



Coordenação de Apoio Técnico às Micro e Pequenas Empresas - CATE
Centro de Tecnologia Mineral - CETEM
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI

PLANO DE APROVEITAMENTO ECONÔMICO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Francisco Wilson Hollanda Vidal
Tecnologista Sênior.

Marcos Nunes Marques
Eng. de Minas, Consultor

Carlos Rubens Araujo Alencar
Geólogo, Head Participações

Rio de Janeiro, junho de 2014

**CCL-0004-00-14 CAPÍTULO DO LIVRO TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS:
PESQUISA, LAVRA E BENEFICIAMENTO. Vidal, F.V.; Azevedo, H.C.A.; Castro, N. F. Rio de
Janeiro: CETEM/MCTI. ISBN: 987-85- 8261-005-3. p 287 - 326**

TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Pesquisa, Lavra e Beneficiamento

EDITORES

**Francisco W. H. Vidal,
Hélio C. A. Azevedo e
Nuria F. Castro**

CETEM
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

CETEM/MCTI
Rio de Janeiro/2014

TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS: PESQUISA, LAVRA E BENEFICIAMENTO

Editores:

Francisco Wilson Hollanda Vidal - CETEM/MCTI

Nuria Fernández Castro - CETEM/MCTI

Helio Carvalho Antunes de Azevedo – CBPM

Autores:

Adriano Caranassios - CETEM/MCTI (*In Memoriam*)

Angêlica Batista Lima – CPRM/MME

Antônio Rodrigues de Campos - CETEM/MCTI

Carlos César Peiter - CETEM/MCTI

Carlos Rubens Araujo de Alencar – HEAD Participações

Cid Chiodi Filho – ABIROCHAS

Denise Kistemann Chiodi – KISTEMAN&CHIODI Assessoria e Projetos

Eunice Freitas Lima – CETEM/MCTI

Francisco Wilson Hollanda Vidal - CETEM/MCTI

Helio Carvalho Antunes de Azevedo – CBPM

Ilsan Sandrini – Consultor

José Roberto Pinheiro – ALVORADA Mineração Comércio e Exportação Ltda.

Júlio Cesar Souza – UFPE

Leonardo Cattabriga - CETEM/MCTI

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira - CETEM/MCTI

Luciana Marelli Mofati - CETEM/MCTI

Marcos Nunes Marques – UNIMINAS

Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá – MHB Serviços Geológicos Ltda.

Nuria Fernández Castro - CETEM/MCTI

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro - CETEM/MCTI

Roberto Cerrini Villas-Bôas - CETEM/MCTI

Ronaldo Simões Lopes de Azambuja - CETEM/MCTI (*In Memoriam*)

Rosana Elisa Coppedê da Silva - CETEM/MCTI

Vanildo Almeida Mendes – CPRM/MME

Colaboradores:

Abiliane de Andrade Pazeto, Ana Cristina Franco Magalhães, Arquiteto Paulo Barral, Arquiteto Renato Paldés, Carolina Nascimento Oliveira, Davi Souza Vargas, Diego Amador Rodrigues, Douglas Bortolote Marcon, Eder Ferreira Framil, Eduardo Coelho, Eduardo Pagani, Gilson Ezequiel Ferreira, Hieres Vetorazzi, Hudson Duarte, Isabela Rigão, Jefferson Camargo, Julio César Guedes Correia, Marcelo Taylor de Lima, Marcione Ribeiro, Michelle Pereira Babisk, Ronaldo Frizzera Matos, Thiago Bolonini, Victor Ponciano.

Capa: Bruno Dias Ferreira, Roger Ferreira de Lima, Ananda Menali Menezes Rodrigues

Desenhos: Cassiane Santos Tofano, Nuria Castro

Revisão Português: Danielle da Conceição Ribeiro, Verônica Bareicha

Projeto gráfico/Editoração eletrônica: Vera Lúcia do Espírito Santo, Thiene Pereira Alves

Revisão: Carlos Rubens de Alencar

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es)

Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento/Eds. Francisco W. H.

Vidal, Hélio C. A. Azevedo, Nuria F. Castro – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

700p.: il.

