

CAPÍTULO 17

CONTROLE DO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DE DIVERSAS ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, EM FUNÇÃO DE SUAS CARATERÍSTICAS PETROGRÁFICAS E TECNOLÓGICAS

Antonio Augusto Pereira de Souza¹, Djane de Fátima Oliveira, Ramon Rodrigues

INTRODUÇÃO

O Brasil é geologicamente privilegiado, no que diz respeito à diversidade de rochas ornamentais, possuindo jazidas com as mais variadas cores, texturas e de excelentes desempenhos dos aspectos físicos e mecânicos da rocha, especialmente em granitos, com grande aceitação e aplicação em obra de elevado grau de exigência (SOUSA e RODRIGUES, 2002).

A Região Nordeste é uma das áreas mais requeridas quanto à pesquisa e exploração dessa atividade industrial, que está em grande expansão e influência significativamente a balança comercial do Brasil. Por outro lado, ao se analisar a indústria de rochas ornamentais e de revestimento no contexto da realidade econômica e social dessa região, uma série de fatores justifica a viabilidade dessa atividade, qualificando-a como estratégica para a consolidação de um processo auto-sustentável de desenvolvimento econômico e social do nordeste brasileiro (VALE, 1997).

Dentre esses aspectos destacam-se:

- A expansiva extensão geográfica das áreas geologicamente favoráveis – cristalino – à ocorrência de rochas ornamentais na Região Nordeste eleva a indústria de rochas ornamentais à categoria de reconhecida vocação regional;
- a grande diversidade de rochas com cores, padrões e texturas diversas, principalmente nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará, Pernambuco e Bahia, com forte apelo comercial frente às necessidades do mercado internacional e, portanto, grande capacidade de geração de divisas;
- a significativa interseção geográfica entre as áreas de maior potencial geológico e a extensa região do semi-árido, caracterizada pela adversidade climática e pela carência de alternativas econômicas mais perenes, sugerindo uma expressiva sinergia econômica e social com o setor em estudo, à luz dos seculares desafios impostos ao desenvolvimento da região;

¹ Químico Industrial e Engenheiro Civil, Ph.D., Professor titular da Universidade Estadual da Paraíba, UEPB-CCT-DQ. E-mail: aauepb@gmail.com

- o perfil técnico-econômico do setor, receptivo à implementação de pequenas e médias unidades produtivas ao longo de toda uma cadeia industrial, favorecendo, inclusive, uma imobilização gradual de recursos, a partir de uma conceituação modular para os projetos;
- no contexto da criação de empregos estáveis, como política estrutural de combate à miséria da região, a indústria de rochas ornamentais e de revestimento apresenta distintas vantagens (socialmente) competitivas, ao acomodar espaço para a implementação de programas.

Os granitos da Região Nordeste são exclusivos e de formação geológica específica, por exemplo, pegmatitos, predominando maciços rochosos, cujo método de lavra é de custo alto. Contudo, essa raridade de granito dessa região brasileira tem grande aceitação internacional conseguindo agregar valor comercial ao produto. Conseqüentemente, deve-se empregar tecnologias avançadas, que melhore os processos produtivos em qualidade e quantidade. Dentre as principais técnicas de desmonte em maciço rochoso têm-se o corte de fio helicoidal, por fio diamantado, corte a fogo e argamassa expansiva, sendo este, um dos mais procurados pelas indústrias extrativas.

O comércio de rochas ornamentais envolve transações com materiais brutos e produtos manufaturados (acabados ou semi-acabados). Os materiais brutos possuem menor valor na comercialização, não devendo, portanto constituir a base prioritária de negócios para o mercado externo. No mercado externo a comercialização de chapas polidas proporciona uma receita três a quatro vezes maiores, por metro cúbico, que a venda em bloco. A venda de produtos finais, por sua vez, permite gerar uma receita seis vezes maior, por metro cúbico, que a venda em bloco (PEITER, 2001).

Os produtores tradicionais, fornecedores e detentores da melhor tecnologia, como Itália, Grécia e Espanha, vêm assistindo, mais recentemente, o incremento da produção nos países emergentes, especialmente China, Índia e Brasil, que operam com custos mais atrativos e com participação crescente na composição da oferta mundial. Desses países, a China representa a maior ameaça ao mercado, produzindo em larga escala, mas com padrões de qualidade e preços inferiores aos dos produtores tradicionais Segundo o (BNDES, 2003).

