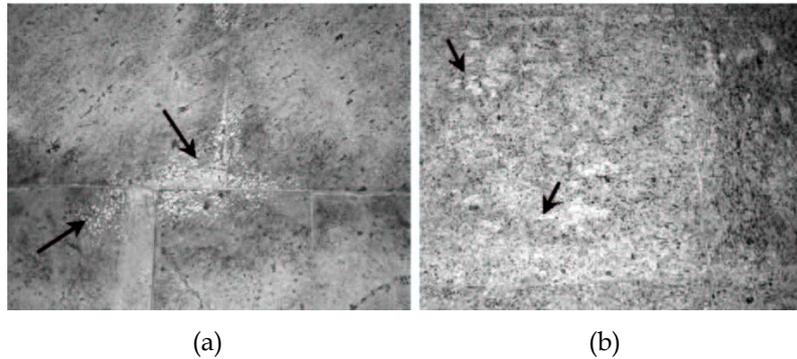
O diagnóstico dessa degradação indicou que a pressão de expansão das esmectitas, quando hidratadas, aliada ao intenso microfissuramento da rocha e à forte alteração do plagioclásio, promoveu o desprendimento de fragmentos de minerais.

#### 4.2. Degradações Relacionadas a Subflorescências

A ocorrência do fenômeno de subflorescência tem sido verificada em tipos rochosos de procedências geológicas e locais de beneficiamento distintos, geralmente em pisos térreos de edificações, residenciais ou comerciais, assentados com argamassa. Os gnaissees contendo granada e sillimanita são os tipos rochosos mais afetados.

As patologias consistem na deterioração da superfície polida, iniciando pela perda de brilho, conferindo aspecto opaco, em áreas de

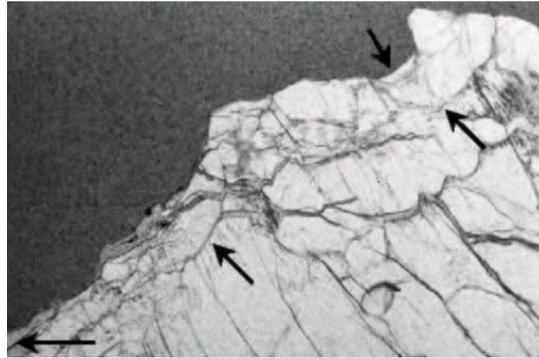
dimensões e formas variáveis, e posterior despegamento de fragmentos de minerais (Figura 3).



**Figura 3 - Degradações pela ação de subflorescências, atingindo as proximidades de juntas (a) até o ladrilho inteiro (b), com formação de protuberâncias de cor branca (a) ou cavidades (b) decorrentes do desprendimento de minerais.**

O exame petrográfico permitiu observar que os cristais de plagioclásio tendem a se apresentar moderadamente alterados intempericamente e moderada a intensamente microfissurados. Aparentemente, parte do microfissuramento é de natureza secundária, gerada durante os processos de corte e polimento, o que seria favorecido pelas diferenças relativas de dureza dos minerais (granada e plagioclásio, por exemplo) e pela morfologia dos cristais (formas tabulares a aciculares de sillimanita).

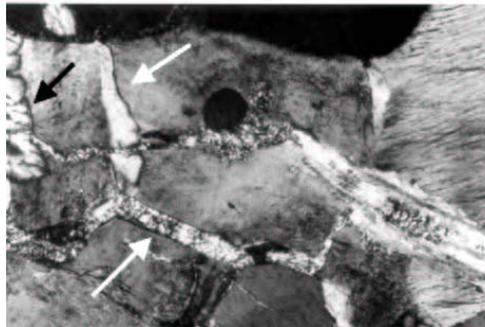
Próximo à superfície polida da placa degradada são comuns fraturas, geralmente subparalelas à superfície polida e por vezes com forma côncava (Figura 4), geralmente com profundidade inferior a 1 mm.



polarizadores paralelos

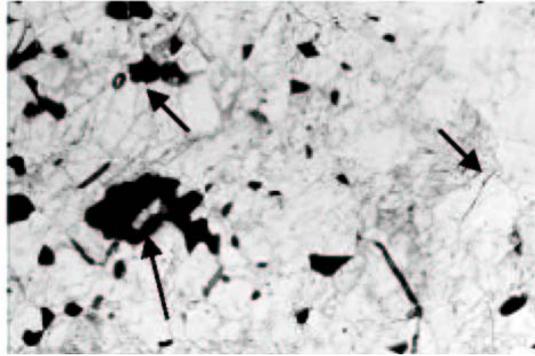
**Figura 4 - Lâmina delgada ortogonal à superfície polida de rocha para revestimento. Notar fissuras côncavas nos locais com desprendimento de fragmentos minerais**

Conclui-se que a alteração do plagioclásio e o microfissuramento (original e secundário) favorecem a percolação de água carregada de sais provenientes da argamassa de assentamento. Ao se atingir condições físico-químicas propícias os sais se cristalizam nas microfissuras subsuperficiais (Figura 5) e a pressão de cristalização provoca o desprendimento de fragmentos minerais (Figura 6).



polarizadores cruzados

**Figura 5 - Lâmina delgada da superfície polida mostrando fissuras e contatos entre grãos preenchidos por sais (identificados como gipso, em MEV-EDS).**



polarizadores paralelos

**Figura 6 - Lâmina delgada da superfície polida exibindo cavidades (áreas escuras) e microfissuras "alargadas", locais potenciais para o desprendimento de minerais**

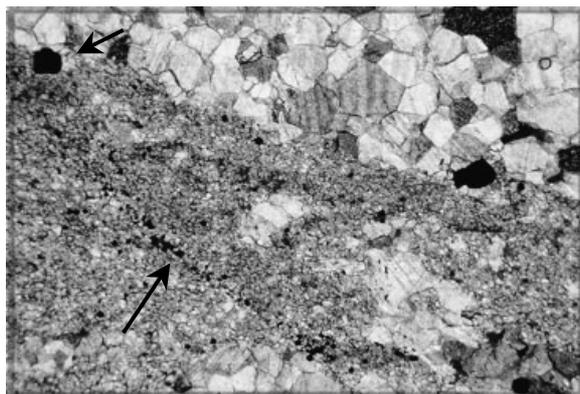
#### **4.3. Degradações Decorrentes da Oxidação/Remobilização de Ferro**

A ação da umidade e a utilização de materiais inadequados para o assentamento ou manutenção podem resultar em manchamentos, que, em geral, se traduzem na forma de áreas de coloração amarelada ou esverdeada, irregulares ou não, dispersas pela rocha.

Mármores de cor branca (tipo Carrara) podem apresentar, até poucos meses após seu assentamento, manchas amareladas irregulares, em especial quando fixado por argamassa, tanto em pisos quanto em paredes ou fachadas.

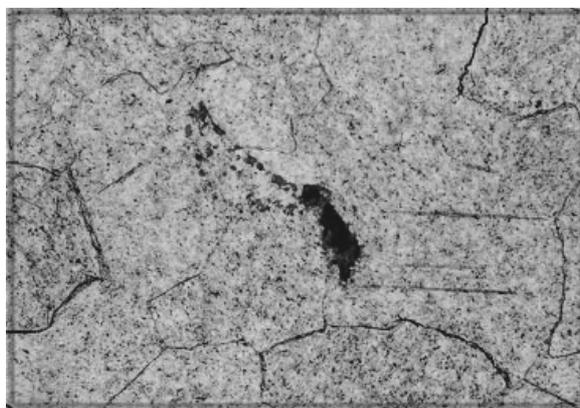
As manchas caracterizam-se, macroscopicamente, por áreas irregulares, de coloração ferruginosa, que se intensificam nas proximidades de porções de cor cinza-escuro.

Ao microscópio, essas correspondem a áreas de granulação muito fina, nas quais estão dispersos abundantes cristais opacos (Figura 7). Pequenas áreas com "manchas" ferruginosas (de dimensões submilimétricas) também podem ser esparsamente observadas, ao redor de mineral opaco e em espaços intergranulares (Figura 8), sugerindo pequena remobilização do local de origem.



polarizadores cruzados

**Figura 7 - Lâmina delgada de mármore, mostrando área de granulação mais fina, que corresponde aos veios macroscopicamente escuros, típicos do material. Notar, em preto, presença de minerais opacos (pirita).**



polarizadores paralelos

**Figura 8 - Lâmina delgada de mármore, exibindo detalhe de concentração ferruginosa (ao centro).**

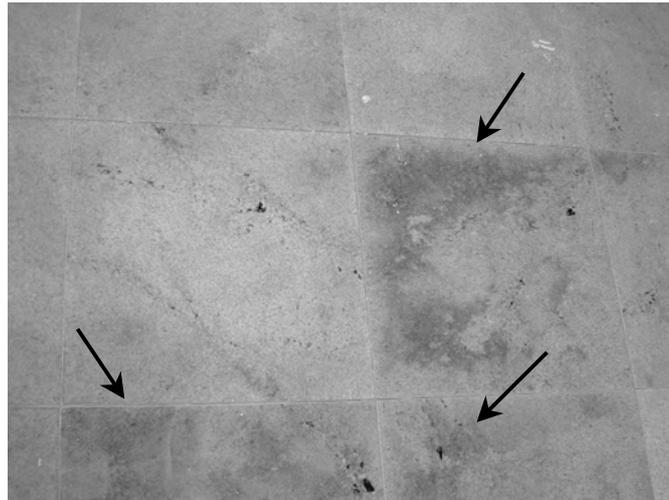
Microscopia eletrônica de varredura com EDS (MEV-EDS) revelou, nestas rochas, a presença de ferro, tanto na forma de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), como homoganeamente disseminado pela rocha, em locais com e sem manchamento. Isto sugere que o manchamento é resultado da mudança do estado de oxidação do ferro natural da

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

rocha ( $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Fe}^{3+}$ ), não se descartando a possibilidade de contribuições externas, como presença de impurezas na argamassa.

Esse fenômeno ocorre principalmente quando o material rochoso é exposto às condições atmosféricas (especialmente a umidade), o que parece se acentuar pela percolação da água da argamassa.

Manchamentos ferruginosos também são observados em rochas graníticas de cor branca, especialmente gnaisses com granada (Figura 9).



**Figura 9 - Ladrilhos polidos de rocha granítica, de cor branca, exibindo manchamento ferruginoso provavelmente decorrente do contato acidental com reagentes químicos**

Esses materiais mostram comportamento peculiar em testes de resistência ao ataque químico de reagentes de produtos de limpeza. Na presença de ácido clorídrico exibem marcante desenvolvimento de cor vermelho-alaranjado (de ferrugem) e na de ácido cítrico e hipoclorito de sódio, leve modificação para tonalidade verde-claro a amarelado.

Essas modificações, provavelmente, também decorrem da oxidação do ferro, dado o caráter oxidante desses reagentes, especialmente o ácido clorídrico.

No caso em discussão, isto aponta para a possibilidade de contato com produtos contendo estes reagentes, durante a colocação ou na limpeza da rocha.

Em suma, fica evidenciada a instabilidade química dos componentes minerais da rocha frente às variações de pH, principalmente no contato com substâncias ácidas, reforçando a necessidade de cuidados nas obras e na limpeza e manutenção de rochas ornamentais.

## 5. CONCLUSÕES

Os materiais rochosos usados no revestimento de edificações tendem a se modificar e deteriorar, naturalmente, com o tempo. Esse processo pode se acelerar em condições climáticas agressivas, ambientes poluídos ou pela utilização de procedimentos construtivos ou de manutenção inadequados.

Os processos de deterioração de rochas ornamentais e para revestimento têm sido, ainda em grande parte 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 também são freqüentemente associados às interações com reagentes químicos que compõem produtos de limpeza.

Estudos diagnósticos têm demonstrado que degradações na face exposta da rocha, como inchamento, escamação, despegamento de fragmentos minerais e outros, são decorrentes da formação de eflorescências e subeflorescências, a partir de sais provenientes de argamassas, pelo emprego de procedimentos inadequados de assentamento. Também têm permitido verificar que a maior parte

dos problemas está relacionada ao desconhecimento do usuário sobre as interações da rocha com o ambiente externo, tanto pelas novas condições impostas no beneficiamento e na aplicação da rocha, como pela poluição e intervenções antrópicas.

Se, por um lado, estão sendo introduzidas novas e mais eficientes técnicas extrativas e industriais para a exploração e beneficiamento de rochas para revestimento, em consonância com seu emprego crescente pela construção civil, por outro, verifica-se que ainda há relativamente pouco conhecimento a respeito desses materiais, especialmente quanto à sua alterabilidade e durabilidade sob as condições a que se expõem, quando em uso.

Ensaaios de alteração intempérica acelerada citados neste trabalho e também em discussão e publicação no âmbito da Comissão Européia de Normalização tornam-se novas importantes ferramentas para ampliação das informações dos produtos pétreos para revestimento, introduzindo a análise dos dados sobre durabilidade entre os critérios de escolha e aplicação do material.

Outrossim, ensejam um novo e vasto campo de pesquisas, no qual se inclui a investigação da eficiência e durabilidade de produtos sintéticos (resinas) na conservação de rochas ornamentais e para revestimento.

#### **REFERÊNCIAS**

- AIRES-BARROS, L. (1991) *Alteração e alterabilidade de rochas*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Nacional de Investigação Científica. 384p.
- AMOROSO, G.G.; FASSINA, V. (1983) *Stone decay and conservation*. Amsterdam: Elsevier. 453p. (Materials science monograph; v.11).
- BENAVENTE, D.; GARCIA DEL CURA, M.A.; FORTE, R.; ORDÓÑEZ, S. (1999) Thermodynamic modelling of changes induced by salt pressure crystallization in porous media of stone. *Journal of Crystal Growth*, v.204, p.168-178.
- DIB, P.P.; FRASCÁ, M.H.B.O.; BETTENCOURT, J.S. (1999)

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- 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.
- FEILDEN, B.M. (1994) *Conservation of historic buildings*. Oxford: Reed Educational and Professional Publish. 345p. FEILDEN, B.M. (1994) *Conservation of historic buildings*. Oxford: Reed Educational and Professional Publish. 345p.
- 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. (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.
- GIACOMELLI, V., PEREGO, G. (s.d.) Degradation of stone. Disponível em: <[http://www.eni.it/english/notizie/mediteca/specials/s\\_pietro/pietra.html](http://www.eni.it/english/notizie/mediteca/specials/s_pietro/pietra.html)>. Acesso em: 18/04/2003.
- GROSSI, C.M.; ESBERT, R.M.; DÍAZ-PACHE, F. (1998) Degradación y durabilidad de materiales rocosos de edificación en ambientes urbanos. *Materiales de Construcción*, v.48, n.252, p.5-25.
- GROSSI, C.M.; MURRAY, M. (1999) Characteristics of carbonate building stones that influence the dry deposition of acidic gases. *Construction and Building Materials*, v.1, p.101-108.