1. Rochas ornamentais. II. Beneficiamento de minério. I. Centro de tecnologia Mineral.

II. Vidal, Francisco W. H. (Ed.). III. Azevedo, Hélio C. A. (Ed.). IV. Castro, Nuria F. (Ed.)

ISBN 987-85-8261-005-3

CDD 553

ESTE LIVRO FOI FINANCIADO POR

Secretaria de
**Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Ministério de
Minas e Energia

Agradecimentos

ANPO, Andreia Batista Teixeira, Antonio Augusto Pereira Souza (Fuji Granitos), Associação Ambiental Monte Líbano, Alvorada Mineração, Bruno Zanet, Cetemag, Comil Cotaxé Mineração, Decolores Mármore e Granitos, Emanuel Castro (Revista Rochas), Elzvir Guerra (SGM/MME), Enir Sebastião Mendes (SGM/MME), Fernando Vidal, Flamart Acabamentos do Brasil Ltda., Flávia Karina Rangel de Godoi, Flávio José Silva, Fundisa, IEMA, Granfaccin Granitos, Granitos Collodetti, Granitos Zucchi, Ivar Costa, Luiz Zampirolli, Marbrasa Mármore e Granitos, Mauro Varejão, Mineração Corcovado, Mineração Guidoni, Mineração Pagani, Mineração Santa Clara, Mineração Vale das Rochas, Nilza Hagai, Olívia Tirello (Centrorochas), Pedra Mosaico Português Cesar, Pedra Rio, Pemagran, Phillippe Fernandes de Almeida, Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim, Regina Martins, Rossittis Brasil S.A., Sindirochas, Tracomal Mineração, Volpi equipamentos.

Dedicatória “*in memoriam*”

Nossa eterna gratidão e reconhecimento aos colegas que não chegaram a ver esta obra concluída, mas que em muito contribuíram com a sua elaboração e com o legado nela impresso:

Gildo Sá Cavalcanti de Albuquerque

Adriano Caranassios

Ronaldo Simões Lopes de Azambuja

Sumário

Agradecimentos	
Dedicatória	
Apresentação	
Prefácio	
Prólogo	
Sumário	
Capítulo 1: Introdução	15
Capítulo 2: Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas	43
Capítulo 3: Pesquisa de rochas ornamentais	99
Capítulo 4: Lavra de rochas ornamentais	153
Capítulo 5: Aspectos legais das rochas ornamentais	259
Capítulo 6: Plano de aproveitamento econômico de rochas ornamentais	285
Capítulo 7: Beneficiamento de rochas ornamentais	327
Capítulo 8: Saúde e segurança no trabalho	399
Capítulo 9: Resíduos - tratamento e aplicações industriais	433
Capítulo 10: O setor de rochas ornamentais no Brasil	493
Capítulo 11: A busca da sustentabilidade na produção e uso das rochas ornamentais	529
Anexo	567
Glossário e dicionário	587

Capítulo 6

Plano de aproveitamento econômico de rochas ornamentais

*Fancisco Wilson Hollanda Vidal, Eng. de Minas, DSc., CETEM/MCTI
Marcos Nunes Marques, Eng. de Minas, Consultor
Carlos Rubens Araujo Alencar, Geólogo, Head Participações*

1. Planejamento de lavra e abertura de pedreiras

A indústria de mineração é caracterizada por visar ao aproveitamento econômico de um bem de capital exaurível e não renovável, o que a diferencia das demais indústrias. Observa-se, no cenário nacional do setor de rochas ornamentais, que o planejamento da atividade de mineração é quase inexistente, praticando-se, geralmente, uma lavra sem a metodologia adequada para um empreendimento mineiro, com abertura indiscriminada de frentes de lavra, que põe em risco o retorno do investimento, uma vez que não se avaliou o potencial produtivo da jazida.

Uma dificuldade comum no planejamento de lavra de rochas ornamentais está associada ao conhecimento da morfologia dos maciços rochosos onde se encontram as jazidas. As estruturas dos maciços rochosos compreendem o arranjo espacial das rochas e suas relações com o meio encaixante. Os maciços rochosos destinados a rochas ornamentais são frutos dos mais diversos tipos de gêneses geológicas e sofrem influência de forças tectônicas endógenas e exógenas além de forças gravitacionais. Isso gera uma série de feições, sejam regionais, locais ou em escala microscópica, que podem estar associadas às estruturas tectônicas geradas em estado de fluxo plástico (dobras, foliações, lineamentos, cisalhamentos) ou rígido (juntas e falhas) e também por estruturas tectônicas (juntas de alívio e, em menor escala, juntas de falha) causadas pela ação da gravidade agindo subparalelamente à superfície dos corpos rochosos mais resistentes. Tais descontinuidades permitem a ação do intemperismo físico-químico sobre as rochas gerando problemas de instabilidade e baixa recuperação nos blocos lavrados.

