

ANÁLISE AMBIENTAL DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM VISTAS A UMA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: APLICAÇÃO CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES¹

Cezar Henrique Barra Rocha²
José Gonçalves de Sousa³

RESUMO

Este trabalho analisou o processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa. A metodologia utilizada constou de revisão bibliográfica e visitas a lavras e empresas situadas em Cachoeiro de Itapemirim, principal pólo do Espírito Santo no fornecimento e processamento de rochas ornamentais. A partir disso, apontamos alternativas para diminuir os impactos na extração e beneficiamento das rochas como a adoção do Ecotear, reutilização das águas e reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados como, por exemplo, material cerâmico, tijolo, argamassa, na construção de muros de arrimo e pavimentação de estradas. Essa produção mais limpa deve ser adotada por qualquer empresa que tenha responsabilidade ambiental e almeje futuro sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: processo de extração e beneficiamento, rochas ornamentais, reaproveitamento.

ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF EXTRACTION AND IMPROVEMENT OF ORNAMENTAL ROCKS AIMING AT A CLEANER PRODUCTION: APPLICATION CACHOEIRO ITAPEMIRIM - ES

ABSTRACT

This paper analyzes the process of extraction and improvement of ornamental rocks aiming at a cleaner production. The methodology consisted of literature review and visits to mines and companies located in Cachoeiro de Itapemirim, which is the main center in the state of Espírito Santo in the supply and processing of ornamental rocks. Alternatives were, then, pointed out to reduce the impacts on the extraction and improvement of rocks as the adoption of 'Ecotear', water reuse as well as the reuse of solid waste which are generated, such as ceramic, brick, mortar, construction of retaining walls and the paving of roads. Such cleaner production should be adopted by any company which has environmental responsibility and aims at a sustainable future.

KEYWORDS: extration process and improvement, ornamental rocks, reuse.

¹ Artigo apresentado ao Centro Científico Conhecer.

² Graduado em Engenharia Civil pela UFJF 1990. Mestrado em Transportes pela USP 1994. Doutorado em Geografia pela UFRJ 2003. e-mail: barra.rocha@gmail.com.

³ Graduado Geografia (Bacharelado e Licenciatura) pela UFF 1998 e 1999. Especialista em Análise Ambiental pela UFJF 2007.

1. INTRODUÇÃO

A problemática ambiental tem despertado nos últimos anos grande interesse no Brasil. As leis de controle ambiental tornaram-se mais severas e os órgãos de fiscalização ficaram mais eficientes. Por outro lado, os custos de disposição de resíduos de forma ecologicamente correta são elevados. Isso tem motivado a busca de alternativas tecnológicas viáveis para a disposição de resíduos industriais.

Tendo-se em vista tal problemática, este artigo procura analisar o processo de extração e beneficiamento do setor de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo.

Nas diversas etapas de produção (nomeadamente extração, beneficiamento primário e final) a geração de resíduos chega a ser da ordem de 30 a 40% da matéria prima. Atualmente, as empresas do setor de um modo geral têm procurado de alguma forma não ficar às margens das leis ambientais. Mas a quantidade de resíduos jogado diretamente em lagoas e rios é grande. Apesar da lama de serragem dos blocos de mármore e granito não ser considerada um resíduo perigoso, (classe I), ela constitui um sério problema ambiental.

O estado do Espírito Santo, maior explorador do setor de rochas ornamentais do Brasil, estima que a produção de lama abrasiva de mármore e granito das indústrias da região esteja em torno de 4.000 toneladas por mês. Deduzimos, então, que o município de Cachoeiro de Itapemirim, por concentrar o maior número de empresas do setor no Estado, seja responsável pela maior parcela de produção deste resíduo.

A taxa de crescimento anual do setor vislumbra um futuro caótico para o meio ambiente, se medidas não forem levadas à prática de imediato. As micros e pequenas empresas, que são maioria, necessitam da implantação de um programa de gestão ambiental para suprir, a partir de medidas simples, a falta de investimentos maiores no meio ambiente.

É por que, nesta pesquisa, procuramos fazer uma análise das questões ambientais ignoradas ou negligenciadas na exploração de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim. Tal procedimento, em primeiro lugar, teve o propósito de procurar soluções para minimizar os impactos e proporcionar uma produção mais limpa, e, numa segunda etapa, propor o aproveitamento dos resíduos ou dos subprodutos, como queiram nomear, sugerindo-se a reutilização dos mesmos em material cerâmico, argamassa, tijolo, muro de arrimo e pavimentação de estradas, por meio da usinagem a quente.

Quanto ao aspecto metodológico, o desenvolvimento do presente trabalho baseou-se inicialmente em um levantamento bibliográfico, visando a coleta informações de caráter geral ao tema. Posteriormente, a fase de campo envolveu visitas às áreas de estudo (lavras, serrarias e empresas de beneficiamento), assim como ao Centro Tecnológico do Mármore e Granito (CETEMAG), aos órgãos ambientais municipais, ao sindicato patronal denominado "SINDIROCHAS" e, finalmente, a duas empresas que produzem cerâmica e desenvolvem trabalho pioneiro de reutilização da lama abrasiva.

O contato com profissionais do setor, inclusive ligados ao meio ambiente, possibilitou a estruturação deste trabalho conforme se segue:

Primeiramente, apresentamos informações sobre o município de Cachoeiro de Itapemirim, um breve histórico sobre o aparecimento do mármore, e as

consequências iniciais para o meio ambiente, finalizando com uma revisão conceitual sobre rochas ornamentais.

Além disso, destacamos a importância de haver um bom planejamento durante a fase que antecede a exploração, para que a lavra seja precisamente explorada, proporcionando uma menor geração de resíduos e uma adequada recuperação da área degradada. Destacamos, ainda, os métodos de lavra, as tecnologia de corte menos agressivas ao meio ambiente e os impactos ambientais característicos desta fase.