- KELLER, E.A. (1996) *Environmental geology*. New Jersey: Prentice Hall.
- KOBAYASHI, S., SAKAMOTO, T., KAKITANI, S. (1994) Effects of acid rain on granitic building stone. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 7., 1994, Lisbon. *Proceedings...* Rotterdam: A.A.Balkema. v.5, p.3651-3658.
- THEOULAKIS, P.; MOROPOULOU, A. (1997) Microstructural and mechanical parameters determining the susceptibility of porous building stones to salt decay. *Construction and Building Materials*, v.11, n.1, p.65-71.
- UCHIDA, E.; OGAWA, Y.; MAEDA, N.; NAKAGAWA, T. 1999. Deterioration of stone materials in Angkor monuments, Cambodia. *Engineering Geology*, v.55, p.101-112.
- VICENTE, M.A.; DELGADO-RODRIGUES, J.; ACEVEDO, J. (Ed.) (1996) *Degradation and conservation of granitic rocks in monuments*. Brussels: European Commission. 471p. (Protection and Conservation of the European Cultural Heritage, Research Report no 5).
- WINKLER, E.M. (1997) *Stone in architecture: properties, durability*. 3.ed. Berlin: Springer-Verlag. 313p.
- 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.
- 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.

## ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE LA PIEDRA ORNAMENTAL

*Raúl H. Prado* <sup>(1)</sup>,  
*Miguel Louis* <sup>(1)</sup>,  
*Yolanda Spairani* <sup>(1)</sup>,  
*David Benavente* <sup>(2)</sup>

(1)- Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

(2)- Laboratorio de Petrología Aplicada. Departamento de CC. de la  
Tierra y del Medio Ambiente.

Universidad de Alicante

Apdo. 99, 03080 Alicante Campus de Sant Vicent del Raspeig  
Ap. 99. E-030080. España.

---

### RESUMEN

En el presente trabajo, recogemos en forma metodológica todos aquellos aspectos relacionados con el “estudio diagnóstico de la piedra ornamental”; teniendo en cuenta nuestra experiencia sobre todo en el campo de la restauración de los materiales pétreos naturales y dando mucha importancia a todas aquellas propiedades relacionadas con la porosidad, por su marcada influencia en la conservación de las piedras ornamentales en un clima con las características mediterráneas.

### OBJETIVOS

Ofrecer una aproximación a una metodología de caracterización para el estudio de la piedra ornamental en climas con características mediterráneas.

### DESARROLLO DEL ESTUDIO:

Una vez que pretendemos realizar un estudio a una piedra ornamental, hemos considerado seguir la siguiente metodología de análisis:

- Evaluar los aspectos externos (examen visual)
- Investigación del Sistema Poroso

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- Propiedades Mecánicas
- Propiedades relacionadas con la erosión en Monumentos
- Mediciones por técnicas de análisis instrumental

En cuanto a los aspectos externos, consideramos:

- Color
- Deterioro superficial y desintegración de la roca
- Presencia de organismos vegetales que cubran la superficie
- Deterioro derivado de contaminación ambiental
- Medio ambiente al que se encuentra expuesta la roca.

En relación con el Sistema Poroso y teniendo en cuenta que la **Porosidad** de un material pétreo es un parámetro de conjunto que se define como la relación entre el volumen total de poros ( $V_T$ ) y el volumen total de la probeta o roca ( $V_{prob}$ ). La porosidad de la roca, se puede clasificar dependiendo del grado de interconexión con el exterior. Así se define la *porosidad abierta, conectada o efectiva* de la roca ( $P_A$ ), como el volumen de poros que presentan un cierto grado de interconexión con el exterior ( $V_A$ ), de forma que un fluido puede ser transportado a través de ellos. La *porosidad cerrada, aislada o no comunicada*, ( $P_C$ ), como su nombre indica, será aquel volumen de poros de una roca que no presenta ningún tipo de comunicación con el exterior ( $V_C$ ). Y la porosidad accesible ( $P_{AC}$ ) como la relación entre el volumen accesible ( $V_{AC}$ ) y el volumen de la roca.

Existen técnicas basadas en el desplazamiento de fluidos (Porosimetría de Mercurio, Inmersión, capilaridad, etc) con las que podemos caracterizar el sistema Poroso y además determinar el tamaño de estos y su distribución.

Por otra parte y debido a que la porosidad aparente depende de la accesibilidad del fluido, es necesario especificar el fluido y/o técnica utilizada y analizar la fracción de porosidad abierta a la que no accede el fluido, denominada porosidad (abierta) no accesible. Así determinamos:

- Porosidad absoluta:

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

$$(V_{\text{total}} - V_{\text{solidos}}) / V_{\text{total}} * 100$$

- Porosidad efectiva:  
 $(V_{\text{poros interconect}} / V_{\text{total}}) * 100 \dots$
- Porosidad primaria o deposicional
- Porosidad secundaria o diagenética
- Porosidad selectiva de fábrica
- Porosidad no selectiva de fábrica

Evalutando:

- La relación entre las curvas de intrusión-extrusión (poros de cuello de botella).
- El tratamiento fractal del sistema Poroso.
- La durabilidad de los materiales pétreos porosos.
- El comportamiento hídrico. Curvas capilares
- Los mecanismos de deterioro de las rocas porosas
- Los fenómenos de evaporación-condensación. Por otra parte, también se deben considerar las propiedades mecánicas, que se encuentran en correspondencia a la estructura interna (porosidad, etc.) de las piedras. Entre estas tenemos:
  - Cálculo de las ondas P y las ondas S
  - Cálculo del módulo de Rígidez
  - Cálculo del módulo de Young
  - Cálculo del módulo de Poisson
  - Cálculo del módulo de Elasticidad
  - Resistencia a la flexo-compresión
  - Resistencia al Impacto
  - Dureza al rayado
  - Resistencia al desgaste

Propiedades relacionadas con la erosión en Monumentos.  
Recomendaciones de la Comisión 25-PEM sobre la Erosión y Protección de los Monumentos de la RILEM:

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

De acuerdo a la estructura de la roca;

- Porosidad accesible al agua
- Densidad real y aparente
- Permeabilidad al aire
- Distribución de tamaño de poros (succión). De acuerdo a la presencia y el movimiento del agua;
- Coeficiente de Saturación
- Coeficiente de conductividad del vapor de agua
- Absorción de agua a baja presión (método de la pipeta)
- Curva de evaporación
- Coeficiente de absorción de agua (capilaridad)
- Absorción de agua por gotas
- Cristalización de sales por inmersión parcial y total.
- Resistencia a la heladicidad.

También se debe tener en cuenta, una serie de estudios por técnicas instrumentales, que analizan la composición de los materiales pétreos y nos sirven para corroborar cada uno de los resultados obtenidos, estas son:

- Difracción de Rayos X
- Fluorescencia de Rayos X
- Análisis Químico
- Microscopía Petrográfica por capas delgadas
- Microscopía Electrónica de Barrido
- Análisis de Imágenes.
- Porosimetría de Absorción.

## CONCLUSIONES

Nuestro trabajo refleja la experiencia práctica e investigativa en el estudio de las rocas ornamentales en condiciones de clima mediterráneo, estableciendo aquellos parámetros que nuestro juicio

debemos tener en consideración en los estudios de caracterización de estos materiales.

**BIBLIOGRAFÍA** BRADLEY S and THICKETT D. (1992). An investigation into the movement of moisture and soluble salts in stone. Preliminary observations and experiments. 7 th. Int. Cong. on deterioration and conservation of stone. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon.

LOUIS M., ALONSO J., ALONSO L. & GALVAÑ V. (1991). Geographic, climatic and environmental factors which influence the mechanism of weathering of stone used in the main Monuments of the city of Alicante -Spain-. *European Symposium Science, Technology and European Cultural Heritage. Commission of the European Communities, Oxford*, pp. 388-392.

MAMILLAN M. (1981). Connaissances actuelles des problemes des remontées d'eau par capillarité dans les murs. The conservation of stone II Symp. de Bologne. Rossi-Manaressi, Bologne.

Normas RILEM. Comisión 25-PEM. Protección y erosión de monumentos.

PAULY, J.P. (1996). "Altération alvéolaire: évolution et climatologie. *Mém. Soc. Géol. France*, 169, 421-426.

QUÉNARD D and SALLÉE H. (1991). "Le transfert isotherme de la vapeur d'eau condensable dans les matériaux microporeux du bâtiment". Cahiers du CSTB. Paris.

**ROCHAS ORNAMENTAIS E DE REVESTIMENTO: ESTUDOS A PARTIR DO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO E DE PROJETOS ARQUITETÔNICOS RECENTES**

Antônio Gilberto Costa,  
Pesquisador. CPMT-IGC/UFMG  
Cristina Calixto,  
Mestre. Projeto Pesquisa em Rochas - CPMT-IGC/UFMG  
Maria Elizabeth Silva,  
Doutoranda. Departamento de Geologia - IGC/UFMG  
Javier Becerra Becerra,  
Mestrando. Departamento de Geologia - IGC/UFMG

---

**RESUMO**

Estão sendo investigados tipos de rochas empregadas na construção de edificações, com ênfase para esteatitos, serpentinitos, quartzitos, xistos, calcários e mármores, além das rochas graníticas, movimentadas 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,

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

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 quartzo-feldspáticas, 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 e do Sistema FIEMG/IEL-SIMAGRAN, 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 a cerca 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 junto ao Instituto Superior Técnico de Lisboa, ao 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 Tecnologia per la conservazione e il restauro dei beni culturali da Universidade de Bologna, dentre muitos outros.

## **ROCHAS E MONUMENTOS NO BRASIL**

A partir do levantamento dos materiais empregados na construção de monumentos pétreos brasileiros, constata-se que no passado, calcários, mármores, 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.

## **CALCÁRIOS E MÁRMORES**

Apesar de inadequados para algumas aplicações, os calcários e mármores foram muito usados em revestimentos externos e internos de grandes conjuntos arquitetônicos em cidades litorâneas

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

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 e mármore, brancos, amarelos ou avermelhados e ainda brechas calcárias. 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 calcária da Arrábida na construção de pia de água benta da Igreja do Carmo, em Belém do Pará.**

#### **ESTEATITOS E SERPENTINITOS**

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 Mariana e em Congonhas do Campo (Fig. 02), 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 “panelas 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 - Exemplos de aplicações externas de esteatito em peças que compõem o conjunto arquitetônico do adro da igreja do Bom Jesus do Matozinhos, em Ouro Preto. O material é proveniente de uma mesma lavra, mas apresenta variações de composição e de deterioração.**

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 serpentínico designado Rosso Sacramento, lavrado na região de Araxá e do material extraído na lavra do Viriato, na região de Rio Acima, que recebeu a denominação comercial de 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.

## **XISTOS**

Os xistos, como os clorita xistos ou os sericita-quartzo 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 aplicados em revestimentos diversos nesta região de Minas Gerais e são freqüentemente confundidos com os esteatitos. 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.



**Figura 03 - Exemplos da aplicação de rochas metamórficas de baixo grau em edificações históricas em Minas Gerais. À esquerda utilização de cianita-granada-mica xistos em construções em Mariana. À direita detalhe de um chafariz construído em clorita-sericita-quartzo xisto em Diamantina.**

### QUARTZITOS

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. 04). De modo geral mostram grandes variações em termos de coloração (amarela, rósea etc.), em função dos seus diferentes conteúdos mineralógicos e de seus respectivos graus de oxidação. Dependendo da associação mineralógica, que além do quartzo pode conter: sericita, muscovita, cianita, sillimanita, turmalina e óxidos e ainda das texturas, granoblástica ou granolepidoblástica, podem ser freqüentes as esfoliações ou escamações. Estas alterações nos quartzitos são resultantes da ação de agentes intempéricos, considerando ainda os efeitos em consequência da absorção, desenvolvimento de cristalização salina, hidrólise de suas micas e outros. Em Minas Gerais os quartzitos 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 04 - Construções históricas da região de Ouro Preto com utilização do quartzito, enquanto elemento de estruturação ou de revestimento, mostrando esfoliação e intensa variação de coloração, como resultado da atuação de distintos processos de alteração de parte de seus constituintes mineralógicos.**

#### **PROCEDIMENTOS DE PESQUISA**

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

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

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;
- Avaliação do grau de deterioração com identificação e cartografia dos principais tipos de alterações 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].

## CONCLUSÕES

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/IGC-UFMG, da Rede Nacional de Tecnologia e Qualidade de Rochas Ornamentais (RETEq-Rochas do CETEM/CNPq) e do LABTECRochas do CPMTC/IGC-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.
- BECERRA, J.E.B. & COSTA, A. G. 2003. Processos de alterabilidade en granitos ornamentales brasileiros. Diagnostico y Procesos de Medicion. Congreso Colombiano de Geologia. Medellin, Colômbia.
- BEZERRA, F.N.M. 1999. Mármoles ornamentais de Minas Gerais, novas técnicas de caracterização e prospecção. Dissertação de Mestrado DEGEL/IGC-UFMG, 145p.
- BEZERRA, F.N.M.; COSTA, A.G.; ARANHA, P. 1998. Ensaio 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.
- BARSOATELLI, M.; FRATINI, F.; GIORGETTI, G.; MANGANELLI DEL FÀ, C.; MOLL, 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.
- CALIXTO, C. & COSTA, A.G. 2003. Rochas Ornamentais e de Revestimento: a importância da caracterização tecnológica para

os processos de aplicação e conservação sob a ótica da geologia e da arquitetura. CD-Room XII Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Ouro Preto, Minas Gerais.

CAMPELLO, M.S. & COSTA, A.G. 2003. Metodologia para o emprego do Quantikov - Programa Analisador de Imagens - na determinação da Análise Modal de rocha com aplicação ornamental. CD-Room XII Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Ouro Preto, Minas Gerais.

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.; 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. 2002. Caracterização tecnológica dos esteatitos de Santa Rita de Ouro Preto, Acaiaca e Furquim, em Minas Gerais. Dissertação de Mestrado DEGEL/IGC-UFMG, 81p.

- 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. 1998. Caracterização petrográfica e geoquímica do Maciço granitóide de São Francisco de Paula e seu aproveitamento no setor das Rochas Ornamentais. Dissertação de Mestrado DEGEL/IGC-UFMG, 161p.
- 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 mármores, 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. 2002. Levantamento de técnicas de mapeamento para maciços granitóides com potencial para o setor de rochas ornamentais, com ênfase para as rochas da região de Dores de Guanhães-MG. Dissertação de Mestrado DEGEL/IGC-UFMG, 100p.
- PIMENTA, V.B.; COSTA, A.G. 2001. Sistemática de investigações geológicas na exploração e caracterização de rochas ornamentais com aplicação na região de Dores de Guanhães. CD-Room XI Simpósio 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 Simpósio de Rochas Ornamentais IºSBRO/ .IIº SRON. Salvador BA, 145 p.
- ROSSI, F. 2002. *La Pittura di Pietra*. Giunti Grupo Editoriale, Firenze, 177p.
- SOUZA, C.C.S. de. 2003. A importância da caracterização tecnológica nos processos de aplicação e conservação - ótica da arquitetura. Dissertação de Mestrado DEGEL/IGC-UFMG, 150p.
- 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: Simpósio 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.