Alguns parâmetros de descontinuidade são essenciais para a caracterização de um maciço para fins ornamentais. Tais parâmetros englobam a orientação espacial, a continuidade da estrutura (persistência), a quantidade volumétrica das juntas, a morfologia de superfície da fratura, a forma e natureza do preenchimento, a abertura entre as superfícies opostas e a conectividade entre elas. Para minimizar esses problemas relacionados à extração dos blocos em condições de comercialização, técnicas de investigações de subsuperfície, aliadas ao mapeamento geológico estrutural de detalhe, tornam-se primordiais para o sucesso do empreendimento. A mais recente técnica de investigação de subsuperfície para maciços rochosos tem sido o GPR (*Ground Penetrating Radar*), por apresentar características ímpares quanto ao método utilizado.

Uma vez levantados os detalhes estruturais do maciço rochoso, é possível aplicar ferramentas especializadas de modelagem geológica para estudar o maciço e planejar a sua lavra.

O planejamento de lavra pode ser definido como sendo realmente uma boa parte do projeto de lavra de uma determinada pedreira contendo os dados técnicos para o nível de produção desejado, dimensionamento completo dos equipamentos e instalações, cálculo dos custos de todas as etapas e sequência das atividades, entre outras.

Normalmente o planejamento de lavra é feito em longo prazo não levando em conta as feições texturais e estruturais dessas rochas. No entanto, o planejamento da lavra a curto e médio prazo requer trabalho de modelagem de detalhe das jazidas com estudos de falhas, fraturas estruturais e texturas das rochas que são de importância fundamental para o estudo do corte de blocos, visando à obtenção de determinados efeitos estéticos e o aumento da recuperação na lavra dos blocos.

1.1. Planejamento em curto prazo

O planejamento em curto prazo compreende períodos de produção que vão desde alguns meses até um ano, e o objetivo é a obtenção de uma determinada produção de blocos do jazimento.

O rendimento total de exploração, ou seja, a relação entre o volume e o produto útil e o volume total explorado, pode ser expresso como o somatório dos rendimentos parciais de cada categoria comercial de blocos, classificados tanto por dimensões e formas como também por categoria com base na escolha “estética” associada ao modelo padrão e aos defeitos. Trabalhar com esquemas de corte distintos leva a troca de rendimento total, devido aos rendimentos parciais de cada categoria, influenciando notadamente o resultado econômico da empresa.

A escolha das modalidades de corte depende da política comercial do empreendimento. Um empreendimento “verticalizado” pode conseguir o máximo de rendimento total em volume, já que pelo fato de ser autônomo pode avaliar inclusive os blocos mal dimensionados ou mal formados; em contrapartida, um empreendimento com uma única pedreira que negocia blocos ou placas cortadas, tenderá a maximizar o rendimento em blocos padrões ou de qualquer forma e grandes dimensões.

Geralmente, os esquemas de cortes estão definidos de maneira empírica pelo responsável pela pedreira, baseando-se em sua própria experiência e nas exigências comerciais do momento, pois a escolha entre as distintas soluções possíveis, que se configuram como um processo prático de otimização, realiza-se levando em conta também o ponto de vista científico.

O procedimento se subdivide nas seguintes fases:

- Individualização da área a ser explorada;
- modelagem das famílias de fraturas;
- simulação do esquema de cortes por isolamento das bancadas;
- pesquisa do esquema ótimo de corte em blocos de cada bancada; e
- cálculo do rendimento total e por categorias de blocos.

O ponto mais delicado de todo o processo é a coleta de dados e escolha do modelo representativo do estado de fratura do jazimento. Na verdade, é necessário obter conhecimentos profundos da pedreira e avaliar, em cada caso, a possibilidade de utilizar um modelo determinista e probabilístico. O estudo deve considerar a orientação, a forma e a extensão das fraturas. Para a compreensão do fenômeno e da organização eventual das famílias é oportuno efetuar observações integradoras em função de cores, aberturas, hierarquias etc.

1.2. Planejamento de médio-longo prazo

O planejamento produtivo de médio-longo prazo finaliza com a determinação e a coordenação dos aspectos estratégicos da exploração. Os tradicionais aspectos técnicos impostos pelas exigências de produção se aplicam aos órgãos competentes de proteção ao meio ambiente. O responsável pelo planejamento deve procurar sempre uma alternativa que apresente uma solução responsável.