Na sequência, abordamos o processo de beneficiamento que se divide em primário e final. No primário, a principal máquina utilizada é o Tear, responsável pela serragem ou desdobramento de blocos de mármore e granito, em que é produzida a lama abrasiva fruto da mistura de água, granalha, cal e rocha moída. No beneficiamento final é produzida também uma lama resultante das distintas fases de acabamento superficial. Evidenciamos as politrizes mais utilizadas e os impactos causados nessa fase.

A partir dessas observações, apresentamos algumas soluções para reduzir os impactos nos processos de extração e beneficiamento, bem como indicamos propostas de reutilização dos resíduos na fabricação de materiais para construção civil e obras de infra-estrutura.

Finalizando, destacamos algumas associações criadas no município de Cachoeiro de Itapemirim e cidades vizinhas num esforço para se gerir esses resíduos por meio de cooperativas.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Aspectos gerais do município Cachoeiro de Itapemirim

O município de Cachoeiro de Itapemirim dista 136 km de Vitória, capital do Estado do Espírito Santo. Ele está situado no sul do Estado, ocupando lugar de destaque na microrregião harmônica, pertencente à mesorregião Sul Espírito Santense, da qual também fazem parte os municípios de Apiacá, Atílio Vivacqua, Bom Jesus do Norte, Castelo, Jerônimo Monteiro, Mimoso do Sul, Muqui, São José do Calçado e Vargem Alta.

Abrange uma área de 952 Km², dos quais 241 Km² pertencem à sede, e o restante se divide entre seus sete distritos: Distrito Sede, Conduru, Burarama, Córregos dos Monos, Gruta, Itaóca, Pacotuba e Vargem Grande de Soturno.

O município conta com uma população de 174.227 (IBGE – Censo de 2000) dos quais 88,83 % estão na zona urbana. Apresenta uma densidade demográfica aproximada de 5,5 hab/Km². A bacia hidrográfica a qual pertence o município é a do Rio Itapemirim e seus afluentes. O rio é utilizado para o abastecimento de água na cidade, geração de energia para as pequenas indústrias e para pesca.

2.2 Histórico

A primeira iniciativa empresarial ligada ao mármore, no Estado do Espírito Santo, deu-se na década de 20, na sede do município de Cachoeiro de Itapemirim, com a implantação de uma marmoraria que beneficiava materiais vindos do Rio de Janeiro, de São Paulo, de Portugal e da Itália (ABREU & CARVALHO, 1994).

Em 1926, com a instalação de uma fábrica de cimento, o mármore começou a ser utilizado para fins de comercialização (cal e cimento), mas a verdadeira exploração mineral ocorre a partir da implantação de marmorarias (PEREIRA, 1996).

Somente na segunda metade da década de 50 delineou-se o que viria a ser o início de uma atividade próspera e rica para a região. Como que por obra do destino, foi na localidade de Prosperidade que a riqueza natural encontrou-se com o espírito pioneiro de um filho de imigrantes italianos e com a curiosidade de um jovem que morava no Rio de Janeiro. Nasceu desse encontro o início da extração de blocos de mármore em caráter empresarial, com a participação de empresários do ramo de marmorarias do Rio de Janeiro (ABREU & CARVALHO, 1994).

Surgiu, então, um novo setor na economia municipal e estadual, que, num ritmo acelerado, foi-se consolidando, criando novas expectativas e atraindo vários setores da sociedade dispostos a investir naquela localidade. Em muito pouco tempo a indústria da pedra passa a fazer parte do cenário comercial e do cotidiano. “A cada dia, uma nova empresa. E mais uma aventura. A crença nos altos lucros minimizava a sensação do risco e o setor vai crescendo ao sabor dos trancos e barrancos, e Deus por todos oferecendo de presente a riqueza mineral” (ABREU & CARVALHO, 1994).

2.3 Consequências Iniciais para o Meio Ambiente

Como praticamente todos os setores da economia no Brasil, naquela época não existia ainda uma preocupação com o meio ambiente. Isso se iniciou apenas a partir da década de 70 (IBRAM, 1992).

O crescimento acelerado do setor sobrecarregava a Delegacia Regional do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que, com uma estrutura precária, limitava-se a fornecer orientações técnicas e a equacionar questões de interesse coletivo (IBRAM, 1992).

Esse cenário inicial, onde reinava a determinação de alguns homens em alcançar lucros fáceis e rápidos, misturado com a força do mercado, contribuiu para a instalação de empresas sem o planejamento devido. Desta forma, o meio ambiente foi violentamente agredido, considerando as leis atuais. As lavras operavam de maneira rudimentar, o desperdício de rocha era muito grande, a vegetação e o solo eram retirados e removidos sem se planejar a reabilitação, as estradas de acesso provocavam enormes impactos, e por fim, as serrarias eram instaladas próximas ao perímetro urbano e muitas vezes bem próximas aos rios.

As consequências desse início notamos nos dias atuais, pois, com uma grande concentração de empresas dentro da cidade, elas expõem a população, dentre outros problemas, à poluição sonora, atmosférica e visual, e aos rios e cursos d'água ao assoreamento e contaminação pelos efluentes (SILVA, 1998).

2.4 Revisão Conceitual sobre Rochas Ornamentais

Rocha ornamental é a denominação empregada para designar rochas que “[...] após serragem, polimento e lustração, ressaltam características intrínsecas (textura, estrutura, trama dos minerais, etc.) conferindo-lhes grande beleza e permitindo seu uso em revestimentos, pisos e ornamentação” (ABREU et al, 1990). Tal nomenclatura distingue as rochas assim caracterizadas das “[...] pedras ornamentais” termo que designa” aquelas pedras passíveis de serem utilizadas

como adornos e/ou peças decorativas in natura ou então trabalhadas sob as mais variadas formas” (BRANDÃO et al., 1991).

Para fins comerciais, as rochas ornamentais subdividem-se em dois grandes grupos: granitos e mármore.

O termo granito refere-se às rochas não-carbonáticas, de composição silicatada, suscetíveis de polimento e empregadas como material de revestimento. Assim, para a indústria, os granitos são as rochas graníticas e afins (granito propriamente dito, dioritos, granodioritos, sienitoa, etc., têm como minerais constituintes o quartzo e feldspato de dureza sete e na escala de mohs respectivamente), como outras rochas de naturezas geológicas diversas (gnaisse, migmatitos, charnockitos, etc.) (GIACONI, 1998).