## MANIFESTACIONES DE DETERIORO DE LA PIEDRA CALIZA EN LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS DEL LITORAL HABANERO

*Ing. Noemí Rivera Alés MSc.,*

*Ing. María del Carmen López*

Centro Tecnico Prar El Desarrollo De Los Materiales De  
Construccion, Ministerio De La Construccion, Cuba

---

### INTRODUCCIÓN

La riqueza monumental de La Ciudad de la Habana se extiende desde los tiempos de su fundación en el siglo XVI, hasta nuestros días. Sus edificaciones construidas con piedra caliza, poseen una armónica belleza a pesar de los diferentes estilos arquitectónicos. Esta piedra con formación coralina o conchifera arenisca, que la suelen llamar piedra de Jaimanita, ha sido la más empleada como material de construcción, principalmente como elemento estructural (muros, columnas, vigas, arcos, etc.) como recubrimiento (losas de fachadas y de piso). Se pueden observar en El convento de San Francisco, Las diferentes Fortificaciones, El Convento de Belén y muchas otras. Pero en muchos de esos sillares expuestos se podían observar oquedades o zonas donde las materias de formación no llegaron a compactarse definitivamente. Esta fue acaso unas de las causas inhibitorias que ha de tenerse en consideración a la hora de explicar el porque no proliferaron las esculturas, morduras y otras decoraciones barrocas.

Ya a fines del siglo XIX, nuevos yacimientos resultaban prometedores y fue novedoso ver construir con una piedra delicada, de poro cerrado, de color marfil: la capellanía. Este tipo se ha empleado en numerosos edificios de La Habana extramuros, y se puede apreciar en las calles Reina, Belascoaín, San Lázaro y en las casonas palaciegas del Malecón. Los edificios más representativos son los del Palacio de la Presidencial –hoy Museo de la Revolución y el Capitolio. Pero esta piedra resultaría a la postre débil, y ya a finales de la década del 40, en el siglo pasado, se retorno con fuerza a la piedra antigua, donde se vio proliferar esta en innumerables construcciones, dando continuidad a etapas precedentes en que esta piedra era toda una protagonista, pero usándola esta vez como

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

enchape; como ejemplo más sobresaliente por su excelente acabado están los edificios de la Plaza de la Revolución y el de las Fuerzas Armadas Revolucionarias y en los años 50, en las casas de Miramar y Siboney, se pusieron de piso en los alrededores de las piscinas permaneciendo aún. Sin lugar a dudas esta ha singularizado la arquitectura de La Habana desde los tiempos de su fundación.

A lo largo de estos años la piedra ha ido sufriendo una degradación que se ha visto reflejada en la mayoría de los edificios construidos en el litoral habanero principalmente en elementos ornamentales de fachadas. Así el edificio de las Cariátides una de las edificaciones más importante de la época, fue construido en el primer cuarto del pasado siglo, ha estado sometido, al igual que el resto de las edificaciones de esta zona, a un proceso de deterioro que se ha visto acelerado en los últimos tiempos, debido fundamentalmente al inadecuado mantenimiento y a unas eventuales inundaciones y salpicaduras de agua de mar en los períodos invernales.



**Foto 1y 2 Las Cariátides**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Los fenómenos de alteración observados en éste y en los otros edificios de la zona son consecuencia de la acción mutua del medio ambiente, sumamente agresivo y caracterizado por un medio marítimo-urbano, con una elevada humedad relativa, polución, fuertes vientos, altos contenidos de iones cloruros y a las propiedades de los materiales empleados en su construcción que en el caso que nos ocupa, la única variedad pétreo utilizada fue la piedra

De esta forma "Las Cariátides" estaban fuertemente deterioradas con una progresiva degradación o pérdida de cohesión entre sus constituyentes: un aumento de poros y cavidades de diferentes tamaño que hacían peligrar su futura estabilidad, aspecto estos que provocaron la necesidad de nuestro estudio, además de la necesidad de realizar una adecuada restauración de este edificio que sería la sede Centro Cultural Español de La Habana.

## **RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN**

A la vista de los resultados alcanzados en cada uno de los ensayos y análisis efectuados se observa que independientemente del tipo de composición de la piedra con la cual están elaboradas las cariátides que son de naturaleza caliza, el estado de deterioro del material refleja una elevada porosidad abierta. Este aumento del volumen de poros total se manifiesta a su vez en el aumento en la capacidad de absorción de agua y del contenido de sales e iones cloruros, bien aportados por la propia roca o por la humedad capaz de afectar a los materiales pétreos, lo que ha originado una elevada concentración de estos contenidos en la superficie y poros de estas piedras expuestas a la intemperie con una humedad relativa superior a un 86%.

Estas sales provenientes del aerosol marino al evaporarse el agua han precipitado y han quedado atrapadas en el interior de los poros de la piedra, produciendo tensiones locales que han causado una disminución de sus propiedades físico-mecánicas aumentando el volumen de los elementos de piedra que conforman las esculturas y por lo tanto, disminuyen considerablemente su durabilidad frente a las condiciones medio ambientales a que están sometidas.

Por lo que es necesario emprender de inmediato un proceso de limpieza, consolidación y sustitución de las partes de las esculturas y fachadas.

Son numerosas las situaciones donde el deterioro de obras monumentales obliga a la hora de la restauración a una sustitución de sillares o revestimiento de fachadas por piedras de las mismas características que aquellas utilizadas originalmente. Por esto se hace necesario que el Arquitecto responsable de la obra conozca las características y propiedades de las canteras que se encuentran en explotación, con el fin, que se realice una correcta elección de la piedra, para que esta tenga el uso adecuado en función de su calidad. Dándole la posibilidad al cantero que este ejecute su trabajo en la variedad escogidas.

### **ASPECTOS DE LA CANTERA: PIEDRA JAIMANITA**

A la hora de ejecutar estos trabajos es importante ir a la búsqueda de las canteras que históricamente fueron los puntos de abastecimiento o, en su caso, yacimientos de rocas de similares características. En este caso la cantera de piedra caliza, se localiza en el poblado de Jaimanita al oeste de la Habana, siendo también el lugar donde está ubicada la principal empresa productora. Desde el punto de vista geológico, las zonas donde se localizan las explotaciones se encuentran situadas en la denominada formación Jaimanita la más joven de la formación calcárea representada por biocalcarenita, caliza organógenas arcillosas, calizas pelitomórfica recristalizada, caliza biohérmica conchifera, biohérmica coralina y coralina conchifera. La estructura del yacimiento es en forma de capa contigua que se extiende de oeste a este con contacto sinuoso que dependen de la morfología del relieve.

La roca útil dentro de este yacimiento la constituyen calizas conchíferas coralinas, teniendo mayor desarrollo en las zonas cercanas a la costa, a medida que nos alejamos de la costa este material se hace algo arcilloso.

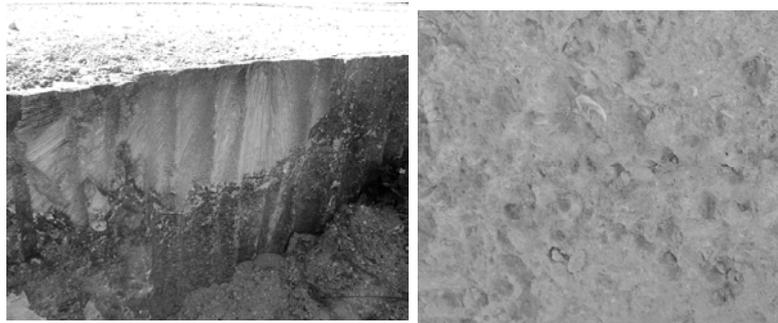
El carso en el yacimiento es superficial, representado por pequeñas cavernas que de forma general se encuentran rellenas por

arcillas pardo rojiza y/o calcita y fragmentos de calizas coralina – conchifera de diversos tamaños.

Dentro de este yacimiento, se está explotando dos variedades litológicas la caliza conchifera coralina y la caliza organógenas arcillosas.

### **CALIZA CONCHIFERA CORALINA**

Su principal característica es la presencia de una elevada proporción de carbonato de cálcico. Origen netamente marino, formadas principalmente por acumulación de conchas y esqueletos calcáreos de seres marinos o de agua dulce depositados como sedimento en el fondo de mares y lagos. Los depósitos se formaron al ocurrir una fase trasgresiva bastante estable que cubrió la zona litoral de la antigua Isla y al retirarse el mar (regresión) dejó una acumulación de sedimentos organógenos calcáreos de edad pleistocénica, los que a su vez formaron las rocas que hoy son objetos de estudio. Los nódulos semejan huevos de pescado, resultando de la acumulación de conchas o granos y légamo. Son de forma esférica u oval, pudiendo observarse a simple vista; su dureza y textura son variables, así como su aspecto. El cemento que constituye esta roca tiene composición calcárea.



**Foto 3 y 4 Vista parcial y textura de la caliza conchifera coralina**

#### **Las características físico mecánicas de estas rocas**

Resistencia mecánica:

- Compresión estado seco y saturado: entre 40 y 244kg/cm<sup>2</sup>

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- Flexión: 44kg/cm<sup>2</sup>
- Absorción: 6-19,2%
- Abrasión: 0,80g /cm<sup>2</sup>

### **CALIZA ORGANÓGENAS ARCILLOSAS**

Están formadas por destrucción de rocas preexistentes, debido a la acción de vientos o aguas y depósitos de las partículas en capas o estratos. Los constituyentes principales son cristales o granos de cuarzo y el cemento de que los une, de los cuales depende la calidad de la piedra; la presencia de un cemento de calidad inferior es la causa principal de la desintegración de las superficies expuestas. Los materiales de unión son numerosos: sílice, arcilla, óxidos de hierro, caliza o dolomita; en general es una combinación de ellas, con predominio de una. A veces los granos o cristales de cuarzo se han unido por acción de la presión y la temperatura, dando origen a una cuarcita. Su grano varía desde el muy fino al de la arena gruesa, mientras que el color depende sobre todo del material de unión; los rojos, pardo y amarillo se deben a los óxidos de hierro, mientras que los blancos a la mezcla de cuarzo claro con arcillas o margas libres de dicho metal.



**Foto 5 y 6 Vista del área de explotación de la Caliza Organógenas Arcillosas**

### **Las características físico mecánicas de estas rocas**

Resistencias mecánica:

- Compresión estado seco y saturado: entre 62 y 476kg/cm<sup>2</sup>
- Flexión en estado seco : 59kg/cm<sup>2</sup>
- Absorción: > 8% Esta alta absorción es debido a la alta porosidad presente en este material.
- Abrasión: 0,5g /cm<sup>2</sup>

Por encontrarse el parámetro de abrasión en los límites permisibles no es recomendable emplearla en pisos.

Dentro de las litologías presentes en el yacimiento se encuentran cristalizaciones en capas de pequeños espesores alternadas con capas no cristalizadas fenómeno que no es posible separar desde el punto de vista práctico y esto trae como consecuencia que los resultados de absorción y resistencia que dependen de las probetas ensayadas presentan una alta dispersión en los resultados.

Las areniscas deben colocarse en la construcción de modo que dichas láminas queden colocadas, conforme a su posición en el estrato. Ya que si se emplean con los estratos dispuestos al paramento, las superficies expuestas se exfolian con la consiguiente desintegración y rotura; por eso toda piedra con las capas dispuestas de dicho modo deben rechazarse.

### **CONCLUSION**

Puede afirmarse que son las humedades, la cristalización de sales y la falta de mantenimiento los principales responsables de la degradación que sufren la mayoría de las edificaciones de piedra del litoral Habanero. Esta arenisca es blanda y se caracteriza por ser un material altamente poroso y por consiguiente favorable a la circulación de las aguas en su interior.

Hay que tener en cuenta, para las futuras intervenciones la selección adecuada de la piedra en concordancia con el medio ambiente que la rodea, garantizando como característica

fundamental una alta resistencia a los agentes atmosféricos en dependencia de su estructura física y no de su composición química.

#### **BIBLIOGRAFIA**

1. Bustillo, M; Calvo, J.P. y Fueyo, L: Rocas Industriales Tipología Aplicaciones en la Construcciones y empresas del sector. Editorial Rocas y Minerales. Madrid 2001.
2. Leal, E.: Conferencia ofrecida para la Revista IMC. La Habana 1997.
3. Cortes, J.M. y Fernández, J.M: Rehabilitación y durabilidad de fachadas de piedra. Cuaderno INTEMAC. Madrid, 1995.
4. Warland, E.G.: Cantería de Edificación. Editorial Revesté S.A. Barcelona 1953.
5. Informes Geológicos de piedra Jaimanita consultados. La Habana, 1999.
6. Informes Geológicos de yacimiento Capellanía consultados. La Habana, 2000.
7. Fichas técnicas: Corporación Mármoles Cubanos. La Habana 1998.
8. Manual de Diagnosis: Tratamiento de Materiales Pétreos y Cerámicos. Colegio de Aparejadores Arquitectos Técnicos de Barcelona. Oviedo 1997.
9. Rivera, N.; Prado, R.; Fernández, A. y Marqués, B.: Causa del deterioro de la fachada de piedra en el edificio Las Cariátides. Revista Restauración 1998.

## ESTUDIO DE LA ACCIÓN BIOLÓGICA EN EL DETERIORO DE LA PIEDRA

María Beatriz Ponce  
INTEMIN - SEGEMAR, Argentina  
[Bea@inti.gov.ar](mailto:Bea@inti.gov.ar)

---

### INTRODUCCIÓN

Si bien los mármoles y granitos se han usado exhaustivamente desde tiempos remotos hasta nuestros días, es un hecho que los mismos han experimentado con el correr del tiempo cambios. Tales cambios tuvieron orígenes diversos provocando distintos efectos, los cuales se intenta interpretar para luego realizar propuestas sobre procedimientos aplicables en el futuro uso de estas rocas en obra.

Es evidente que las solicitaciones a las que se encuentra expuesta una piedra usada como revestimiento exterior de un edificio será totalmente diferente a la empleada como piso interior, elemento estructural o cualquier otra variante.

También serán diferentes los métodos usados para el estudio y análisis ya sea en campo o en laboratorio.

Entre los factores que causarán algún tipo de deterioro se encuentra el que está relacionado con la actividad biológica. En el presente estudio se muestran los resultados de dos de los casos que forman parte de un amplio trabajo que se encuentra en ejecución sobre numerosos edificios y monumentos de Buenos Aires, Argentina

### MÉTODO DE ESTUDIO

Consistió en primer término en la realización de una *Ficha* (Fig.1) en la cual pudieran volcarse la mayor cantidad de datos posibles relacionados con la forma de uso, estado *de visu*, antigüedad,

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

técnica de colocación, tipo de exposición y cualquier otro elemento considerado de interés para la interpretación de los resultados.