As alternativas escolhidas devem contemplar a definição e a evolução no tempo de:

- Frentes de lavra.
- Sequência de exploração nas frentes de lavra.
- Definição e hierarquias dos grandes volumes.
- Infraestruturas (acessos principais, secundários).
- Área de servidão.
- Depósito controlado de estéril (*bota-fora*).
- Proteção, recuperação ou reabilitação ambiental.

As diretrizes básicas ou os objetivos do projeto podem ser frequentemente distintos; os critérios principais são:

- Garantir em cada instante que a amplitude da frente de lavra se adeque à produção requerida pelo projeto.
- Garantir o acesso funcional às pedreiras.
- Sempre otimizar as distâncias percorridas pelos sistemas de transporte.
- Limitar as interações entre as diferentes pedreiras, tendo em vista a segurança.
- Limitar a visibilidade da pedreira em áreas frágeis do terreno.
- Mitigar os impactos no terreno.
- Garantir a possibilidade de recuperação ou reabilitação da área degradada.
- Otimizar o uso de energia de elétrica, reaproveitar materiais etc.

Para que seja possível conseguir os objetivos propostos não existem procedimentos ou regras de caráter geral. Os problemas são solucionados conforme vão aparecendo.

Para ser elaborado o projeto de lavra e se obter o sucesso desejado são necessárias diversas informações de caráter geológico, tecnológico e de cunho socioeconômico e sustentável. Para a elaboração do planejamento de lavra as informações técnicas, econômicas e ambientais relacionadas com os aspectos geológicos do depósito e local na sua circunvizinhança, quase sempre de rigidez locacional, são de suma importância, a saber:

- Potencial geológico do depósito, em que se destacam as características do depósito, parâmetros geoestruturais, descontinuidades e planos de fraqueza, além da variação estética no depósito relacionada com o tipo petrográfico e frequência de defeitos;
- compatibilização entre método de lavra e as características do depósito, relacionado com a qualidade do produto, preço e tamanhos dos blocos a serem obtidos;
- estimativa da recuperação, por meio dos estudos topográfico e geológico, em função do tamanho do bloco final desejado;
- dimensionamento da praça do bota-fora, rejeitos e produtos acabados e fora de padrão com possibilidade de comercialização;
- análise das condições regionais sobre a existência de água e em relação ao tipo de clima e estações do ano, bem como a mão de obra local e acesso etc; e, finalmente,
- o projeto conceitual completo da área de servidão com toda a infraestrutura e o sistema de drenagem da pedreira.

Ao se atingir certo grau de conhecimento da reserva em questão, tais como forma e volume disponíveis, qualidade do material, dimensões dos blocos possíveis de serem lavrados, características geológicas e petrográficas, deve-se passar ao estudo de planejamento da lavra da pedreira definindo sua metodologia de extração e recuperação ambiental. Um bom projeto de lavra exige a melhor escolha do método a ser empregado, adotando-se tecnologias adequadas, no qual devem ser identificados os níveis produtivos que se queiram atingir de acordo com as características da jazida, preocupando-se particularmente com medidas que preservem as zonas interessadas e também com as condições de higiene e segurança do trabalho. Para isto, o planejamento e organização das operações de lavra devem ser dotados de uma razoável flexibilidade de modo a oferecer condições de encontrar soluções alternativas durante o transcorrer da atividade, de forma a não interferir, assim, nas hipóteses inicialmente adotadas. Este exemplo de caso acontece muitas vezes quando a frente de lavra da pedreira é aberta em locais desconhecidos sob o ponto de vista geológico e aparecem anomalias que podem ser direcionadas à valorização de novos materiais, se-

guindo a tendência de mercado. O normal no projeto de lavra é escolher a frente de lavra na parte do depósito que proporcione a melhor sequência de extração para obter as variáveis operacionais estabelecidas no planejamento de forma a otimizar a lavra nos aspectos de custo, produtividade, qualidade, segurança e minimização dos impactos ambientais.