Da mesma forma, o termo mármore engloba as rochas de composição carbonática, incluindo-se aí o mármore propriamente dito, ou seja, calcário metamorfozido e recristalizado, calcários, dolomitos, travertino, brechas calcárias, etc. (GIACONI, 1998).

Embora as rochas como quartzitos, serpentinitos e ardósias sejam incluídas como rochas ornamentais são consideradas tipos secundários, não se enquadrando nos grupos dos mármore e granitos (SANTOS & CHIADI FILHO, 1991).

Por outro lado, VIDAL (1995) faz referência aos “materiais sucedâneos”, ou seja, outras rochas ornamentais empregadas na construção civil (revestimento), porém não submetidas ao processo de desdobramento de blocos (serragem). Incluem-se em tais matérias rochas como ardósias, arenitos, quartzitos, basaltos, gnaisse, etc., de forma que possam ser extraídas em forma laminada, ou utilizadas em revestimento, independentemente da referida forma.

Não se levando em conta a precisa classificação petrológica das rochas, os termos mármore e granitos, no entanto, são adotados nas transações comerciais, uma vez que o interesse maior tanto para o consumidor quanto para o produtor não reside em tal discussão, mas sim nos aspectos estéticos tais como: cor, textura, tamanho do grão (por sua vez dependentes da composição mineralógica das rochas) e nas características tecnológicas (por exemplo, durabilidade) (GIACONI, 1998).

Neste trabalho, os termos mármore e granitos aparecerão com significado comercial, desconsiderando o ponto de vista petrológico.

2.5 O Processo de Extração

O processo de extração inicia-se com a realização de uma pesquisa de solo levantando-se o potencial e qualidade das rochas, dentre outras características. Essa etapa torna-se de fundamental importância para as etapas subsequentes. Ela deve ser feita por profissionais qualificados, geralmente geólogos e engenheiros de minas, que baseados em critérios técnicos, condicionantes geológicos (regionais e locais), estimativas de reservas, constituintes físico-químicas da rocha, deliberam sobre viabilidade da lavra, ou concluem sobre a melhor forma de extração, evitando perdas e conseqüentemente menores impactos.

Para a utilização de técnicas exploratórias, pode-se lançar mão dos recursos de sensoriamento remoto, tais como análise morfo-estrutural em imagens de satélite e fotos aéreas convencionais que permitem a identificação de rochas maciças e/ ou isotrópas, área com matações, etc. (GIACONI, 1998).

A atividade de extração de mineral somente pode ser exercida pelo empreendedor que, comprovadamente, esteja regularizado perante o Departamento

nacional de Produção Mineral (DNPM), que concede as licenças necessárias para pesquisa e exploração.

A autorização de pesquisa é concedida pelo diretor-geral do DNPM. Nessa fase, a extração mineral poderá ocorrer mediante a guia de utilização. Já a concessão para se lavrar uma jazida é outorgada por Portaria do ministro de Minas e Energia. Após isso, busca-se o licenciamento junto aos órgãos ambientais da região (INFOROCHAS, 2006).

2.6 Métodos de Lavra

Nesta fase cresce a importância da pesquisa realizada previamente. O investimento feito começa mostrar resultado fornecendo subsídios precisos para escolha da melhor metodologia que vai propiciar maior produtividade e menores impactos ambientais.

A partir do momento em que se atinja um certo grau de conhecimento da reserva, no que diz respeito à forma e volume disponíveis, qualidade do material, dimensões do bloco a serem lavrados, características geológicas e petrográficas, pode-se passar ao estudo de planejamento de lavra da pedreira adotando-se uma metodologia de extração e recuperação ambiental (CARANASSIOS & CICCUI, 1992).

a) Lavra por desabamento

Método que consiste no desmonte da rocha por explosivos, gerando grande quantidade de material fragmentado, bem como grandes blocos de forma irregular.

Com o desenvolvimento de novas técnicas de corte e a preocupação crescente com valores ambientais, tal tecnologia vem sendo abandonada, restringindo-se apenas a casos em que haja condições extremamente favoráveis, tais como abundância de reservas, topografia acidentada e grandes áreas disponíveis para deposição do material estéril e material de baixo (ou limitado) valor comercial.

b) Lavra de matações

Matações são porções definidas de um maciço rochoso, individualizada pela atuação interpélica nas fraturas e destacadas por erosão. São peculiares as rochas silicatadas (granito) e apresentam morfologia geralmente arredondada, resultantes da esfoliação esferoidal (acebolamento).

A lavra é realizada em várias frentes, geralmente próximas entre si, por motivos econômicos, devendo as matações apresentar dimensões apropriadas e quantidades suficientes que permitam o desdobramento de um número razoável de blocos. As atividades envolvem a demarcação de furos para detonação, perfuração, colocação de explosivos, detonação e, posteriormente, enquadramento dos blocos, utilizando-se processos de afeiçoamento manual (CARANASSIOS & STELLIN JR.; 1991).

O referido método apresenta problemas ambientais devido as impurezas e alterabilidade dos minerais, o que dificulta a recuperação da área, além da geração de um grande volume de rejeito.

c) Lavra por bancadas

Método conduzido através de bancadas, cuja altura pode variar de baixa (altura igual a uma das dimensões do bloco comercializável) a alta (quando igual a um número múltiplo de uma das dimensões do bloco).

- Bancadas baixas

Geralmente adotadas na fase inicial de abertura da pedreira, como também em casos em que não exista possibilidade de se conduzir a lavra em profundidade, por causa da limitação da ocorrência. São muito utilizadas na extração de blocos de mármore em Cachoeiro de Itapemirim.