FICHA N° .....FECHA DE RELEVAMIENTO:.....ANTIGÜEDAD OBRA.....	
<input type="checkbox"/> EDIFICIO.....	<input type="checkbox"/> MONUMENTO..... <input type="checkbox"/> OTROS.....
<input type="checkbox"/> IDENTIFICACION.....	
<input type="checkbox"/> UBICACIÓN:.....	
<input type="checkbox"/> CONSTRUCTOR:.....	
VARIEDAD(ES) DE PIEDRA(S).....	
TIPO DE INSTALACION	TERMINACION
<input type="checkbox"/> EXTERIOR	<input type="checkbox"/> PULIDO
<input type="checkbox"/> INTERIOR	<input type="checkbox"/> FLAMEADO
<input type="checkbox"/> PISOS	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE
NATURAL DE CORTE	
<input type="checkbox"/> PAREDES	<input type="checkbox"/> RUSTICA
<input type="checkbox"/> PAVIMENTOS	<input type="checkbox"/> SUPERFICIE TEXTURADA
<input type="checkbox"/> ENTRADA	<input type="checkbox"/> APOMAZADA
<input type="checkbox"/> COCINA	<input type="checkbox"/> MARTELINADA
<input type="checkbox"/> BAÑO	<input type="checkbox"/> VITRIFICADA
<input type="checkbox"/> HALL /LOBBY	<input type="checkbox"/> ENCERADA
<input type="checkbox"/> MESADA	<input type="checkbox"/> ARENADA
<input type="checkbox"/> SILLARES	<input type="checkbox"/> OTROS
<input type="checkbox"/> OTROS	
AMBIENTE DE EXPOSICION:	
<input type="checkbox"/> ALTO TRANSITO	<input type="checkbox"/> MEDIO <input type="checkbox"/> BAJO TRANSITO
<input type="checkbox"/> RESIDENCIAL	<input type="checkbox"/> COMERCIAL <input type="checkbox"/> MASCOTAS
<input type="checkbox"/> LLUVIA	<input type="checkbox"/> VIENTO <input type="checkbox"/> HUMEDAD
<input type="checkbox"/> ACCION MICROBIOLÓGICA	<input type="checkbox"/> PLANTAS SUPERIORES
<input type="checkbox"/> ASOLEAMIENTO	<input type="checkbox"/> LLUVIA ACIDA <input type="checkbox"/> VANDALISMO
<input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO ALTO	<input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO BAJO <input type="checkbox"/> NULO
ORIENTACION.....POSICION.....INCLINACION.....	
OTROS DATOS:.....	

**Figura 1.- Modelo de Ficha**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

La metodología empleada en laboratorio incluyó análisis mineralógicos con microscopio óptico, difracción por rayos X, microscopio electrónico de barrido (SEM) y microsonda.

En los casos pertenecientes a monumentos, también fue considerada la técnica utilizada por el escultor, ya que el tipo de trabajado de la piedra puede influir en el comportamiento de la misma a través del tiempo.

Básicamente, existen dos grandes grupos causales de deterioro que responden a causas externas a la piedra y aquellos considerados internos y que se hallan directamente vinculados a las características de la misma.

<u>FACTORES EXTERNOS:</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* agentes climáticos: temperatura, humedad, lluvia, asoleamiento, viento, gases contaminantes</li> <li>* Uso inadecuado               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Acción biológica</li> <li>* Acción antrópica</li> </ul> </li> <li>* Método de explotación</li> <li>* Método de elaboración</li> <li>* Características topográficas de emplazamiento y su entorno inmediato</li> </ul>
<u>FACTORES INTERNOS:</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Características mineralógicas</li> <li>* Características físico-mecánicas</li> <li>* Características químicas</li> </ul>

## CASOS ESTUDIADOS

### 1.- Revestimientos calizos pertenecientes a las fachadas del Palacio del Congreso Nacional

La piedra se identifica como una caliza de bajo grado metamórfico. Macroscópicamente se observa que posee cierto bandeamiento (1). La mineralogía está representada por cristales de calcita y dolomita; suele aparecer serpentina de tipo fibroso entre los carbonatos, arcillas y óxidos de hierro.

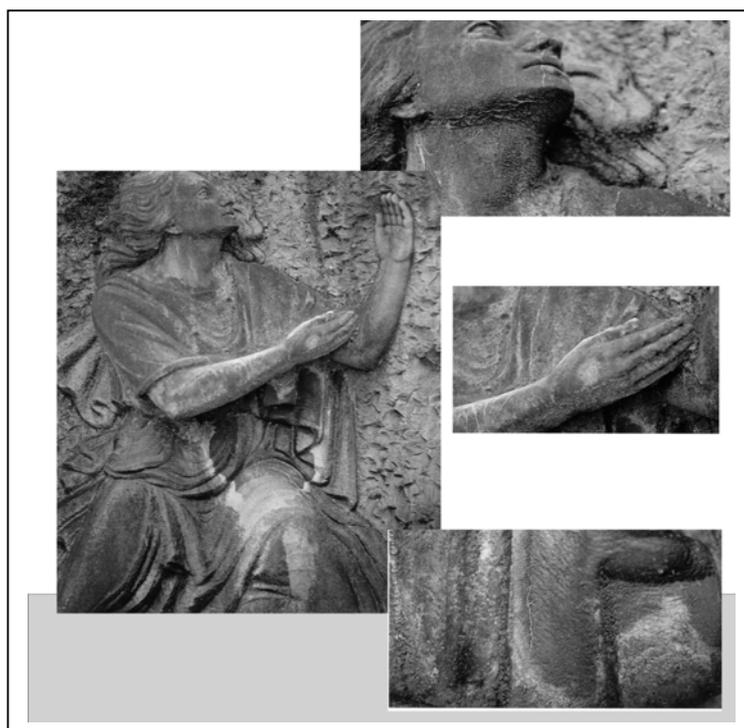
Tipo de deterioro: Se manifiesta en parte de los cristales de carbonato de calcio debido a un proceso de disolución el que se manifiesta en una superficie irregular con zonas de venillas protuberantes, correspondientes a minerales de mayor resistencia química. También la acción biológica (colonias de algas y musgos) provoca el desprendimiento en forma de exfoliación de finas capas superficiales de la piedra. La acción del guano de las palomas produce un ataque químico dejando una superficie cavernosa a escala microscópica. La aparición de eflorescencias y estalactitas formadas por carbonato de calcio, natrón (carbonato hidratado de sodio) y yeso indican el aporte de la misma caliza y del mortero de fijación.

En la tabla que se muestra a continuación, es posible mediante un análisis elemental con microsonda verificar la presencia de azufre y fósforo ambos provenientes de la actividad biológica y de los gases de SO<sub>2</sub> de la atmósfera.

MUESTRAS	ELEMENTOS QUÍMICOS %								
	Mg	Al	Si	S	P	K	Ca	Ti	Fe
1	3,4	7,0	29,0	---	22,0	1,5	35,0	---	2,5
2	17,0	9,0	42,0	8,0	----	3,0	13,0	1,8	6,4
3	9,0	3,0	40,0	21,0	----	0,7	24,0	----	1,2
4	2,8	6,4	38,0	---	21,0	3,5	18,0	----	10,0

## 2.- Sepulcro Olivera de Pignetto (cementerio de la Recoleta)

Con excepción del zócalo que es una migmatita granítica, esta obra fue realizada en dolomita, por el escultor Perlotti y presenta una figura de mujer donde se destaca el cincelado en el *modelo de los pliegues de la vestimenta de formas decorativas, con la superficie alisada en brazos, manos y rostro, generando la atención por oposición al fondo texturado* (2).Fig.2

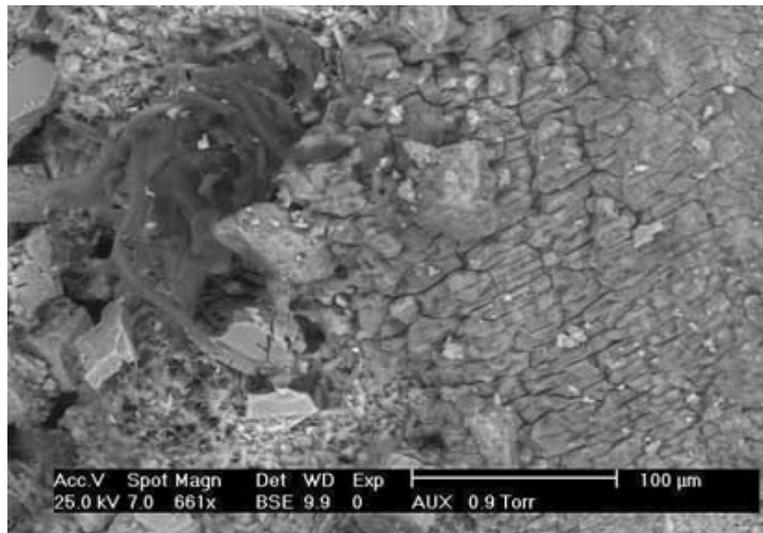


**Fig. 2 - Sepulcro Olivera de Pignetto Detalle del rostro, Manos y túnica**

El análisis mineralógico reveló que si bien la mayor parte corresponde a una dolomita, existe una parte que es calcita y ankerita.

Tipo de deterioro: Mayormente asociado al ataque biológico el cual se manifiesta en los análisis por SEM en la presencia de cristales corroídos por los ácidos orgánicos (Fig.3), como también desintegración mecánica de la superficie por la acción de las raíces. Es evidente el desarrollo de pátinas de diferente tonalidad según la época del año, que producen cambios estéticos en la obra.

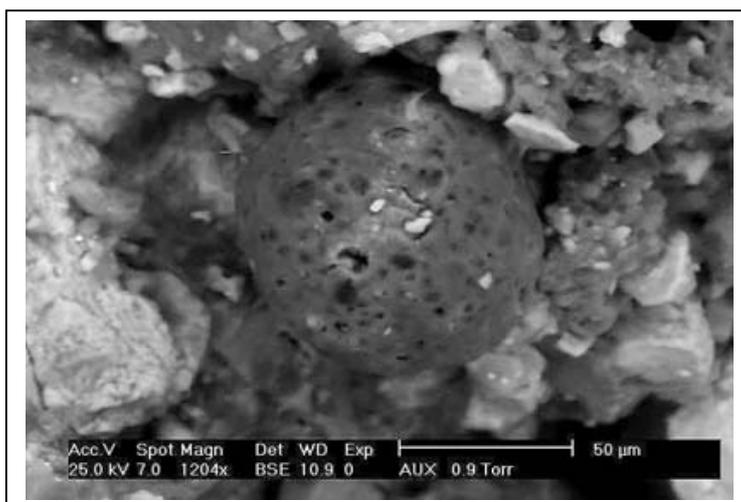
*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*



**Fig. 3 - Detalle de cristales corroídos y desintegración mecánica de la capa superficial de la piedra por la penetración de líquenes.**

Los análisis realizados evidencian en algunos casos una llamativa concentración de Si y Al la cual es posible de ser asociada a la presencia de algas filamentosas, puesto que la mineralogía revela composición dolomita y calcita. Esta situación se asocia al desarrollo de una pátina de color neutro cálido.

En otros sectores se evidencia una alta concentración de C y presencia de P y Ca, lo cual lo relaciona con el desarrollo de cianobacterias. También a través de SEM se detectan partículas de origen atmosférico, denominadas cenosferas carbonáceas (Fig 4).



**Fig. 4 Identificación de cenosferas carbonáticas**

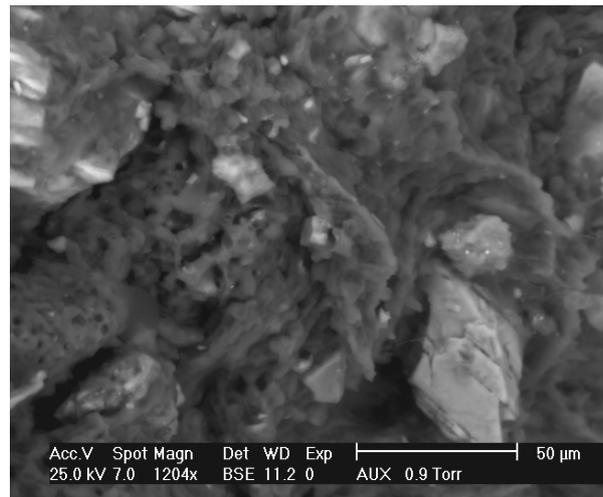
En el sector correspondiente a la base formada por la migmatita granítica, se produce una alta concentración de microcristales de Fe por efecto de la biocolonización, como también el ataque químico que sufren los minerales “inestables” del granito, que en este caso están representados por los feldespatos y las micas.

### **3.- Monumento a Nicolás Avellaneda**

Corresponde a una obra realizada en mármol de Carrara y está categorizado como Monumento Histórico Nacional. Se encuentra dentro del predio del cementerio de la Recoleta, en Buenos Aires.

En este caso es interesante mencionar el desarrollo de costras negras donde la acción biológica se ve acompañada por la atmosférica, tal como se deduce de los análisis efectuados por SEM y microsonda.

La costra está compuesta esencialmente por yeso asociado a oxalato de calcio - whewellita (3), siendo su color negro producto de la presencia de C principalmente debido a la actividad biológica, la cual ha modificado la estructura de la capa superficial del mármol por la introducción de filamentos de algas y hongos (Fig.5).



**Fig. 5 - Modificación de la superficie de la piedra por la introducción de algas y hongos**

No obstante, la actividad biológica no llega a borrar las características estéticas de la obra y dependiendo de la especie desarrollada en ciertos casos produce un efecto preservador de la piedra.

## CONCLUSIONES

El estudio del deterioro de las piedras cualquiera sea su composición, debe realizarse de forma meticulosa, en especial cuando se refiere al efecto de la acción biológica.

Los casos presentados permiten asegurar que cualquier estudio sobre deterioro debería ser encarado desde un grupo multidisciplinario, para implementar técnicas adecuadas de estudio e interpretación de los fenómenos que pueden desarrollarse.

También desde la misma óptica deben realizarse las propuestas de restauración y/o mantenimiento como una forma de conservar los lineamientos estéticos de la obra.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Ponce de De Maio, M.B. y Domínguez, M. 1993. Deterioration and Conservation of the National Congress Building Stone, Argentina. Proceeding of the International RILEM/UNESCO Congress "Conservation of Stone and Other Materials". París.
- 2.- Crespo, M; Orsetti, A y De Maio, B. 2001. Biodeterioration Diagnosis of a Relief Belonging to the Grave of Olivera de Pignetto in Recoleta Cemetery, Argentina. Actas Fourth Latin American Biodeterioration and Biodegradation Symposium, Buenos Aires, Argentina
- 3.- Crespo, Miguel y Ponce María Beatriz. 2002. Las costras negras y su incidencia en el deterioro de monumentos pétreos del cementerio de la Recoleta. Actas VI Congreso Internacional de rehabilitación del Patrimonio, 8 -12 septiembre. Ayolas, Misiones, Paraguay

**Capítulo V**  
***A camino del Éxito***  
***Experiencias Positivas***

---

**REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E QUALIDADE EM  
ROCHAS ORNAMENTAIS - RETEQROCHAS**

*Carlos C. Peiter,  
Francisco W. H. Vidal,  
Regina C. C. Carrisso ,  
Nuria F. Castro*  
Centro de Tecnologia Mineral  
CETEM/MCT, Brasil

**HISTÓRICO**

Em outubro de 1999, em um Fórum Nacional, realizado no Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, no Rio de Janeiro, foi largamente discutida e aprovada a implementação da Rede de Tecnologia e Qualidade em Rochas Ornamentais - RETEQROCHAS por mais de setenta representantes de entidades públicas e privadas relacionadas ao setor das rochas ornamentais e também por representantes do governo. O assunto já vinha sendo discutido em encontros anteriores nos quais os participantes concordaram na necessidade de estimular o setor das rochas ornamentais no Brasil.