Segundo Peiter (2001) existem condições favoráveis para o Brasil incrementar a produção interna, tanto de mármore quanto de granitos processados e beneficiados, visando o aumento das suas exportações. O país apresenta competitividade no segmento de mármore e granitos com baixos custos de produção, fato este que, aliado à abundância e diversidade das reservas de granitos, que abrangem cerca de 500 variedades comerciais, faz o diferencial em relação a outros produtores mundiais, situando-se entre os oito maiores produtores mundiais, embora não detendo ainda a melhor tecnologia nas máquinas de beneficiamento.

Atualmente, com novas tecnologias na lavra de rochas ornamentais, especialmente o uso de fio diamantado conjugado com a aplicação de argamassa expansiva é possível preservar e otimizar a extração de rochas que eram impossíveis de serem retirados com a técnica de explosivos ou cunha mecânica. Além disso, no processo de beneficiamento, nos últimos dez anos têm sido amplamente aplicados o sistema de resinação do granito com resinas de sistema epóxi, o que confere resistência e acabamento superficial de grande aceitação estética e comercial (SOUSA e RODRIGUES, 2002).

Segundo Frazão (2002) as rochas ornamentais são materiais nobres, destacando-se propriedades únicas, como a estética, durabilidade, resistência física, química e mecânica e de grande flexibilidade no uso, permitindo a obtenção de peças com formatos e dimensões variáveis.

O desdobramento de granito é feito em máquinas denominadas de teares em unidades chamadas de serrarias. O tear de lâminas, conforme Figura 2.3, é um engenho de múltiplas lâminas de aço, que auxiliada por uma lama abrasiva composta de granalha de aço, cal e água (esses dois últimos evitam a oxidação do aço da granalha e lâmina, além disso, também lubrificam as lâminas), corta os blocos de granitos num movimento de vai-e-vem. Blocos de mármore são mais usados os teares com lâminas diamantadas, não necessitando da lama abrasiva. Atualmente, já estão sendo comercializados teares de fio diamantados que apresentam viabilidade técnica e econômica competitivas com os teares de lâminas (SOUSA, 2007).

O objetivo deste trabalho foi analisar o processo produtivo de desdobramento de rochas ornamentais observando a influencia da dureza do material, em função da elevada variação no consumo dos principais insumos como: granalha, lâmina e energia elétrica, correlacionando a dureza dos granitos com caracterização petrográfica e a produtividade do desdobramento de rochas ornamentais no tear.

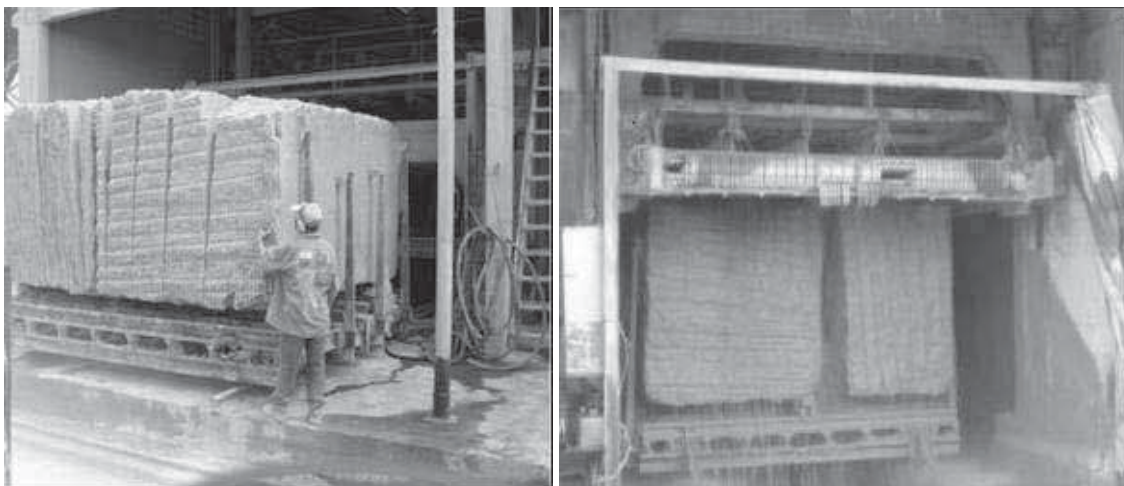


Figura 1: Tear de Lâminas usado no desdobramento de blocos de granitos em chapas na empresa FUJI S/A – Campina Grande/PB.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado na empresa FUJI S/A Mármore e Granitos, localizada na cidade de Campina Grande/PB, cuja serraria possui 3 teares GASPARI MENOTTI, dois JS 350 e 1 JS 380 (italianos), com 3,50 m de largura, sistema de alimentação automatizado e elevado nível de automação, tendo capacidade instalada de aproximadamente 10.000 m²/mês. As serradas analisadas foram realizadas no ano de 2007. Permaneceram constantes os colaboradores do setor de serraria, bem como o engenheiro de produção, e o encarregado.