- Bancadas altas

Adotadas quando as rochas apresentam uma grande heterogeneidade qualitativa e estrutural e a seletividade da lavra se torna um trabalho de difícil realização. A limitação desse método situa-se no grande volume de rejeito gerado, chegando a 80% do material lavrado.

d) Lavra Subterrânea

Quando se procura aproveitar ao máximo a disponibilidade de uma boa jazida, torna-se interessante a passagem progressiva da lavra a céu aberto para lavra subterrânea. Essa evolução geralmente ocorre por motivos econômicos e de reserva geológica (CARANASSIOS & CICCUI, 1992). Embora já se tenha verificado que os impactos sejam mínimos, por outro lado evidenciam-se os problemas relativos ao controle de estabilidade.

2.7 Tecnologia de Corte

A escolha da tecnologia de corte a ser empregada nas atividades de lavra ocorre a partir de fatores tais como: tipo de rocha, suas características petrográficas e estruturais, valor do material no mercado, meio-ambiente, disponibilidade financeira da empresa, dentre outros (PINHEIRO, 1995).

Nos últimos anos, as tecnologias de corte, tradicionais ou avançadas, têm experimentado um considerável progresso, decorrente do aumento da demanda por rochas para uso na engenharia de construções, obras de arte e decoração de interiores. As técnicas atualmente mais avançadas são as seguintes: Corte por fio diamantado; Waterjet; Correia diamantada.

2.8 Impactos Ambientais no Processo de Extração

Como toda atividade de mineração, a extração dos blocos de uma lavra de rochas ornamentais é uma atividade altamente impactante. Primeiramente, faz-se necessário o desmatamento e a remoção do solo para tornar viável o acesso e a operação da lavra, o que provoca um efeito negativo na fauna e flora, além do impacto visual.

Apesar de o empreendimento ter todos os tipos de licenças exigidas pela legislação e, ainda, autorização para lavra, os impactos são inevitáveis, cabendo ao empreendedor cumprir a legislação, executando todas as etapas de recuperação da área para minimizá-los.

Na pesquisa de campo realizada por nós, observamos um intenso movimento de máquinas, carros e caminhões acompanhados de ruídos e poeira, agravando-se quando a lavra entra em operação com as vibrações provocadas pelas explosões e máquinas perfuratrizes, além dos cascalhos de pedras.

“Um aspecto importante no planejamento, e que muitas vezes não é levado em conta, diz respeito à necessidade de harmonizar, desde o início da atividade produtiva, as ações referentes à recuperação ambiental” (GIACONI, 1998).

QUADRO 1 - Caracterização dos principais impactos

POSSÍVEIS IMPACTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ÁREAS DE BOTA-FORA	X			X	X			X		X	X		X	
ABERTURAS DE ESTRADAS	X			X	X			X		X	X		X	
MAIOR EXPOSIÇÃO DE SOLOS		X	X		X		X			X	X		X	
ASSOR. CORPOS D ÁGUA		X		X	X			X		X			X	X
AUMENTO CAPACIDADE EROSIVA		X		X	X	X		X		X	X		X	X
SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO	X	X	X		X	X		X		X	X		X	
SUPRESSÃO DE HABITATS	X	X	X		X	X		X		X	X		X	
ALTERAÇÃO DA VEGETAÇÃO		X	X	X	X	X		X		X	X		X	
ALT. NO ECOSSISTEMA AQUÁTICO		X		X	X			X	X	X		X	X	
ALTERAÇÃO ESTÉTICO-VISUAL	X			X	X			X		X		X	X	X
ALTERAÇÃO NO USO DO SOLO	X			X	X			X		X	X		X	X

FONTE: Granitos e Mármore Machado Ltda.

LEGENDA:

1. **DIRETO:** são os diretamente decorrentes da estruturação locais.
2. **INDIRETO:** são os oriundos dos diretos;
3. **TEMPORÁRIOS:** ocorrem em espaço limitado de tempo;
4. **PERMANENTE:** estendem-se indefinidamente;
5. **IMEDIATO:** são os que se iniciam junto com a implantação da estrutura;
6. **MÉDIO/LONGO PRAZO:** são os que iniciam num período de tempo não determinado após a implantação da estrutura.
7. **REVERSÍVEL:** são os que depois de cessada a ação do agente que os desencadeou, são capazes de retornar à sua situação anterior por si mesmo;
8. **IRREVERSÍVEL:** são os que depois de cessada à ação do agente que os desencadeou, não são capazes de retornar à sua situação anterior por si mesmo;
9. **BENÉFICO:** que trás benefícios à região;
10. **ADVERSO:** que trás impactos desfavoráveis à região;
11. **LOCAL:** são aqueles que se farão sentir exatamente no local da extração;
12. **REGIONAL:** são aqueles cujos efeitos se farão além do local de extração;
13. **FASE DE IMPLANTAÇÃO;**
14. **FASE DE OPERAÇÃO.**

2.9 O Processo de Beneficiamento

Na industrialização de rochas ornamentais (mármore e granito), o beneficiamento corresponde à etapa subsequente à exploração (lavra) estando condicionado à comercialização daqueles materiais. Tem como objetivo o tratamento final da rocha, adequando às chapas as especificações de dimensões e acabamento superficial que o produto final deve apresentar. Em função desse objetivo, podemos dividir tal etapa em beneficiamento primário e beneficiamento final.

2.9.1 Beneficiamento primário

Também conhecido por desdobragem ou serragem, corresponde ao corte de blocos em peças com espessuras variadas e próximas daquelas apresentadas pelos produtos finais, na forma de chapas, espessores (chapas grossas para arte

funerária, monumentos etc.) ou tiras. Representa o primeiro passo em relação à agregação de valor ao material proveniente das pedreiras.

O desdobramento dos blocos é realizado em serrarias, cujas instalações possuem: galpão para máquina (teares); pátio de estocagem de blocos e pátio de estocagem de chapas.

Neste processo (desdobragem ou serragem) o principal equipamento utilizado são os teares. O Estado do Espírito Santo possui cerca de 900 teares em operação, o que representa 57% de todos os teares instalados no Brasil. A maioria deles está instalada em Cachoeiro (INFOROCHAS, 2006).