Dessa forma, a RETEQ-ROCHAS iniciou seu andamento como articulador de esforços dos envolvidos no setor, facilitando uma maior integração entre todos eles com o intuito de dinamizar a produção, o beneficiamento e a comercialização das rochas ornamentais no país. O CETEM vem atuando como coordenador e gestor dos recursos do Fundo Setorial de Mineração, obtidos em dezembro de 2001, pelo projeto de implementação apresentado ao MCT pelo Centro de Tecnologia Mineral. O projeto foi aprovado, com redução do orçamento, conforme mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Orçamento proposto e aprovado da RETEQROCHAS pelo CT Mineral (Em R\$ 1.000)**

<b>Rubrica</b>	<b>Proposto</b>	<b>Aprovado</b>	<b>Diferença</b>
Custeio	225	115	110
Capital	100	100	- 0 -
Bolsas	277	126	151
Total	602	341	261

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Em 16 de abril de 2002, realizou-se a primeira reunião de trabalho da RETEQROCHAS, na qual foram discutidos os principais desafios e métodos da Rede coordenada por uma equipe do CETEM/MCT, contou com a participação de trinta e seis representantes de vinte e seis entidades diferentes; instituições governamentais, centros de pesquisa, universidades, sindicatos e associações de produtores e consultores da área de rochas ornamentais.

De acordo com o projeto original, a Rede centraliza sua atuação seguindo quatro linhas temáticas: *Estudos e pesquisas temáticas, Projetos específicos próprios ou desenvolvidos juntamente com outros parceiros, Informação e divulgação e Articulação de redes regionais.* Na reunião, foi discutido e aprovado o diagrama de atividades propostas apresentado pelo CETEM no projeto de implementação, obtendo-se, no final da mesma, a proposta de atuação da RETEQROCHAS, representada na Figura 1.



Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores

## **PARCEIROS DA REDE**

A seguir, apresentamos a lista dos parceiros da rede, alguns dos quais não estiveram presentes naquela primeira reunião e entraram a formar parte posteriormente.

Agência Goiana de Desenvolvimento - AGIM  
Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais - ABIROCHAS  
Associação Brasileira de Fabricantes de Maquinas para a Indústria de Rochas Ornamentais - ABIMAQ  
Centro de Tecnologia Mineral - CETEM  
Centro Tecnológico do Mármore e Granito do Espírito Santo - CETEMAG  
COMIN - BA  
Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM  
Consultoria Bamburra Ltda.  
Consultoria CONDET  
Consultoria Kistemann&Chiodi  
Consultoria Thiago Bevilacqua  
Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro - DRM-RJ  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP  
Fundação Cearense de Apoio à Pesquisa - FUNCAP  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT  
Instituto Estadual de Pesquisa do Amapá - IEPA  
Instituto Nacional de Tecnologia - INT  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Núcleo de Tecnologia do Estado do Ceará - NUTEC  
Secretaria de Promoção do Comércio Exterior - SECEX  
Serviço Nacional de Aprendizado Industrial - SENAI  
Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais de Espírito Santo - SINDIROCHAS  
Sindicato de Mármoles e Granitos de Rio de Janeiro - SIMAGRAN-RJ

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Sindicato de Mármoles e Granitos de São Paulo - SIMAGRAN-SP

Sindicato de Mármoles e Granitos do Paraná - SIMAGRAN- PR

Universidade Estadual de São Paulo - UNESP

Universidade Estadual do Ceará - UECE

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Universidade Federal de Rio Grande do Sul - UFRGS

Universidade Federal do Ceará - UFC

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Universidade Mackenzie de São Paulo

### **ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Em apenas dois anos, são muitas as atividades desenvolvidas pelos parceiros da RETEQROCHAS, o que já se está refletindo no setor. De um lado, os empresários começam se conscientizar de que podem e devem trabalhar em conjunto com as instituições, já sejam elas de pesquisa ou órgãos governamentais, para garantir seu crescimento; do outro lado, as instituições de pesquisa direcionam seus trabalhos para serem aplicados diretamente na indústria e os órgãos governamentais sentam-se a discutir com todos eles para que o desenvolvimento deste setor seja sustentável.

Apresenta-se, na figura 2, o esquema das atividades desenvolvidas ou apoiadas pelos parceiros da rede até dezembro de 2003. Como pode-se observar, alguns dos projetos iniciais foram alterados e realizaram-se outros novos.

Ante a impossibilidade de descrever aqui, com detalhe, todas as atividades desenvolvidas, destacaremos apenas algumas delas que consideramos de maior importância estratégica, dentro de cada uma das linhas de atuação da rede.

Na área de Estudos e Pesquisas temáticas, a RETEQROCHAS conseguiu o estabelecimento de uma

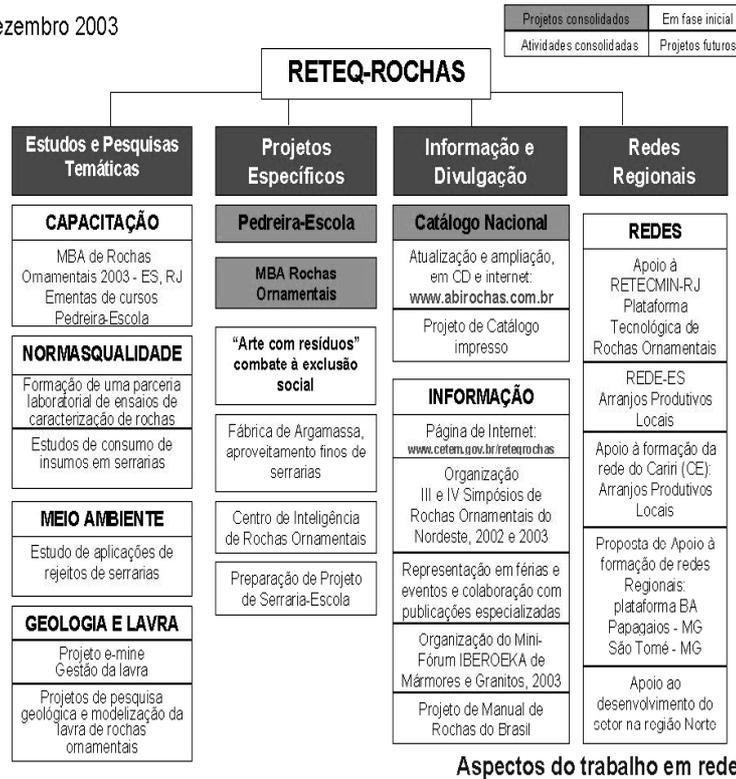
importantíssima **parceria de laboratórios de caracterização** de rochas ornamentais, cujo trabalho é a base do Catálogo Rochas Ornamentais do Brasil. Os pesquisadores dessas instituições têm desenvolvido e disponibilizado muitos trabalhos nas áreas de caracterização, usos e alterabilidade das rochas ornamentais e estão se preparando para realizar uma “padronização” de procedimentos para dar maior confiabilidade aos resultados dos ensaios realizados nos diferentes laboratórios. Esta parceria é de extrema importância para um país do tamanho do Brasil.

Outro dos objetivos dessa parceria laboratorial é a adequação desses procedimentos não só às normas brasileiras, mas também às americanas e às européias, o que dará uma garantia de qualidade para a exportação dos produtos brasileiros. É mais importante ainda no caso das exportações à Comunidade Européia, cuja nova normativa pretende exigir dos produtores uma etiqueta com os resultados dos ensaios de caracterização dos materiais, de acordo com as novas normas que estão sendo publicadas.

Na área de Projetos Específicos, destacamos dois, de suma importância:

**A Pedreira-escola** da Bahia, a primeira pedreira-escola em funcionamento do setor de rochas ornamentais. Embora o sucesso do projeto se deva ao Governo do Estado da Bahia, mediante a Companhia Baiana de Pesquisas Minerais - CBPM, com vultuosos investimentos e muito esforço, este projeto tem contado com o apoio constante da RETEQROCHAS, em especial do próprio CETEM, técnica e financeiramente.

Dezembro 2003



**Figura 2 - Diagrama de atividades desenvolvidas pela Reteqrochas até dezembro 2003**

Trata-se de uma pedreira de granito movimentado, em Rui Barbosa, Bahia, cuja área e direito de exploração foram cedidos pela Mineração Corcovado e cujos objetivos principais são:

- a capacitação de mão-de-obra para as pedreiras, em especial a preparação de trabalhadores em regiões pouco desenvolvidas social e economicamente, mediante a realização de cursos específicos de curta a média duração, com a participação dos próprios fabricantes de equipamentos e tecnologia de ponta para a exploração de rochas ornamentais;

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- a capacitação de mão-de-obra gerencial, oferecendo cursos para gerentes, engenheiros, e outros profissionais e seminários de curta duração para empresários e donos de pedreiras; e
- o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica para o setor, oferecendo a própria área como laboratório de experimentação.

Para isso, além da pedreira, foi construída e inaugurada em agosto de 2002, a sede da escola com escritórios, oficinas, salas de aula, almoxarifado e alojamentos completos para os alunos, com dormitórios, refeitório e áreas de lazer, em terrenos doados pela Prefeitura de Rui Barbosa.

Já foram ministrados 3 cursos profissionalizantes e um seminário e está começando o quarto curso em dezembro de 2003. Complementando este projeto, recentemente também nessa cidade, foi inaugurada uma fábrica de ladrilhos que serão produzidos a partir dos resíduos das pedreiras da região, e também está sendo construído, anexo à sede da Pedreira-escola, um centro de Artesanato Mineral. O Governo do Estado da Bahia espera implementar uma Serraria-escola em breve, projeto no qual a RETEQROCHAS pretende participar ativamente.

A RETEQROCHAS está trabalhando também para que o projeto da Pedreira-escola da Bahia, seja o primeiro e sirva de modelo da Pedreira-escola Ibero-americana, projeto apoiado pela Rede de Tecnologia Mineral do CYTED. Para isso, foram feitos muitos contatos com instituições de Espanha, Portugal, Argentina, Panamá e Colômbia e esperamos assinar convênios de cooperação com algumas dessas instituições.

O segundo projeto específico, que está tendo um sucesso até maior que o esperado é o do **Curso de Especialização em Rochas Ornamentais**, coordenado pelo CETEM, o Dpto. de Geologia da UFRJ e o Centro Tecnológico do Mármore e Granito - CETEMAG, do estado de Espírito Santo. O curso iniciou em julho de 2003 e está sendo realizado simultaneamente em dois Estados da Federação: Rio de Janeiro e Espírito Santo (Cachoeiro de Itapemirim). Tem um ano de duração (360 horas) e abrange todos os tópicos relacionados à investigação, produção e comercialização de rochas ornamentais. Os professores são profissionais do setor, a maioria deles professores

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

universitários e o curso está dividido em dois módulos: Aperfeiçoamento Tecnológico e Comercialização.

O interesse despertado pelo curso, que conta com 80 alunos, a maioria empresários do setor, é tanto, que se está negociando a ampliação para outros locais e estados do Brasil, assim como a continuação do mesmo no Rio de Janeiro e em Cachoeiro de Itapemirim.

Na área de Difusão e Informação, além da página de Internet ([www.cetem.gov.br/reteqrochas](http://www.cetem.gov.br/reteqrochas)) e do apoio à realização de seminários e congressos, inclusive este Fórum IBEROEKA, a maior realização da RETEQROCHAS é o **Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil**, em CD-Rom. Este catálogo, do qual já foi lançada a segunda versão, além de ser um moderno e eficaz veículo de difusão e informação das rochas brasileiras, representa o sucesso da Rede, enquanto seu objetivo principal: articulação de esforços.

O Catálogo é mais uma prova da consolidação da RETEQROCHAS e da importância de se trabalhar em Rede. Nesta iniciativa a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais - ABIROCHAS usou recursos próprios e da APEX (Agência de Promoção de Exportações) para custear o trabalho de cadastramento de novas rochas e elaboração de toda a parte de programas de apresentação e navegação no CD ROM. A RETEQROCHAS, além de coordenar o trabalho, custeou parte das despesas dos laboratórios de ensaios tecnológicos e petrográficos que caracterizaram novas rochas, em especial quase todas do Estado do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, visto que, por convênio, os catálogos de São Paulo, Bahia e Ceará foram graciosamente cedidos, pelos detentores dos direitos, para uso no Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil.

A segunda versão em português, inglês e espanhol, mostra 238 tipos comerciais de rochas ornamentais brasileiras, com suas características tecnológicas e informações gerais sobre o Brasil e o setor. O CD tem sido amplamente distribuído em feiras e eventos, nacionais e internacionais, e muito solicitado por arquitetos e especificadores dentro do Brasil, sinalizando, mais uma vez, a necessidade de se divulgarem informações sobre o setor de rochas ornamentais, no Brasil. O próximo passo, neste sentido, além da atualização continua do catálogo, que também está disponível em

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Internet ([www.abirochas.com.br](http://www.abirochas.com.br)), será a publicação de um Manual de Rochas Ornamentais.

Por último, dentro da linha de atuação mais importante de uma rede de tecnologia em um país de dimensão continental como o Brasil, a de **Articulação de Redes Regionais**, tem se conseguido muito bons resultados apesar de se tratar de um processo lento pela escassez de articulação interna na maioria das regiões. Porém, podemos destacar o apoio à RETECMIN, do Rio de Janeiro, que já existia e, embora não seja apenas para a indústria de rochas ornamentais, este setor tem uma grande importância econômica no Estado. É um setor constituído, em sua maioria, de pequenas empresas e está caracterizado pela falta de especialização tecnológica, problemas meio ambientais e, conseqüentemente, de legalização. Os parceiros da RETEQROCHAS têm realizado grandes esforços de articulação na região, usando a Metodologia de Plataforma Tecnológica para especificar os problemas e buscar possíveis soluções, apresentando projetos técnicos. Atualmente, os parceiros trabalham na procura de recursos para desenvolver esses projetos propostos.

Um caso bem diferente é o caso da Rede do Espírito Santo, Rederochas, onde por ser uma região com o setor de rochas ornamentais muito desenvolvido, com empresas de médio porte e algumas grandes, consolidou-se com maior rapidez, graças também, ao fantástico trabalho de seus coordenadores, cuja atuação é mais a de facilitadores para o diálogo, e a contínua interação à procura de soluções de problemas comuns entre empresários altamente competitivos.

Por outro lado, os esforços da RETEQROCHAS, concentram-se na formação de redes em regiões menos desenvolvidas economicamente, com seus conseqüentes problemas sociais, como na Formação da Rede do Cariri (Ceará) e na de Ourolândia (Bahia), que se encontram em fase inicial.

## CONCLUSÃO E AGRADECIMENTOS

Acreditamos que o trabalho em Rede, de forma articulada entre todos os atores envolvidos em um setor como este, o das rochas ornamentais, em franca expansão no Brasil, é o caminho para alcançar o desenvolvimento sustentável do mesmo. O Brasil dispõe de uma quantidade e uma variedade enormes de materiais o que apresenta tanto vantagens quanto desvantagens. A disparidade no país das diferenças, aparece também aqui; embora haja regiões com tecnologia e qualidade similares às dos países desenvolvidos, há também regiões onde a extração de rochas ornamentais é apenas uma fonte de renda familiar, por vezes a única, o que gera exploração humana e do meio ambiente, sem a cooperação de todos.