Os insumos utilizados nos desdobramentos são de fornecedores que atendem as normas nacionais e/ou internacionais, com sistemas de gestão da qualidade, isto lhes confere confiabilidade e credibilidade para aquisição dos mesmos. Os insumos analisados foram a granalha de aço GR-04 da Sinto (São Paulo/Brasil), a Lâmina de aço, altura de 120 mm e espessura de 5,0 mm da Metisa (Santa Catarina/Brasil) e a energia elétrica utilizada é da Companhia Energética da Borborema- CELB localizada na cidade de Campina Grande/PB.

A escala de dureza adotada pela FUJI S/A é a escala recomendada pela empresa fornecedora, fabricante de granalha de aço, que sugere uma escala em função do consumo de granalha, conforme mostrado na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Escala de dureza em função do consumo de granalha fornecida pela IKK.

DUREZA	CONSUMO DE GRANALHA
1	0 e 1 kg/m ²
2	1 e 2 kg/m ²
3	2 e 3 kg/m ²
4	3 e 4 kg/m ²
5	> 4 kg/m ²

Fonte: Empresa IKK fabricante de granalha de aço.

Os granitos analisados foram o Preto, proveniente do Município de Casserengue/PB, o Bordeaux no Município de Currais Novos/RN e o Macambira do Município Aparecida/PB. A Caracterização destes granitos foi realizada no Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, conforme normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização dos granitos em estudo segundo as normas da ABNT.

GRANITO	NBR 12768	NBR - 12766	NBR 12767	NBR 12764
	Petrografia	Porosidade (%)	Compressão Uniaxial (MPa)	Impacto de corpo Duro – Ruptura (cm)
Preto	Piroxênio biotita-diorito	1,60 ± 0,28	130 ± 11	65
Bordeaux	Plagioclásios	0,82 ± 0,07	143 ± 11	70
Macambira	Plagioclásios	0,46 ± 0,02	151 ± 19	70

A capacidade volumétrica útil dos teares e a taxa de ocupação da FUJI S/A - Mármore e Granitos é o dado pelas equações abaixo:

Capacidade do tear = Largura x altura x comprimento

Volume = $3,5 \times 3,1 \times 2,0 = 21,70 \text{ m}^3$.

Portanto, a capacidade volumétrica da serraria da FUJI S/A calculada para a determinação da taxa de ocupação deste trabalho é de:

Volume total = N.Q serradas (3) x $21,7 \text{ m}^3 = 65,10 \text{ m}^3$

A taxa de ocupação indica o percentual do volume do tear, nesse estudo calculado acima ($65,10 \text{ m}^3$), que está sendo ocupado com o volume líquido de blocos de granito.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos nos registros de produção dos documentos operacionais interno do Sistema de Gestão da Qualidade da FUJI S/A, referente ao setor de tear, conforme procedimento de operação, controle e registro de serrada- RQ-9.1 e RQ-9.2, onde registram os seguintes dados e parâmetros de controles do processo:

- **RQ-9.1** - dados dos blocos, como tipo de granito, medidas dos blocos, fornecedores dos insumos, data e hora de início e término da serrada e horas trabalhadas efetivas e horas de paradas e/ou manutenção.
- **RQ-9.2** - análise na lama abrasiva, que são as inspeções da viscosidade, que serve de parâmetro de controle da qualidade da lama abrasivas, quantidade de granalha, em g/L e peso específico, em g/L. No painel eletrônico do tear (PLC) são fornecidas as informações da cala (velocidade instantânea de corte, em mm/h), amperagem do volante e da bomba, posição da Lâmina dentro do bloco (mm), produção (m^2/h), tensão da lâmina e consumo de granalha (kg/m^2).

Esses dados são registrados pelos operadores e supervisionados pelo encarregado. A disposição e ações imediatas durante o processo são da responsabilidade dos operadores, que estão devidamente treinados para tomada de decisão. As análises dos resultados são feitas pelo engenheiro de produção.

A Tabela 3 apresenta a média do consumo dos principais insumos no desdobramento utilizados para os granitos em estudo. Os resultados apresentados nesta tabela são referentes aos parâmetros estudados neste trabalho, com as médias de três serradas para blocos com 1,80 m de altura. A área em m^2 considerada neste estudo refere-se ao aproveitamento das medidas comerciais das chapas, levando em conta o desconto de 5 cm da menor extremidade do comprimento e altura da chapa.

De acordo com a esta Tabela 3 pode-se observar que quanto menor a porosidade maior a resistência à compressão, isto irá acarretar em um melhor desempenho do granito macambira em estudo.