Para relacionar os resultados produtivos da lavra (rendimento, dimensão e forma dos blocos) e as características minero-petrográficas (tipo e distribuição das fraturas e imperfeições dos blocos), sugere-se utilizar um controle estatístico dos dados, confirmando assim, a necessidade de embasar a etapa de lavra sobre um conhecimento suficientemente aprofundado dos condicionantes geológicos e tecnológicos do jazimento. O potencial econômico de uma reserva de mármore ou granito depende do rendimento da lavra, de acordo com a dimensão dos blocos obtidos, que não deverá ser inferior a um limite determinado pelo valor comercial unitário do material extraído. Dessa forma, a produção da pedra está diretamente influenciada pelo estado de fraturamento da jazida e pela qualidade da rocha. O fraturamento e as descontinuidades geomecânicas limitam as dimensões dos blocos a serem extraídos, que deverão ser compatíveis com os tipos de maquinaria das operações de lavra. A qualidade está relacionada com as características da rocha (tipo petrográfico, textura, composição mineralógica, índices físicos e mecânicos, anomalias genéticas, presença de veios e de elementos degradáveis).

Um aspecto de extrema importância, e que na maioria dos casos não é levado em consideração, é a necessidade de harmonizar, desde o início da atividade de produção, ações relacionadas à recuperação do meio ambiente. Muitas vezes o normal desenvolvimento da atividade produtiva fica comprometido devido à escassa disponibilidade de espaço, principalmente nas áreas onde a quantidade de resíduos é excessiva. Verificam-se frequentemente casos de pedreiras em que a colocação de material estéril a poucos metros da frente de lavra, acarreta consequências para as futuras possibilidades de desenvolvimento da lavra, além de ocasionar um forte impacto visual pela alteração da paisagem.

No planejamento de lavra algumas atividades são fundamentais para evitar erros relacionados com a falta de conhecimento da jazida, principalmente pelo fato de estarmos diante das mais variadas situações possíveis sob os aspectos geológicos e estruturais do depósito. Destacamos:

Pesquisa geológica de detalhe

A individualização de áreas mais favoráveis para a abertura de uma pedreira tem como premissa o levantamento geológico de superfície; a análise estrutural e litológica da jazida, com recomendável realização de sondagem; o estudo petrográfico da rocha; e os ensaios físico-mecânicos do material. O objetivo dessas informações é ter um conhecimento seguro sobre a reserva mineral, sendo a pesquisa geológica a base em que se apoiará todo o empreendimento.

Em escala adequada (1:2.000 por exemplo) devem ser evidenciados os traços físicos do local e das suas proximidades (morfologia), tipologia de eventual vegetação, visando a futura recuperação da área, e hidrografia presentes. O registro da hidrografia se dá pelo consumo significativo da água no processo extrativo, tornando-se uma condicionante da viabilidade de um projeto.

Pesquisa tecnológica

O desenvolvimento de uma lavra piloto ou experimental é de fundamental importância para a conclusão da pesquisa geológica de detalhe e caracterização de uma jazida. É a partir de uma lavra experimental que se determina o índice de recuperação do material aproveitável e se define com maior precisão a viabilidade econômica do empreendimento mineiro.

A compra de equipamentos e montagem da infraestrutura, para a lavra sistemática, devem ser sempre precedidas por uma lavra piloto, objetivando definir a possibilidade efetiva de extração de rochas com padronagem conhecida, em blocos com dimensões adequadas.

Verificam-se frequentes insucessos de pedreiras que acabam sendo abandonadas por terem sido iniciadas com investimentos já de certo vulto em locais que, se um estudo mais criterioso tivesse sido feito, seriam considerados impróprios para a exploração.

Análise mercadológica

Antes de se decidir pela implantação do projeto, é necessário garantir que o produto a ser produzido e elaborado tenha seu consumo garantido, em uma quantidade definida dentro de certos padrões por um tempo e preço determinados.

O estudo de mercado envolve conhecimentos atualizados da política mineral do setor e de mercado internacional. Devem ser verificados todos os aspectos ligados com as peculiaridades do material com relação ao mercado, seja ele nacional ou internacional. A futura unidade extrativa deverá ser analisada nos contextos nacional e regional, tornando claras as informações de rede viária, rede elétrica, cidades, instalações de transformação, portos, aeroportos, evidenciando a disponibilidade dos meios de transporte, serviços, comercialização do material, conexões internacionais etc. Esses dados são determinantes para a implantação do empreendimento mineiro.

Análise econômica

O estudo econômico tem a preocupação com os investimentos necessários e com os benefícios líquidos resultantes, de maneira que a empresa não invista em um projeto cujo retorno seja inferior ao custo de capital associado ao mesmo. Para tanto, são feitas estimativas dos investimentos iniciais previstos, custo de produção e análise de retorno do investimento.