O país é grande demais para atuar de forma centralizada, sendo de fundamental importância a criação de novas redes regionais e o fortalecimento das existentes. A rede nacional servirá de suporte e permitirá o compartilhamento de experiências e a transferência de tecnologia, mas só localmente poderá ser impulsionado o setor, de maneira a crescer de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, melhorando a qualidade de vida.

O grande sucesso da RETEQROCHAS é, sem dúvida, a grande quantidade de atividades desenvolvidas com os poucos recursos disponíveis, tendo conseguido, muito antes do prazo previsto, a consolidação da mesma. Isto mostra que a idéia de criação de uma rede para o setor de rochas ornamentais no Brasil foi mais do que acertada, sendo imediatamente apoiada por uma grande quantidade de entidades relacionadas a este setor no país. Muito além disso, todos os parceiros da Rede têm realizado enormes esforços, de modo pessoal, para levar os projetos adiante. Queremos aproveitar para, desde aqui, agradecer a todos eles, pela sua responsabilidade e sua generosidade pois, apesar das dificuldades financeiras das instituições de um país em desenvolvimento, que é o Brasil, estes parceiros tem-se desviado, às vezes muito tempo, das suas obrigações cotidianas para, de forma totalmente gratuita, colocar seu grão de areia na impulsão do crescimento de esse importante setor, que é o da indústria das rochas ornamentais.

Nosso especial agradecimento e carinho para o grande idealizador da RETEQROCHAS, nosso recentemente falecido

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

diretor, o Eng. Gildo de Araújo Sá Cavalcanti de Albuquerque, uma das primeiras pessoas, no Brasil, a perceber a importância destes recursos minerais para o país.



**Figura 3 - Gildo Sá e Fernando Lins, na reunião de preparação da Reteqrochas**

#### **CONTATO**

[www.cetem.gov.br/reteqrochas](http://www.cetem.gov.br/reteqrochas)

Carlos C. Peiter / Nuria Fernández Castro

[reteqrochas@cetem.gov.br](mailto:reteqrochas@cetem.gov.br)

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

**ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS DO SETOR DE ROCHAS  
ORNAMENTAIS E A EXPERIÊNCIA DO PÓLO DE SANTO  
ANTONIO DE PÁDUA, RJ.**

*Carlos César Peiter,  
Antônio Campos, Eduardo A. de Carvalho,  
M<sup>a</sup> Martha M. Gameiro  
CETEM/MCT*

---

## **1. INTRODUÇÃO**

Presentemente são muitas as ações do CETEM voltadas ao setor de rochas ornamentais. Destacamos a formação da Rede de Tecnologia e Qualidade em Rochas Ornamentais – Reteq-Rochas, e as várias iniciativas empreendidas pelos seus componentes com o apoio da ABIROCHAS, APEX e MCT. Dentre estas estão o “Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil” (2003) e o estudo “Rochas Ornamentais no Século XXI” (2002).

Nossas iniciativas no setor começaram, justamente, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro, mais especificamente no município de Santo Antônio de Pádua e adjacências, onde são produzidas as conhecidas Pedras Miracema ou Paduana e a Pedra Madeira. Este é o pólo de produção que melhor conhecemos no momento e, por isso, sobre ele me sinto à vontade para escrever.

A idéia do presente texto é apresentar nossa experiência na região e discutir algumas definições sobre os arranjos produtivos locais. Também abordaremos as metodologias de trabalho que têm permitido construir um círculo virtuoso de esforços e resultados positivos através de ações e atitudes colaborativas e cooperativas entre os setores públicos e privados que integram os arranjos do setor mineral.

## **2. ARRANJO PRODUTIVO LOCAL OU APENAS UM NEGÓCIO COM PEDRAS?**

Apenas agora o conceito de arranjo produtivo parece estar tomando sua definição adaptada ao Brasil. Atualmente, já é uma

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

visão mais flexível do conceito de “cluster”, cuja definição, segundo Haddad (1999) é:

"Os *clusters* consistem de indústrias e instituições que têm ligações particularmente fortes entre si, tanto horizontal quanto verticalmente, e, usualmente, incluem: empresas de produção especializada; empresas fornecedoras; empresas prestadoras de serviços; instituições de pesquisas; instituições públicas e privadas de suporte fundamental. A análise de *clusters* focaliza os insumos críticos, num sentido geral, que as empresas geradoras de renda e de riqueza necessitam para serem dinamicamente competitivas. A essência do desenvolvimento de *clusters* é a criação de capacidades produtivas especializadas dentro de regiões para a promoção de seu desenvolvimento econômico, ambiental e social".

A polêmica, do tipo que todo pesquisador gosta de participar, aconteceu para mim no ano de 2000 quando foi divulgado um interessante estudo sobre arranjos produtivos brasileiros, financiado pelo BNDES<sup>1</sup>. Dois estudos específicos chamaram-nos a atenção, pois são relativos ao setor de rochas e dedicavam-se a analisar os arranjos produtivos de rochas ornamentais: “Mármore e Granito/ES” (Villaschi Filho e Sabadini, 2000) e “O Caso do Segmento de Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro” (Villaschi Filho e Pinto, 2000). Menos de um mês depois da divulgação deste estudo, defendi tese de doutorado procurando demonstrar que muita coisa havia mudado na atividade mineral em Pádua e que o panorama que se abria era diferente daquilo que meus colegas haviam captado cerca de seis meses antes (PEITER, C.C., 2000).

Através de entrevistas e pesquisas bibliográficas, vários aspectos de ambos os pólos regionais de produção foram analisados pelos colegas pesquisadores para o BNDES. Uma enorme

---

<sup>1</sup>Projeto de Pesquisa – Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e as Novas Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico. Coordenação de J.E.Cassiolo e M.H.M.Lastres

disparidade, naturalmente, aparece na comparação entre as estruturas produtivas e as de apoio à produção e comercialização do eixo Cachoeiro do Itapemirim/Nova Venécia, no Espírito Santo, e de Santo Antônio de Pádua, no Rio de Janeiro, a começar pela própria variedade e quantidade de rochas em produção. Apenas para ilustrar, o número de empresas ligadas diretamente ao setor de rochas no Espírito Santo era, em 1998, de 724, sendo cerca de 523 somente em Cachoeiro do Itapemirim, ressaltando que todos os segmentos lá estão representados: fabricantes de insumos, máquinas e equipamentos e serviços de todos os tipos.

No noroeste fluminense, os registros (DRM-RJ) de 1999 apontam 91 áreas de lavra (pedreiras) e 73 instalações de aparelhamento (serrarias), totalizando 164 unidades de produção, sendo que muitas pedreiras e serrarias constituem uma empresa única e assim o total pode ser menor. Como a informalidade ainda é elevada, pode-se estimar que 270 unidades de produção se localizam na região. Somente três empresas são consideradas de serviços e apoio ao setor (Villaschi Filho e Pinto, 2000).

Mas, o ponto importante na comparação efetuada pelos autores dos estudos é o retrato de Pádua de há apenas 2 anos, que está mostrado na primeira página do seu texto:

“A quase totalidade das empresas caracteriza-se pelo micro porte (receita inferior a R\$ 700 mil), baixo nível de qualificação gerencial e técnica, baixo nível tecnológico e baixo nível de agregação e cooperação, podendo-se até ressaltar como elemento de significativa importância a competição predatória instituída, que tem levado os preços das rochas a valores tão baixos, que já comprometem a sobrevivência de várias empresas.

Somados a isso, não existem políticas públicas para o setor, seja em âmbito municipal, estadual ou federal. Neste trabalho, a esse conjunto de empresas denomina-se “negócio de rochas ornamentais”. (grifo nosso)

Em síntese, o quadro encontrado pelos pesquisadores era tão desqualificador que o polo de Pádua não foi sequer considerado um arranjo produtivo. Dentro dos rígidos critérios de avaliação do estudo nada de virtuoso foi encontrado.

Creemos que nosso relato ficará mais interessante após esta avaliação e tentar atualizá-la face aos resultados que foram alcançados a partir de alguns meses após a apresentação do referido relatório. A seguir, detalharemos um pouco mais a situação da atividade mineral em Pádua para que seja possível, ao final do texto, analisar se o 'negócio da pedra' está ou não em condições de ser considerado um arranjo produtivo.

### 3. A REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DE RIO DE JANEIRO

A região noroeste é a menos desenvolvida do Estado do Rio de Janeiro, como se pode ver no QUADRO 1, embora já tenha passado por ciclos econômicos importantes no passado, como o do café, no século XIX.

**QUADRO 1 - Dados comparativos da região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. (1999)**

Ítems comparativos	Estado do Rio de Janeiro	Região Noroeste	% com relação ao Estado
População	13.406.379	283.596	2,11
Área (km <sup>2</sup> )	43.909,7	5388,5	12,2
Densidade populacional (hab./km <sup>2</sup> )	305,3	52,6	17,2
PIB "per capita" (US\$)	7.979	3.833	48,0
Taxa de alfabetização (%)	86,9	76,3	-

Fonte: RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado de Planejamento. *Perfil da região Noroeste Fluminense* - sumário executivo. Rio de Janeiro: SECPLAN, 1999

A contribuição da atividade mineral à economia regional é muito importante, não só pelo faturamento das vendas estimado em R\$ 20 milhões por ano, mas principalmente pela geração de cerca de cinco mil postos de trabalho, permanentes e temporários.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Por outro lado, o ICMS estadual arrecadado pelo setor mineral (excluindo os energéticos), passou de R\$ 53,7 milhões em 1998 para R\$ 103,2 milhões em 2001 (92% de incremento no período), sendo que boa parte dele atribuído aos pólos de rochas de Pádua e de cerâmica de Campos dos Goytacazes.(SEF/DRM-RJ)

Numa região com dificuldades econômicas intrínsecas, a economia mineral pode se constituir em alavanca extraordinária para o desenvolvimento regional. Para surpresa de muitos, uma atividade inexpressiva na região - a fruticultura - é fortemente apoiada por programa de financiamento dos governos federal e estadual.

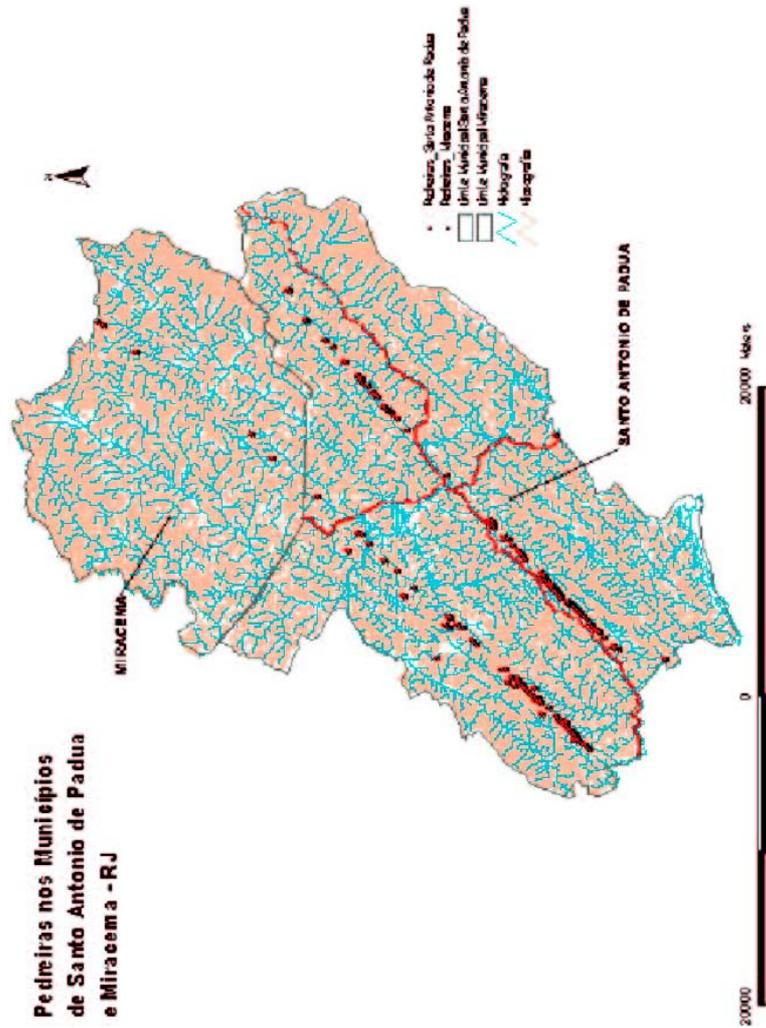
#### **4. MODELO DE PRODUÇÃO E SEUS PRODUTOS<sup>2</sup>**

A área produtora de rochas ornamentais do noroeste do Estado do Rio de Janeiro está mostrada na Figura 1, onde são apontadas as localizações das pedreiras em produção entre 1999 e 2000 (RETECMIN,2002)

A rocha regional existente e comercializada em Santo Antônio de Pádua é um granulito milonitizado, com variedades locais conhecidas como: “pedra olho de pombo”, “granito fino”, “granito pinta rosa” e “pedra madeira”. Esta rocha característica - o granulito milonitizado - é a mais explorada no município de Santo Antônio de Pádua, devido às facilidades de trabalho oferecidas por este tipo do material. Os produtos oriundos da lavra e beneficiamento desta rocha têm grande aceitação nos mercados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, por conta de sua rusticidade, aplicabilidade e beleza, além do baixo preço com que são oferecidos no mercado consumidor.

---

<sup>2</sup> Este item 4 foi extraído integralmente do trabalho “ Santo Antônio de Pádua: um pólo de extração de Rochas Ornamentais no Estado do Rio de Janeiro” (Campos, A . R., et al.)



Fonte: IBGE, 1998 (limite municipal), CARTOGEO/NCE/UFRJ, 2000 (hidrografia, hipsografia e malha viária) e Projeto Retecmin - RJ (pontos serrarias e pedreiras).

**Figura 1 - Pedreiras Georeferenciadas nos Municípios de Santo Antônio de Pádua e Miracema - RJ**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

Algumas características podem ser apresentadas quanto a esses vários tipos de pedras, quais sejam:

- Olho de pombo – cor cinza com manchas brancas. A mais comum e a mais comercializada;
- Pedra madeira – cores rosa, amarelada e branca;
- Pinta rosa – cor cinza com manchas rosa
- Granito fino - cor cinza com grãos finos

Os principais usos dessas pedras, após beneficiadas, são:

- revestimento de muros;
- revestimento de paredes;
- pisos de varandas, garagens, jardim, currais, etc.;
- revestimento de pilastras/colunas;
- paralelepípedos, obtidos a partir de rejeitos de pedreiras;
- diferentes classes de brita, obtidas pela britagem dos rejeitos das pedreiras e serrarias.

Existem, ainda, outros tipos de produtos como a pedra almofadada e a chanfrada, cujos entalhes são feitos manualmente e têm grande aceitação no mercado e, além dessas, uma nova série de produtos esta sendo elaborada para atender novos mercados, dentre estas chapas flameadas, apicoadas e polidas.

#### **Lavra das pedreiras**

A atividade de extração de pedras ornamentais em Santo Antônio de Pádua tem crescido bastante com o passar dos anos, no entanto, as técnicas de extração dos blocos pouco foram alteradas nesse período. A Foto 1 mostra o trabalho numa frente de lavra típica da região.