- Teares

São equipamentos robustos, dotados de quatro colunas que sustentam um quadro que realiza movimento pendular. Esse quadro é dotado de múltiplas lâminas de aço carbono (alta dureza), dispostas longitudinalmente, umas paralelas as outras. O bloco de rocha é colocado sob o quadro, cujo movimento oscilatório faz que as lâminas penetrem no bloco. Para otimização do corte e resfriamento das lâminas (diminuição do atrito aço-rocha), o bloco é banhado constantemente por uma polpa abrasiva composta pela mistura de água, granalha de aço (elemento abrasivo) e cal (para evitar oxidação).

- Talha-blocos

Nesses equipamentos, o desdobramento dos blocos é realizado por discos diamantados, de diâmetros variados, com capacidade para cortes de grandes profundidade.

2.10 Impactos Ambientais no Processo de Beneficiamento Primário

Há um estudo realizado por SILVA (1998) sobre a caracterização do resíduo da serragem de blocos de granitos que diz o seguinte na sua conclusão. A lama abrasiva é constituída de água, granalha, cal e rocha moída. Se levarmos em conta que para produzir chapas de dois cm de espessura cerca de 20 a 25% do bloco é transformado em pó, o volume total de rejeito gerado no processo de serragem é grande. O armazenamento dessa lama nos tanques de deposição final do resíduo contamina o solo, alterando as condições naturais do subsolo e do lençol de água subterrânea. Quando lançado diretamente nos rios, altera a cadeia biológica dos seres vivos ali existentes bem como gera um assoreamento da via navegável. Além desse rejeito, existem os impactos produzidos ao meio ambiente através do ruído, das vibrações, da poeira, dos cascalhos de pedra, do desmatamento, do impacto visual negativo provocado pela extração etc.

No município de Cachoeiro de Itapemirim, atualmente, operam em torno de 700 empresas que atuam nessa etapa, o que agrava a questão ambiental. O município não possui um aterro licenciado para depositar, separar e reaproveitar os resíduos gerados pelo beneficiamento de rochas ornamentais. Isso que obriga as empresas a acumularem esses rejeitos sobre o solo nas suas próprias instalações, ou a agirem de uma forma clandestina depositando-os à beira das estradas e locais próximos à zona rural. Esse procedimento tem provocado a lixiviação desse resíduos e, conseqüentemente, o assoreamento dos cursos d água, bem como a contaminação do solo e das águas subterrâneas.

A lama abrasiva (água, granalha, cal e rocha moída) é o principal rejeito produzido nessa etapa. O Estado do Espírito Santo produz em torno de 4000

toneladas de rejeitos por mês, donde se concluímos que o município de Cachoeiro de Itapemirim, por reunir a maioria dos teares, também é responsável por mais da metade dessas toneladas de rejeitos produzidas.

Estudos mostram que esse é o grande problema das empresas no Estado e, particularmente, no município em questão, onde a lama abrasiva é acumulada ao redor das serrarias nos tanques de decomposição, a céu aberto, sem nenhuma prevenção contra os danos provocados à natureza bem como aos mananciais de rios onde são despejados.

Outro subproduto resultante dessa etapa é o “casqueiro”, placas pequenas e irregulares consideradas descartáveis para a fase posterior do beneficiamento.

Por fim, observamos a poluição atmosférica provocada pelas partículas suspensas. A poluição visual é causada pela quantidade de serrarias instaladas no perímetro urbano do município, e a poluição sonora é provocada pelo barulho característico do atrito da lâmina de aço com a rocha, quando da operação do tear.

2.11 Beneficiamento Final

Corresponde ao acabamento final das chapas e outras peças que sofrem tratamento para realçar as características necessárias em função do uso previsto. Nessa etapa, observamos a atuação de grandes empresas (totalmente verticalizadas) até pequenas marmorarias que produzem peças acabadas a partir de chapas brutas e/ou semi-elaboradas por terceiros (VIDAL, 1995).

O acabamento superficial pode-se dar por processos de levigamento, apicoamento, flameamento, polimento e lustro.

O levigamento (ou desgrossamento) corresponde a um beneficiamento mecânico através do qual se obtém uma superfície áspera, porém nivelada.

O apicotamento e flameamento produzem superfícies ásperas, não-derrapantes, obtidas, respectivamente, pela ação de marteletes e por choques de temperatura (aplicação de chama e resfriamento com água).

O polimento, também conhecido por esmerilhamento, produz o desbaste fino da chapa e o fechamento dos grãos minerais, tendo como resultado uma superfície lisa e opaca. O lustro, por sua vez, é aplicado para obtenção de uma superfície espelhada, realçando as propriedades de textura e cor da rocha.

Para o polimento, o principal elemento abrasivo empregado nos rebolos é o carbeto de silício (SiC), cuja dureza na escala de Mohs ($D=9$) é superior a do quartzo, possuindo, dessa forma, propriedades abrasivas sobre esse mineral que, dentre os minerais presentes nos mármore e granitos, é o que possui maior dureza.

Os equipamentos utilizados nessa operação (politrizes) são dotados de rebolos abrasivos fixados em cabeçotes rotativos que, por sua vez, são aplicados sob pressão e em movimentos circulares sobre a superfície das placas. Como as chapas provenientes do desdobramento de blocos apresentam uma rugosidade elevada, o polimento deve ser realizado através da diminuição gradual dessa rugosidade. Para tal, utilizam-se rebolos de grãos abrasivos de granulometrias diferentes, em sequência decrescente. Para refrigeração do processo e escoamento dos resíduos, utiliza-se um fluxo constante de água (CARVALHO & MACHADO, 1992).

O brilho resultante do polimento e lustro pode ser aferido através de acuidade visual ou de aparelho medidor de brilho (glossmeter). Tal aparelho, quando colocado sobre a chapa polida, faz a leitura do brilho, fornecendo em um mostrador (analógico ou digital) o percentual em relação a 100% (LORDES, 1995)

As politrizes utilizadas para o polimento podem ser manuais ou automáticas, com número variado de cabeçotes polidores. A diferença básica entre esses equipamentos reside no nível de automação e de controles e na capacidade de produção.