Tabela 3: Média do consumo dos principais insumos no desdobramento utilizados para os granitos em estudo.

GRANITO	Dureza conforme escala dos fornecedores	Granalha	Lâmina	Energia Elétrica
		Kg/m ²	Kg/ m ²	KWh/m ²
Preto	1	1,00 + 0,05	0,50 ± 0,01	7,5 ± 0,5
Bordeaux	3	3,00 ± 0,15	1,3 ± 0,09	14,4 ± 1,2
Macambira	5	4,20 ± 0,28	1,8 ± 0,12	16,8 ± 1,4
Fornecedor		SINTO DO BRASIL	METISA	CELB

Observando a Tabela 3 pode-se verificar que o granito Macambira é o que apresenta maior dureza, conseqüentemente apresentou um maior consumo de granalha, lamina como também um maior consumo de energia. Através dos resultados apresentados na Tabela 3 que referente-se às três serradas para cada tipo de granito, ou seja, Preto, Bordeaux e Macambira, pode-se verificar que quanto maior a dureza, melhor o desempenho mecânico ocasionando um maior o consumo de insumos.

Segundo Sousa e Rodrigues (2002) nas várias serrarias com teares existem percepções distintas do grau de dureza da rocha, o que corrobora para esconder a ineficiência de uma empresa, pois, é comum ouvir no jargão nessa atividade industrial, a seguinte afirmativa: "os custos de produção e o consumo dos insumos elevados são por culpa do material, que é muito duro". Assim pode-se afirmar que a quantidade de serradas foi compatível com os tipos de granitos estudados neste trabalho e que a dureza dos mesmos encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos pelo fornecedor, apresentando resultados de desempenho e controle de processo dentro das expectativas.

Estes resultados favoráveis indicam que a empresa FUJI S/A – Mármore e Granitos, possui tecnologia de processo adequado para obtenção de resultados satisfatórios de produtividade, totalmente competitiva para participação no mercado das indústrias de desdobramento de granitos. Por outro lado, estudo de correlação entre as características petrográficas dos granitos e aspectos tecnológicos de processamento deve evoluir com mais conhecimento, buscando disponibilizar dados científicos para as indústrias de beneficiamento, desta forma, minimizando a produção empírica e promovendo a produtividade eficiente e eficaz, garantindo a competitividade das indústrias de desdobramento de rochas ornamentais do Nordeste do Brasil.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que o processo produtivo de desdobramento de rochas ornamentais é influenciado pela dureza do material, em função da variação no consumo dos principais insumos como: granalha, lâmina e energia elétrica; caracterizando-se claramente a correlação entre a dureza do granito e o consumo dos insumos, ou seja, quanto mais duro o granito maior o consumo dos insumos. Contudo, é importante avaliar cada vez mais, o controle de processo, visando otimizar os custos e a produtividade das serradas, pois dessa forma, é que se justifica a busca constante do aperfeiçoamento dos processos produtivos.

REFERÊNCIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR 12764. Rochas para Revestimento - Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. 1992
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 12766. Rochas para Revestimento - Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente. 1992
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 12767. Rochas para Revestimento - Determinação da resistência à compressão uniaxial. 1992.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - NBR 12768. Rochas para revestimento - análise petrográfica. 1992
- BNDES Setorial. Banco Nacional de Desenvolvimento. Rochas Ornamentais: exportações promissoras Rio de Janeiro, n. 17, mar. 2003, p. 69-92.
- FRAZAO, E. B., Tecnologia de rochas na construção civil. São Paulo. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 132p. 2002.
- SOUSA, A. A. P. Desenvolvimento de Argamassa Expansiva para Lavra de rochas Ornamentais Utilizando Minerais Não-metálicos da Região Nordeste do Brasil. Tese de Doutorado Campina Grande/PB. 114p. 2007
- SOUSA, A. A. P. e RODRIGUES, R., Consumo dos Principais Insumos no Desdobramento de granitos do Nordeste, de Diferente Grau de Dureza. In: III Simpósio de Rochas Ornamentais. 2002, Recife- PE. Anais. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral – Ministério das Ciências e Tecnologia. Recife/PE, p.171-178. 2002.
- VALE, Eduardo. Aspectos Legais e Institucionais do Setor de Rochas Ornamentais. Vol 1. Fortaleza, 1997. Instituto Euvaldo Lodi.
- PEITER, C. C. et al., Rochas Ornamentais no Século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. CETEM/ABIROCHAS. Rio de Janeiro, 160p. 2001.

AGRADECIMENTOS

FUJI S/A – MÁRMORES E GRANITOS

UEPB – Universidade estadual da Paraíba