**Foto 1 - Frente de lavra típica na região de Pádua**

Não se observa nenhum planejamento da lavra nem da produção das pedreiras. O simples fato de terem encontrado um afloramento rochoso, é motivo para o desencadeamento do processo de retirada do capeamento e desmonte de maciço, surgindo, assim, mais uma nova pedreira.

Após a liberação total do bloco no maciço, cujas dimensões são de cerca de  $2,5 \times 0,5 \times (0,4 \text{ a } 0,6)$  m, este é lançado ao solo para, em seguida, ser desmembrado em blocos menores de  $0,5 \times 0,5 \times (0,4 \text{ a } 0,6)$  m, pela introdução no mesmo de pontaletes de aço. Ainda na pedreira é feito o deslocamento desses blocos em lajes ou placas brutas (Foto 2), ou naturais, de  $50 \times 50 \times 8$  cm, através de macetas e talhadeiras, tipo faca. Estas lajes ou placas são posteriormente transportadas por caminhão para as serrarias, onde serão beneficiadas, e transformadas em lajinhas, para o mercado.

Com a aplicação, relativamente recente, do *flame jet* para a abertura de canais ou trincheiras, está sendo possível desenvolver um trabalho mais seguro em Pádua, pois, a abertura desses a base de explosivos, provoca mais acidentes com os operadores; há também uma diminuição do excesso de perdas na lavra, pois a detonação provoca, na maioria das vezes, quebra excessiva da rocha, bem como aumento de fraturamento da mesma. A produção de blocos com fio diamantado é uma novidade promissora.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*



**Foto 2 - Desdobramento manual dos blocos na frente de lavra**

#### **Beneficiamento de rochas ornamentais**

O beneficiamento de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua é feito pelo desdobramento, em pequenas serrarias (Foto 3), de materiais brutos, extraídos nas pedreiras (lajes brutas), em placas, bloquinhos e em seguida o desdobramento destes bloquinhos em lajotinhas ou lajinhas, com um melhor acabamento, principalmente das faces laterais

As faces laterais das lajes brutas, com aproximadamente 50 x 50x 8 cm, vindas das pedreiras, são aparadas em máquinas de corte, providas de disco diamantado, resultando em placas com dimensão 47 x 47 x 4 cm. Estas placas são, em seguida, serradas na mesma máquina de disco diamantado, em bloquinhos, sendo comum o tamanho de 23 x 11,5 x 4 cm ou em dimensões encomendadas pelo cliente. Os bloquinhos de 23 x 11,5 x 4 cm são deslocados, manualmente, e transformados em lajnhas (Foto 4).



**Foto 3 - Beneficiamento das rochas de Pádua (corte com disco de serra diamantado)**

Com este beneficiamento, os produtos<sup>3</sup> normalmente comercializados são:

- Placa ou lajota, de 47 x 47 x 4 cm;
- Bloquinho, de 23 x 11,5 x 4 cm; e
- Lajotinha ou lajinha, de 23 x 11,5 x 1,5 cm, ou de 11,5 x 11,5 x 1,5 cm.

#### **Comercialização**

A comercialização dos produtos de Pádua dá-se diretamente a partir do produtor, normalmente nas serrarias. Devido à grande oferta dos produtos, os preços caíram muito e se estabilizaram. Por exemplo, a lajinha está na faixa de R\$ 5,00/m<sup>2</sup>, há anos, sendo que a pedra madeira, esta sim, considerada mais nobre, está na faixa de R\$17,00/m<sup>2</sup>. Apenas uma serraria está equipada para ter produção

---

<sup>3</sup> Para maiores detalhes sobre as características das rochas do noroeste fluminense, ver endereço: <http://cetem.gov.br/retecmin> no link documentos técnicos.

de grande escala de produtos com melhor apuro dimensional e esquadramento adequado. Por outro lado, novas experiências começam a dar resultados, em especial a da formação de grupos de empresas voltadas a atender exportação, somando suas produções para atender demandas mais exigentes. Este é um dos pontos de destaque no desenvolvimento do arranjo produtivo local que está sendo organizado pelo SEBRAE-RJ. A empresa formada chama-se Pedra Pádua Brasil<sup>4</sup> que já está participando de feiras, no país e exterior, aliadas ao programa da ABIROCHAS/APEX.



**Foto 4 - Produção manual de lajinhas**

## **5. ABORDAGEM PARTICIPATIVA E AS EXPERIÊNCIAS EM APOIO AO PRODUTOR**

As condições que há dois anos determinavam que Pádua não constituía um arranjo produtivo local, quando a pesquisa para o BNDES foi realizada, estavam em rápido processo de mudança. Contudo, os pesquisadores não conseguiram perceber tal momento

---

<sup>4</sup>Pra detalhes ver: <http://www.pedradepadua.com.br>

porque, na realidade, pouco havia de visível naquele instante. O processo de evolução de uma nova atividade econômica é lento, como o foi em Cachoeiro de Itapemirim, cujos primórdios estão na década de 50. Para acelerar esse processo em Pádua procuramos colocar em prática uma metodologia de discussão e busca do consenso que denominamos de Abordagem Participativa<sup>5</sup>. Simplificando, trata-se de uma estratégia que foi colocada em prática para “desarmar os espíritos” e demonstrar que a saída da crise e da informalidade, que estavam se instalando na atividade local, só poderia ser alcançada através do diálogo e da busca de soluções negociadas e construídas com a presença de representantes de todos intervenientes e atores integrantes da comunidade mineral e política regional.

No caso de Pádua, o processo de reconhecimento e apoio ao produtor de rochas do noroeste teve início no final da década de 80, por iniciativa do DRM-RJ (Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro) Também o SENAI-RJ procurou lá atuar, mas o momento ainda não foi o mais propício. Devido às naturais dificuldades em lidar com grande número de áreas de produção e produtores, o avanço foi lento até 1996. Nesse ano, o SEBRAE-RJ e o CETEM realizaram uma primeira ação de apoio ao setor no sentido de melhoria de uso do explosivo e da lavra das pedreiras.

Naquele período, essa atuação desarticulada de nossas instituições e das instituições de governo, no local, em nada colaborava para a melhoria da situação, por si só confusa devido à expansão da quantidade de áreas em produção e da entrada de muitos novos mineradores no negócio, tudo muito similar ao fenômeno do garimpo.

O desencontro entre os organismos públicos tinha de ser superado até porque, do lado dos produtores sua associação também havia se dividido, deixando o setor sem representação unificada e eficiente.

---

<sup>5</sup> Para maiores detalhes, buscar “Abordagem participativa na gestão de recursos minerais”. Tese de Doutorado. Carlos C. Peiter, EPUSP, 2000. <http://www.cetem.gov.br/publicacoes/series>

O primeiro passo para reorganizar os canais de comunicação foi a formação da RETECMIN – Rede de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro, um projeto que foi financiado pela FAPERJ e pela FINEP, agências de fomento à pesquisa do Governo Estadual e Federal, respectivamente, após ter sido selecionado em rígido processo de concorrência, tendo sido iniciado em 1998. Formou-se uma parceria entre grupos de pesquisadores e técnicos das seguintes instituições, cada qual responsável por uma linha de trabalho: o CETEM, como coordenador e responsável pela parte de lavra e beneficiamento das rochas e tecnologia ambiental; o Departamento de Geologia da UFRJ, com o levantamento geológico da área de produção; o Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, com a orientação para legalização de pedreiras e serrarias; e o Instituto Nacional de Tecnologia na caracterização tecnológica e alternativas de uso de produtos e subprodutos das rochas.<sup>6</sup>

A formação da RETECMIN e a atuação conjunta dos técnicos dessas várias organizações criaram um excelente espírito de equipe e acabaram com a desconfiança que tendia a comprometer a atuação cooperativa dos órgãos públicos. Ficar “batendo cabeça” e disputando espaço e coordenação, transmitia aos mineradores uma imagem negativa do poder público e a idéia que “se eles não se entendem e não cooperam, muito menos nós precisamos fazê-lo”, ou seja, a informalidade estaria bem amparada pela desorganização dos agentes de governo.

O que ocorreu, em seguida, foi realmente uma experiência única, tanto para a equipe técnica, como para os mineradores. Apesar de criticada por não apresentar resultados práticos rapidamente, a RETECMIN foi bem sucedida ao conseguir estabelecer um processo simples e barato para captar, limpar e reciclar a água das serrarias. Este era um dos principais problemas legais/ambientais dos produtores, tanto devido às longas estiagens na região, como pelo início da atuação do ministério público e de ações na justiça devido ao conflito entre mineradores e agricultores na disputa pela água limpa.

---

<sup>6</sup> Para maiores detalhes dos resultados, consultar <http://cetem.gov.br/retecmin>

Após a inauguração das duas primeiras unidades, em abril de 2001, com o apoio da RETECMIN foram construídas, pelas próprias serrarias, outras 45 unidades de tratamento de lama de serraria, com a supervisão de técnicos do CETEM. As Fotos 5 e 6 mostram duas unidades em funcionamento na região.



**Foto 5 - Estação de tratamento de efluentes da Serraria de propriedade do Sr. Antônio Camacho**



**Foto 6 - Estação de tratamento de efluentes da Serraria de propriedade do Sr. Carlos Rolla.**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

O espírito colaborativo entre produtores consegue aí seu primeiro grande exemplo, pela colaboração dos proprietários das duas primeiras serrarias que instalaram as unidades de tratamento de efluentes (Sr. Antonio Camacho e Sr. Doair), que não só abriram suas instalações para que os demais observassem o funcionamento das unidades, como até emprestaram seus funcionários para ajudar a construir e colocar em marcha as outras unidades instaladas.<sup>7</sup>

Por outro lado, o grupo mais tradicional de produtores retomou o comando da associação de produtores e passou a buscar criar seu próprio sindicato, o que se deu em 2001. Foi formado então o SINDIGNAISSES, atualmente dirigido pelo Sr. João Batista Fernandes Lopes "Patinho", que consideramos ser peça fundamental na articulação de todas nossas atividades na região. A partir de então, contando com muito mais diálogo entre seus novos diretores e a RETECMIN, ficou muito mais simples planejar atividades futuras em apoio ao setor.

O sucesso técnico e o diálogo obtido abriram caminho para que as outras deficiências tecnológicas da produção viessem a tona e fossem discutidas. A visibilidade do projeto desenvolvido em Santo Antônio de Pádua, pela RETECMIN, permitiu que novos recursos fossem alcançados no sentido de apoiar a continuação dos trabalhos técnicos.

Numa primeira instância, conseguiu-se aprovar uma proposta de apoio do Fundo Mineral do Governo Federal (Ministério da Ciência e Tecnologia) que foi colocada em prática, a partir do início do presente ano. Estes recursos estão possibilitando a execução do projeto técnico e estudo de viabilidade econômica da implantação de uma fábrica de argamassa que consumirá toda a lama das serrarias de Pádua. A idéia é chegar à "emissão zero" nas serrarias: reciclar a água, retirar os sólidos (pós) e transformá-los em argamassa ou em insumo para formação da massa cerâmica vermelha (tijolos,

---

<sup>7</sup> Os dois produtores que mais colaboraram naquele momento foram os Srs. Antonio Camacho e Doair Brum. Também é importante citar o trabalho do Sr. Antonio Odilon, técnico do CETEM, no apoio à construção de todas estas unidades.

pisos, telhas), sem deixar resíduos para o meio ambiente<sup>8</sup>. Neste momento, o SINDGNAISSES já conseguiu recursos e adquiriu parte dos equipamentos da fábrica projetada. O estudo de viabilidade econômica demonstrou que o empreendimento é viável, lucrativo e de grande interesse para a comunidade e poder público, por despoluir a bacia do Rio Pomba, recentemente atingida por desastre ambiental ocorrido em abril de 2003.

Por sua vez, também recursos estaduais da SECTI<sup>9</sup>/FAPERJ foram colocados a disposição da mesma equipe para realizar a metodologia da denominada Plataforma Tecnológica, habilitando a Retecmin a concorrer a mais recursos junto ao MCT e FINEP. Sobre esta iniciativa, damos mais detalhes a seguir.

## **6. A PLATAFORMA TECNOLÓGICA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.**

Trata-se da iniciativa mais recente que reúne setor público e produtores de Pádua. A Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do RJ, já reconhecendo Pádua como um dos mais importantes arranjos produtivos locais do estado, a colocou como de interesse prioritário para desenvolvimento econômico e tecnológico. A metodologia da chamada Plataforma Tecnológica já vinha sendo levada a vários arranjos produtivos do Brasil, pelo MCT, e ajudou a que realizássemos em Pádua uma madura discussão sobre demandas e potencial da atividade, relacionando-as a projetos tecnológicos, de apoio organizacional, empresarial e comercial.

Uma das propostas da metodologia da Plataforma foi a criação de uma Câmara Técnica para onde são convidados representantes de todos segmentos que atuam sobre a atividade econômica em questão, em todas as esferas, quer pública, quer

---

<sup>8</sup> Estas tecnologias foram desenvolvidas pelo CETEM, pelo Instituto Nacional de Tecnologia e estão sendo aprimoradas pelos Laboratório de Eng. Civil e de Eng. de Materiais da UENF em Campos, RJ.

<sup>9</sup> SECTI é a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Governo do Estado do Rio de Janeiro.

privada<sup>10</sup>. A exemplo do que aplicamos na Abordagem Participativa, também na Plataforma Tecnológica um processo de reuniões abertas é realizado, mas o objetivo é identificar os gargalos ou deficiências do sistema produtivo, embora outros temas possam ser abordados. Vários organismos de pesquisa, bem como consultores e outros técnicos, puderam propor soluções para os problemas levantados nas reuniões. Uma matriz “GARGALO X SOLUÇÃO”, que orientou a elaboração de propostas de projetos a serem encaminhadas às agências de apoio de governo.

Da Plataforma saiu, por exemplo, grande apoio à iniciativa do SEBRAE RJ em organizar um primeiro grupo de produtores no sentido de alcançarem o mercado externo, tal como relatado anteriormente. Embora seja um desafio comercial, a qualidade dos produtos só poderá ser melhorada com aporte de novas tecnologias. Também foi reafirmado o apoio ao projeto técnico de uso dos pós produzidos nas serrarias em produtos como argamassa e cerâmica vermelha.

Para procurar dar andamento aos vários projetos propostos, foi encaminhada à SECTI-RJ uma proposta completa em formulário da FINEP para que a mesma a levasse ao Programa de Arranjos Produtivos do MCT, que está aguardando uma nova rodada de avaliações da FINEP.

Por outro lado, projeto apresentado pela RETECMIN ao Fundo Mineral do MCT, antes do início da Plataforma, foi aprovado e permitiu que algumas atividades técnicas fossem iniciadas.

Por sua vez, SENAI e SEBRAE estão apoiando o grupo mais organizado de produtores que montaram a empresa de exportação.

A outra iniciativa importante está sendo promovida pelo DRM RJ e pela FEEMA, o órgão ambiental do Estado, que tem por finalidade dar oportunidade para que pedreiras e serrarias se legalizem completamente, mediante a adesão ao chamado Termo de Ajuste de Conduta - TAC.