- **Politrizes manuais**

Dotadas de um cabeçote, proporcionam baixa produtividade e variação na qualidade do produto, uma vez que o operador deve exercer um controle direto sobre a movimentação, pressão e tempo de polimento, com ação constante sobre o equipamento.

- **Politrizes de ponte**

Dotadas de um ou mais cabeçotes, sustentados por uma viga que se desloca, permitindo aos mesmos movimentos longitudinal e transversal sobre as chapas, cabendo ao operador o controle de outros aspectos da operação (velocidade, pressão do cabeçote, etc). Com esses movimentos menos aleatórios, tais politrizes proporcionam maior produtividade e qualidade ao acabamento.

- **Politrizes multicabeça**

Esses equipamentos utilizam de cinco a vinte cabeçotes e possibilitam o processamento de chapas com até 10 a 15 cm de espessura de 2 m de largura, trabalhando com a sequência apropriada de abrasivos desde o desbaste até o lustro final. O transporte das chapas é realizado por esteira e os cabeçotes fazem o movimento transversal.

Como o nível de automação desses equipamentos pode ser muito alto, a produtividade e qualidade obtidas são bem mais elevadas.

Após o polimento das chapas, procede-se ao corte das mesmas através de serras diamantadas, conferindo a forma e dimensão finais do produto. Nessa fase observamos uma grande produção de resíduos na forma de “casqueiro” que, atualmente, tem um aproveitamento insignificante, levando-se em conta a quantidade produzida.

2.12 Impactos Ambientais no Processo de Beneficiamento Final

Essa é a etapa do processo onde se produz as chapas polidas simplesmente para serem comercializadas dessa forma, ou cortada como ladrilho, pias, mesas, balcão, etc. Para se chegar a esse acabamento (polido), as máquinas (politrizes) utilizam rebolos abrasivos, cujo atrito, com a superfície da chapa refrigerada por água, produz uma lama abrasiva que vai sendo depositada em tanques. Da mesma forma que a etapa anterior, são produzidos “casqueiros” resultantes do corte para dar forma a diversos produtos. A poluição sonora diminui em relação ao tear, porém, agrava a poluição atmosférica pelo fato de as partículas produzidas serem de granulometria menores. A poluição visual agrava-se também pelo fato desse pó depositar-se com facilidade sobre o uniforme dos trabalhadores, máquinas, instalações, vegetação e residências.

3. RESULTADOS

3.1 Redução dos Impactos no Processo de Extração

O uso de novas tecnologias de corte como o fio diamantado e um bom planejamento que possibilite a recomposição imediata do solo, são medidas que

diminuem o ruído, o desperdício de rocha e a erosão que causa o assoreamento dos rios.

3.2 Redução dos Impactos no Processo de Beneficiamento

3.2.1 Ecotear

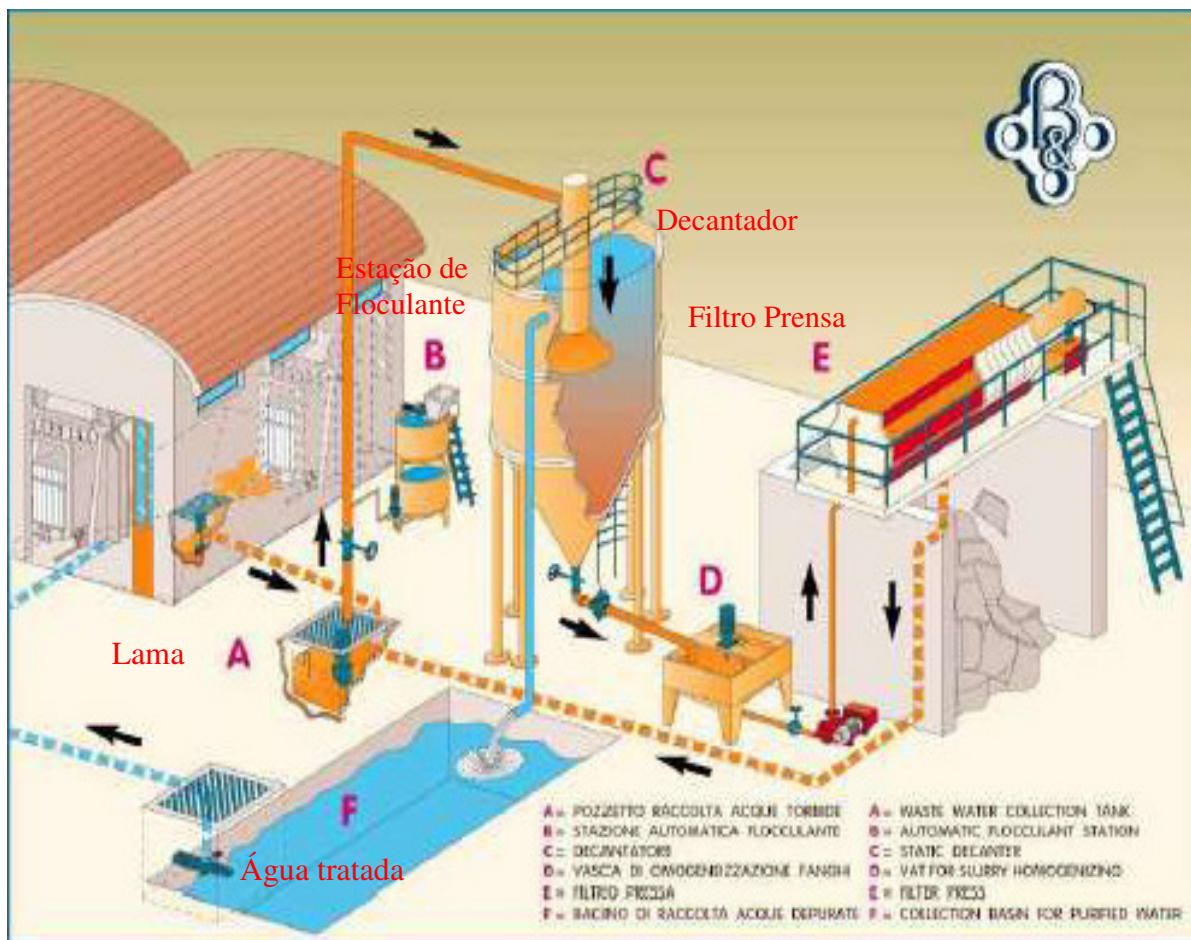
O Ecotear dispensa o uso da água e da cal no processo de corte nos blocos de rochas, que são desdobrados em placas. Dessa forma, a lama, originada da mistura do pó do mármore ou do granito com a água e cal, fica eliminada.