---

<sup>10</sup> Participam desta iniciativa: FIRJAN, SENAI, SEBRAE, DRM-RJ, INT, Sec. de Desenvolvimento Econômico, Sec. de Petróleo, Energia e Ind. Naval, CETEM, Prefeitura de Pádua e Câmara dos Vereadores.

## 7. CONCLUSÃO

Nestes quase seis anos de trabalhos no noroeste do Estado do Rio de Janeiro, pudemos acompanhar um fenômeno de natureza econômica e social extraordinário baseado no crescimento da atividade mineral. É claro que muita coisa ainda está por ser feita. Mas não temos a menor dúvida que toda a comunidade da pedra do noroeste, em conjunto com o poder público e organizações privadas, estão promovendo a criação de uma das mais interessantes experiências de desenvolvimento regional experimentadas no Brasil atual. Isto tudo, sem o capital italiano que muito colaborou no início do arranjo de Cachoeiro do Itapemirim, e sem boas condições de crédito ou financiamento, como o que por exemplo, é dado ao Programa Frutificar, da agricultura, pelo BNDES, na mesma região.

Cabem aqui as perguntas: - Será que não chegou a hora de “pagar para ver” se o pequeno minerador pode ou não realizar um trabalho correto, se contar com recursos para produzir e depois devolver um meio ambiente são à comunidade? Porque não experimentar, agora, quando muitas agências e organismos de apoio lá estão atuando?

Parece-nos que nada é mais oportuno num momento em que políticas do atual governo estão se voltando para o apoio às micro e pequenas empresas. Contudo, alguns parceiros importantes ainda devem demorar a reassumir os ritmos desejáveis de atuação. Isto ainda é consequência das políticas do governo anterior. Dentre estes organismos, o DNPM precisa ser reforçado e dinamizado e o BNDES, que ficou alheio à participação mais efetiva junto às PME's.

O que a RETECMIN, o SINDIGNAISSE e demais organizações parceiras em Pádua demonstraram foi que quando estimulada, a capacidade de adaptação do pequeno minerador merece respeito e atenção por parte do poder público. Ademais ficou patente que o trabalho árduo e permanente de técnicos de várias organizações privadas e públicas estão acelerando a modernização deste pólo de produção mineral, de forma a superar o estágio classificado como “negócio da pedra”, para procurar ser reconhecido como um arranjo produtivo local.

## 9. 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.
- HADDAD, P. ROBERTO *et. al.*: "A competitividade do agronegócio e o desenvolvimento regional no Brasil: estudo de cluster" – Brasília: CNPq/EMBRAPA, 1999. 265 p.
- 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.
- VILLASCHI FILHO, A.; SABADINI, M.S.: "Arranjo produtivo de rochas ornamentais (mármore e granito)/ES". Seminário internacionais arranjos e sistemas produtivos locais. (Nota técnica, 13). Rio de Janeiro, BNDES. 2000
- VILLASCHI FILHO, A.; PINTO, M.M.: "Arranjos produtivos e inovação localizada: O caso do segmento de rochas ornamentais no noroeste do Estado do Rio de Janeiro". Seminário internacional arranjos e sistemas produtivos locais. (Nota técnica, 14). Rio de Janeiro, BNDES. 2000
- PEITER, C.C. *et al.* Relatório Final da RETECMIN 1 para FAPERJ e FINEP. 2003.

## MINIFORO IBEROEKA SOBRE MÁRMOLES Y GRANITOS

*Leonardo Uller*

Secretário Adjunto do CYTED

---

O programa CYTED (Programa Ibero-americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento) é um programa internacional e multilateral, criado em 1984, através do acordo assinado pelos 21 países da Comunidade Ibero-americana. Seu objetivo principal é contribuir ao desenvolvimento harmônico da Região Ibero-americana através do estabelecimento de grupos de pesquisa das Universidades, Centros de P&D e empresas inovadoras dos países ibero-americanos que pretendem a consecução de resultados científicos e tecnológicos transferíveis aos sistemas produtivos e às políticas sociais.

Para integrar os empresários nesse programa, foram criados, em 1991, os projetos IBEROEKA que são projetos de cooperação empresarial baseada no intercâmbio ou adaptação de tecnologia no desenvolvimento de produtos, processos ou serviços. Devem participar empresas de, pelo menos, dois países ibero-americanos e os resultados devem apresentar rentabilidade comercial. As empresas propõem os projetos aos organismos gestores de seus países podendo obter financiamento parcial para desenvolvê-los. Recebem também uma etiqueta IBEROEKA, que é um elemento promocional que facilitará a obtenção de financiamento público em seu país para a comercialização do produto desenvolvido.

Desde a implantação do programa, têm se desenvolvido 333 projetos IBEROEKA, nos quais participaram 16 países. 66 projetos ganharam o Certificado IBEROEKA, em reconhecimento ao seu caráter inovador. As empresas brasileiras, em 2002, estavam presentes em 13 projetos de inovação, sendo as espanholas as mais ativas no programa, participando, em 2002, de 60 projetos IBEROEKA.

As empresas interessadas em desenvolver um produto ou serviço dentro deste programa devem contatar o organismo gestor em seu país, que além de financiar uma parte do projeto, ajudará a

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

encontrar empresas parceiras em outros países. No Brasil, o organismo gestor é a FINEP e, na Espanha o CDTI.



O setor de rochas ornamentais é um setor que vem apresentando um grande crescimento nas últimas décadas. Dentro da região ibero-americana, Brasil, Espanha e Portugal são importantes produtores de rochas ornamentais e, especialmente os dois últimos, contam com uma grande experiência em desenvolvimento de tecnologia. A transferência para os outros países da região contribuiria grandemente com o desenvolvimento econômico e social. Por esse motivo, o CYTED, através do programa IBEROEKA, organizou o Mini-fórum de Mármore e Granitos em Salvador de Bahia (Brasil) em abril do presente ano. Os objetivos do encontro foram:

- acercar os empresários do setor de rochas ornamentais, instituições de pesquisa e representantes governamentais de diversos países
- compartilhar informação, experiências e necessidades
- conhecer a situação e perspectivas do setor em outros países da região ibero-americana

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

- criar ou reforçar o sentimento cooperativo entre os atores do setor
- apresentar o programa Cytel e todas as possibilidades que oferece, para o desenvolvimento econômico e social da região



O encontro foi organizado pelo Prof. Roberto C. Villas-Bôas, *Coordenador do Subprograma XIII do CYTED - Tecnologia Mineral*, Benjamín Calvo Pérez, *Coordenador da Red XIII-C - Red Iberoamericana de Rocas y Minerales Industriales* e o recente e tristemente falecido Gildo de Araújo Sá Cavalcanti de Albuquerque, *Diretor do CETEM/MCT - Centro de Tecnologia Mineral/Ministério da Ciência e Tecnologia*. A organização no local correu por conta de Núria F. Castro, também do CETEM/MCT.

Contou-se também com a colaboração de Ruy Fernandes Lima, *presidente da CBPM - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral* e de Reinaldo Sampaio, *presidente do SIMAGRAN-BA - Sindicato de Produtores de Mármoles, Granitos e Similares do Estado da Bahia*.

O Fórum foi estruturado de maneira que os participantes tivessem uma interação grande. Além de sessões temáticas com apresentações de diversos trabalhos e de mesas redondas, organizaram-se encontros multilaterais.

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*



Esses encontros eram organizados pela secretaria do Fórum, como encontros de negócios. Apresentava-se uma lista de interessados com os quais desejava-se contatar e a secretaria do Fórum organizava as pequenas reuniões, para servirem de primeiro contato de futuros projetos de cooperação (Iberoeka ou projetos de pesquisa).

Quase todos os trabalhos apresentados nas sessões temáticas estão incluídos no presente livro, além dos nomes dos 78 participantes do evento. Ao finalizar o evento, a CBPM, ofereceu uma visita à Pedreira-escola de Rui Barbosa, a outras pedreiras da região e ao Núcleo de Artesanato Mineral, projeto de inclusão social do Governo da Bahia.





Foram 240 os convidados, todos por meio eletrônico, dos quais participaram 78. O número de participantes por países e instituições segue no quadro abaixo:

PARTICIPANTES POR PAÍSES		PARTICIPANTES POR INSTITUCIÓN	
Brasil	56	Empresarios	36
España	9	Organizadores	2
Argentina	3	Investigadores	28
Cuba	2	Cyted	3
Portugal	6	Gobierno	9
Colombia	2		
TOTAL	78	TOTAL	78

O evento, inédito até então, proporcionou uma visão diferente aos participantes. Houve interessantes debates após as apresentações, sobre quais deveriam ser as ações prioritárias para o desenvolvimento do setor de rochas ornamentais, através da cooperação tecnológica.

A metodologia dos "Encontros Agendados", seguindo o modelo do Fórum IBEROEKA de Montevidéu, foi muito produtiva, derivando-se deles possíveis projetos de cooperação como elaboração

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

de manuais de uso e conservação das rochas e dos equipamentos utilizados em sua elaboração, apoio de diversos participantes e do programa CYTED ao Curso de Especialização em Rochas Ornamentais, que está sendo ministrado em Rio de Janeiro e em Espírito Santo, simultaneamente, e possíveis acordos de cooperação entre fabricantes de equipamentos de Brasil, Espanha e Portugal.

Outro ponto importante foi o fortalecimento da participação internacional no projeto Pedreira-escola ibero-americana que já conta com a primeira unidade na Bahia e que poderá servir de cenário para desenvolver diversos projetos IBEROEKA como modelização geológica e otimização da exploração, adaptação dos equipamentos de corte e desenvolvimento de novos, elaboração de cursos em conjunto, criação da pedreira virtual e transferência de experiências na implantação de mais unidades em outros países.

**CYTED XIII**

<http://www.cetem.gov.br/cyted-xiii>

Coordinadores Internacionales

Roberto C. Villas-Bôas (desde 1998)

Lelio Fellows Filho (1986 a 1996)

**CYTED**

**Secretaria General**

*Jose Antonio Cordero* – Secretario General

**Redes:**

Benjamin Calvo Pérez, Roberto C. Blanco Torrens, Arsenio González Martínez, Luís M. P. Martins

**Subprogramas por Áreas Temáticas**

**APOYO A POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**I. METODOLOGIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA**

*Dr. Jesús Blanco Álvarez*

**XVI. GESTION DE LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO**

*Dra. María Carlota de Souza Paula*

**MEDIO AMBIENTE**

**XII. DIVERSIDAD BIOLÓGICA**

*Dr. Peter Mann de Toledo*

**XV. CORROSION E IMPACTO AMBIENTAL SOBRE MATERIALES**

*Dra. M<sup>a</sup>. Carmen Andrade Perdriz*

**XVII. APROVECHAMIENTO Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

*Dra. Alicia Fernández Cirelli*

**XVIII. TECNOLOGÍAS DE PREVISIÓN Y EVALUACIÓN DE DESASTRES NATURALES**

*Dr. Hugo Alfonso Yepes Arostegui*

**RECURSOS ENERGÉTICOS**

**IV. BIOMASA COMO FUENTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y ENERGIA**

*Dr. Roberto E. Cunningham*

**VI. NUEVAS FUENTES Y CONSERVACION DE LA ENERGIA (EXCLUIDA BIOMASA)**

*Dr. Luis Roberto Saravia (VI)*

**TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES**

**VII. ELECTRONICA E INFORMATICA APLICADAS**

*Dr Ricardo Baeza Yates (VII)*

**IX. MICROELECTRONICA**

*Dr. Jordi Aguiló*

**TECNOLOGÍA DE LA SALUD Y DE LA ALIMENTACIÓN**

**II. ACUICULTURA**

*Dr. Manuel M. Murillo (II)*

**III. BIOTECNOLOGIA**

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

*Dr. Mitermayer Galvao dos Reis*

X. QUIMICA FINA FARMACEUTICA

*Dr. Mahabir P. Gupta*

XI. TRATAMIENTO Y CONSERVACION DE ALIMENTOS

*Dra. Jenny Ruales Nájera (XI)*

XIX. TECNOLOGÍAS AGROPECUARIAS

*Dr. José Ramón Díaz Álvarez*

**TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES**

V. CATALISIS Y ADSORBENTES

*Dr. Paulino Andreu*

VIII. TECNOLOGIA DE MATERIALES

*Dra. Osmara Ortíz Núñez*

XIII. TECNOLOGIA MINERAL

*Dr. Roberto Cerrini Villas Bôas*

XIV. TECNOLOGIA DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL

*Dr. Edin de Jesús Martínez Ortega (XIV)*

**Diretoria Executiva do CNPq**

*Erney Felício Plessmann de Camargo*  
Presidente

*Manuel Domingos Neto*  
Vice-Presidente

*Lúcia Roberta Pradines Coelho*  
Chefe de Gabinete da Presidência

*Manoel Barral Netto*  
Diretoria de Programa Temáticos e Setoriais

*José Roberto Leite*  
Diretoria de Programas Horizontais e Instrumentais

*Fernando André Pereira das Neves*  
Diretoria de Administração

*Maria Claudia Miranda Diogo*  
Assessoria de Cooperação Internacional

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*

### **Outros livros de interesse:**

Zero Emission

Roberto C. Villas Bôas & James R. Kahn, Eds  
IATAFI & CETEM Publishers

Technological Challenges Posed by Sustainable Development

Roberto C. Villas Bôas & Lelio Fellows Filho , Eds.  
CYTED & IMAAC Publishers

Mining Closure in Iberoamerica

Roberto C. Villas-Bôas & Maria Laura Barreto, Eds.  
CYTED & IMAAC Publishers

Quarries Schools in Iberoamerica

Roberto C. Villas Bôas & Gildo Sá , Eds.  
CYTED & CNPq Publishers

Mining Heritage and Mine Closure in Iberoamerica

Roberto C. Villas Bôas & Arsenio Gonzalez-Martinez, Eds.  
CYTED & SEDPGyM , CNPq Publishers

Land Use in Mining

Roberto C. Villas-Bôas & Roberto Page , Eds.  
CYTED, SEGEMAR & CNPq Publishers

Mercury in the Tapajos Basin

Roberto C. Villas-Bôas , Christian Beinhoff & Alberto Rogério da Silva , Eds.  
UNIDO & GEF Publishers

Indicators of Sustainability for the Mineral Extraction Industry

Roberto C. Villas-Bôas & Christian Beinhoff, Eds.  
UNIDO & GEF Publishers

Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Minera

Roberto C. Villas-Bôas & Christian Beinhoff, Eds.  
UNIDO & GEF Publishers

Patrimonio Geológico y Minero en el Contexto del Cierre de Minas

Roberto C. Villas-Bôas, Arsenio González Martínez, Gildo de A. Sá C. de  
Albuquerque

CETEM & CYTED Publishers

Pequena Mineração y Minería Artesanal en Iberoamérica • Conflictos •

Ordenamiento • Soluciones

Roberto C. Villas Bôas; Benjamín Calvo, Carlos C. Peiter  
CETEM, CNPq & CYTED Publishers

*Roberto Villas Boas, Benjamin Calvo y Carlos Peiter, Editores*



SIMAGRAN/BA



Ministério da Ciência e Tecnologia