Outra vantagem dessa inovação é o aumento da eficiência no processo de desdobramento de blocos em chapas, com redução significativa do consumo de energia de, no mínimo, 30%. Haverá, também, aumento da velocidade de corte dos blocos de granito, atingindo até três vezes mais que o convencional.

Além disso, a qualidade da superfície serrada da rocha, segundo especialistas, já apresenta aspecto de material natural, livre de impregnação por lama, isenta de ondulação e arranhões, o que a torna muito superior a existente hoje. Por dispensar o uso da água no processo de serragem, o Ecotear favorece o meio ambiente. Isso ocorre por permitir a destinação da água para fins mais nobres. Só para termos uma noção dessa economia, um tear tradicional utiliza aproximadamente cinco mil litros de água por dia.

3.2.2 Desidratação da lama para reutilização da água

Consiste na captação da lama dos tanques (A), onde é adicionado floculante por meio do dosador (B) e levada para o decantador (C) suspenso e na forma de funil. Por gravidade e por ação do floculante a lama é depositada no fundo do decantador e levada por um duto até o filtro prensa (E), onde se otimiza a fase final de desidratação. A água resultante dessa fase, ainda com uma pequena quantidade de lama, retorna ao tanque de captação e inicia-se novamente o ciclo, enquanto os blocos de lama desidratados são destinados aos aterros. A água vinda do decantador (C) é conduzida à um tanque de água tratada (F) e de lá retorna as máquinas para reutilização.



Fonte: CEFET-ES

3.3 Reutilização dos Resíduos

Instituições de ensino técnico, universitário, empresários e governo, sensibilizados, ou mesmo procurando atender ao rigor das leis ambientais, têm feito um trabalho relevante. Observamos um esforço razoável no sentido de fomentar a pesquisa e projetos que procurem soluções para a reutilização dos resíduos provenientes da indústria de rochas ornamentais no Estado do Espírito Santo e, particularmente, no município de Cachoeiro de Itapemirim, maior produtor nacional.

3.3.1 Material cerâmico

Trabalho publicado no anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, de autoria de Heitor Fernandes Mothé, Helena Polivanov e Cheila Gonçalves Mothé.

O referido trabalho teve como objetivo obter um material cerâmico a partir de rejeitos coletados da lagoa de decantação, oriundo de uma serraria de Cachoeiro de Itapemirim, e compará-lo com o granito comercial denominado na indústria como “granito rosa bovena”, da região do município de Castelo, Espírito Santo, o qual é considerado um material nobre da construção civil.

Caracterizou-se o resíduo quanto a composição química, mineralogia, propriedades físicas, ensaio de sinterização e teste de compressão pontual. Os resultados dos índices físicos e da resistência do material sintetizado foram comparados com o granito comercial (rosa bovena). As análises permitiram-nos

concluir que o rejeito pode ser fonte para material cerâmico com possibilidade de se optar por uma maior ou menor resistência.

3.3.2 Tijolo e argamassa

Estudo feito pelos CEFET-ES comprovou que a resistência à compressão da argamassa produzida com os resíduos do corte das serrarias, após o terceiro dia de cura, foi cerca de 2% superior a da argamassa existente no mercado.

Após o vigésimo oitavo dia a resistência à compressão foi cerca de 5% superior.

A cerâmica MORRO GRANDE, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim, aproveitando o referido estudo, vem produzindo lajotas e argamassa em escala comercial.

3.3.3 Muro de arrimo

Algumas empresas participantes do programa Produção Mais Limpa, uma parceria do SEBRAE-ES e SINDIROCHAS vêm reciclando os seus resíduos. A empresa BELA VISTA MÁRMORE E GRANITO tem aproveitado as placas resultantes do corte de blocos de granito, inicialmente sem valor comercial, e denominado “casqueiros”, para construção de muro de arrimo.

3.3.4 Pavimentação

O filer é um material finamente dividido, constituído de partículas minerais provenientes de agregados graúdos e/ou miúdos empregados nas misturas asfálticas, tendo como finalidade principal, em misturas asfálticas, melhorar seu desempenho reológico, mecânico, térmico e de sensibilidade a água (SANTANA, 1993).

Os resultados encontrados indicam que a utilização do resíduo, proveniente da serragem de rochas graníticas, como filer nas misturas asfálticas em substituição aos produtos convencionais na proporção de 6% de material, satisfaz os métodos de misturas asfálticas, preconizados pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - DNER, para um teor de 5,5% de cimento asfáltico.

4. Gestão de Resíduos em Cachoeiro de Itapemirim

Atualmente encontram-se em fase de implantação em Cachoeiro e municípios vizinhos algumas entidades gerenciadoras de resíduos sólidos, com apoio do CETEMAG e empresários do setor:

- ASERFRA - Associação de Empresas de Rochas do Frade – São José do Frade, município de Itapemirim,
- AGAMAG - Associação de Desenvolvimento Ambiental do Mármore e Granito – Vargem Grande de Soturno - Cachoeiro de Itapemirim;
- ASSÉS - Associação das serrarias do Sul do Espírito Santo - Castelo

A iniciativa começa com a seleção do local, que pode ser alugado ou doado pela prefeitura e depois passa por processo de licenciamento pelo órgão municipal e estadual.

Os objetivos dessas entidades são:

- Oferecer uma destinação final legal aos resíduos resultantes do beneficiamento de rochas ornamentais;
- Realizar uma segregação com a finalidade otimizar o aproveitamento dos resíduos;
- Gerar emprego e renda;
- Por fim os inúmeros depósitos clandestinos existente principalmente na transição do perímetro urbano para zona rural.

CONCLUSÃO

Atualmente, o processo de obtenção das rochas ornamentais gera uma quantidade de resíduos considerável tanto na fase de extração como de beneficiamento. A busca de soluções práticas através da Produção Mais Limpa tem sido objetivo de entidades civis, governos e indústrias.

No caso do Estado do Espírito Santo, pioneiro nesta atividade, o CETEMAG pesquisa soluções para o desenvolvimento sustentável deste setor. Para isso, possui uma estrutura bastante técnica com representantes do Instituto Estadual de Meio Ambiente - IEMA, Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo - IDAF, Universidade Federal do Espírito - UFES, Sindicato da Indústria de Rochas Ornamentais - SINDIROCHAS, empresários e sociedades civil, por meio da pastoral da ecologia.

No caso do município de Cachoeiro de Itapemirim, maior produtor a nível nacional, percebe-se uma preocupação maior, com promoção de palestras, oficinas, simpósios, seminários e uma feira anual, além de outra feira na capital Vitória, com intensa participação do SEBRAE/ES e do SINDIROCHAS.

A necessidade de Certificação ISO 9001 e 14001 para atender aos mercados externos têm forçado as empresas a investirem em tecnologias mais limpas, gerando equipes internas de qualidade e gestão ambiental. O maior problema ainda reside nas pequenas empresas que ainda não possuem recursos para investir, degradando ou recorrendo de multas até a última instância. Apesar da fiscalização e das leis ainda não serem suficientes, o recomendável para este grupo de empresas é formar cooperativas para dividir estas despesas, reduzindo a demanda por técnicos especializados e integrando estes dois Sistemas ISO. O mesmo é válido para outros sistemas de gestão, ligados à segurança e saúde ocupacional (OHSAS 18001) e responsabilidade social (SA 8000).

Contudo, ao longo deste trabalho, foi exemplificado que é possível melhorar todas as etapas do processo. Na Fase de Extração já existem equipamentos que permitem um corte mais preciso, gerando menos resíduos. As recomposições do solo e da vegetação permitem a recuperação da área degradada.

No caso da Fase de Beneficiamento, tem-se soluções modernas como o ECOTEAR, que dispensa o uso da água e do cal, eliminando a geração da lama; redução de cerca de 30% no consumo de energia; e reaproveitamento de resíduos de diversas formas como na confecção de mosaicos com cacos da sobra do corte do granito e do mármore.

As indústrias ainda podem investir em sistemas de tratamento da lama, reaproveitando a água utilizada no processo de beneficiamento. Os resíduos sólidos podem ser aproveitados através de Centrais de Tratamento de Resíduos como material cerâmico, tijolo, argamassa, muro de arrimo e material para pavimentação de estradas. Neste caso, ainda ocorre à geração de empregos com grande retorno

social. Por fim, a escolha técnica de locais adequados para aterro do material não aproveitado fechará o ciclo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.; CARVALHO, D. **A forças das pedras: o mármore e granito no Espírito Santo**. Vitória, ES: Pedreiras do Brasil, 1994.

ABREU, U. A.; RUIZ, M. S.; CARUSO, L. G. Perfil 7- Rochas dimensionadas e aparelhadas. In: RUIZ, M. S.; NEVES, M. R. (Coord.). **Mercado produtor mineral do estado de São Paulo**. São Paulo: I.P.T., 1990. p. 137-151.

BRANDÃO, W.; QUEIROZ, E. T.; SARDOU FILHO, R.. Mármore e granito e outras rochas ornamentais no Brasil. In: SCHOBENHAUS, C.; QUEIROZ, E. T.; COELHO, C. E. S. (Coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil**. Brasília: D.N.P.M./C.P.R.M.. 1991.

CARANASSIOS, A.; CICCUI, R. Tecnologia de extração e valorização das rochas ornamentais. **Rochas de Qualidade**. São Paulo, n. 109, p. 58-77, abr./jun. 1992.

CARANASSIOS, A.; STELLIN JUNIOR, A. Extração de rochas ornamentais. **Brasil Mineral**. São Paulo, n. 89, p. 30-34, jun. 1991.

CARVALHO, D.; MACHADO, M. Técnicas para polimento e lustro de mármore e granitos. **Brasil Mineral**. São Paulo, n. 102, p. 28-30, set. 1992.

GIACONI, W. J. **Perfil atual da indústria de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES)**. Dissertação de Mestrado na Área de Administração e Políticas de Recursos Minerais. Campinas: USP, 1998.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração: **Mineração e meio ambiente**. Brasília, 1992.

INFOROCHAS. Centro Sicoob, Credirochas, Cetemag. Sindirochas. Publicação mensal do Centro, Cetemag, **Sicoob Credirochas e Sindirochas**. a. 2, n. 8, jul. 2006.

LORDES, F. (Coord.). **Polimento e corte em marmoraria de mármore e granitos**. Vitória: SENAI/ES, DAE, 1995. 39P.

PEREIRA, G. H. (Coord.) **Estudo da competitividade da indústria de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, BANDES, SEBRAE/ES; 1996. 109p.

PINHEIRO, J. R. **Metodologias e tecnologias de extração de rochas ornamentais**. Vitória: SENAI/ES, DAE, 1995.

SANTANA, Humberto (1993). **Manual de Pré-Misturado a Frio**. IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo), Comissão de Asfalto, 1ª Edição, Rio de Janeiro.

SANTOS, J. F. CHIODI FILHO, C. **Programa Michelangelo Espírito Santo: uma proposta para liderança nacional em rochas ornamentais**. Brasília. D.N.P.M., 1991. 45p.(apost.).

SILVA, S. A. C. (1998). **Caracterização do resíduo da serragem de blocos de granito. Estudo do potencial de aplicação na fabricação de argamassas de assentamento e de tijolos de solo-cimento**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

VIDAL, F. W. H. **A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará**. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mineral). São Paulo: USP, 1995.