Capital de Investimento

Uma vez verificada a potencialidade da jazida e a inserção do material no mercado (interno ou externo), trata-se de analisar os investimentos iniciais necessários, para aquisição dos tipos e números de máquinas e equipamentos indicados pelo planejamento.

Não se deve pensar em iniciar uma pedreira com poucos recursos, pois uma tentativa de se usar técnicas ou tecnologias de corte aparentemente baratas, porém não recomendadas para aquela situação, pode comprometer ou mesmo inviabilizar todo o projeto.

Os itens incluídos na determinação dos investimentos iniciais previstos são aquisição de máquinas e equipamentos, os investimentos pré-operacionais referentes a infraestrutura e preparação das áreas de extração e o capital de giro.

Custo de produção

A estimativa do custo operacional deve se cercar de toda a cautela que esses cálculos exigem, de modo que os resultados previstos realmente se verifiquem, pois se baseia necessariamente nos pressupostos que poderão ser confirmados somente durante a fase de operação da pedreira.

O custo de produção é função da escala de produção, variando inversamente com esta, caracterizando a economia de escala.

A incidência percentual de cada item, que compõe a formação do custo operacional, varia consideravelmente em função das características da jazida e do investimento que se quer realizar.

Na determinação do custo de produção são distinguidos dois tipos de custos: os custos fixos e aqueles variáveis. Os itens que os compõem estão listados a seguir:

Custos fixos:

- Despesas indiretas.
- Despesas administrativas.
- Despesas financeiras.

Custos variáveis:

- Mão de obra.
- Combustíveis e lubrificantes.
- Manutenção mecânica.
- Insumos.
- Depreciação (contábil-fiscal).
- Exaustão.
- Comercialização.
- Segurança e meio ambiente.
- Impostos e indenizações.

Fluxo de caixa

Para efeito de avaliação econômica (liquidez e rentabilidade) é fundamental a projeção de fluxo de caixa relativa ao período de implantação e de produção, com distribuição no tempo das entradas e saídas de caixa.

Uma vez identificados o custo de produção, a produção da pedreira e o preço de venda do produto, é possível definir o fluxo de caixa do empreendimento, permitindo uma visão econômica e financeira global do projeto.

Isto permite prever a rentabilidade sobre o lucro líquido, a partir do investimento realizado, com obtenção do ponto de equilíbrio (produção mínima sobre produção projetada), para o equilíbrio entre receitas e despesas, e do período de amortização dos investimentos.

1.3. Fases do planejamento de lavra

O conceito de planejamento é escolher um curso de ação e meta para decidir antecipadamente o que deve ser feito, em que sequência, quando e como. O planejamento focaliza o futuro, devendo ser flexível e elástico, a fim de poder adaptar-se a situações imprevistas.

A falta de planejamento conduz a erros primários, além de dispendir muito tempo para corrigi-los, ao invés de preveni-los ou, pelo menos, prever os problemas de atividades na mineração, o que é possível seguindo um planejamento efetivo.

Localização da área de servidão da pedreira

A área de servidão da pedreira compreende a jazida propriamente dita e todos os espaços nos quais se desenvolvem atividades, além dos serviços ligados ao ciclo produtivo. Portanto, no terreno e no mapa de detalhe deverão ser indicadas:

- Vias de acesso;
- frente(s) de lavra;
- praça da pedreira;

- área de estocagem e carregamento de blocos;
- área de disposição de resíduos;
- área de serviços (instalações operacionais: escritório, almoxarifado, refeitório, oficina mecânica, pontos de estocagem de óleo e combustível, depósitos de água etc.); e
- área de construção de paíóis.

Definição do método de lavra

O planejamento de uma pedreira de rochas ornamentais deve ser elaborado para implementação mensal, trimestral e semestral, com a evolução da pedreira no espaço e no tempo, segundo um programa de produção preestabelecido, ao longo do período planejado. São calculados os volumes totais de material desmontado, recuperado (blocos) e por variedade ou classificação comercial produzidos no período previsto.

Uma base planialtimétrica em escala de detalhe (1:500) será a base do planejamento do trabalho, que será subdividido em fases sucessivas, para melhor evidenciar o sequenciamento das atividades.

Definição das tecnologias de extração

É o planejamento da atividade extrativa, de acordo com a avaliação das características petrográficas e estruturais da rocha, do valor mercadológico do material e das disponibilidades financeiras da empresa, que dá condições para definir as tecnologias a serem empregadas na extração.

Dimensionamento de máquinas e equipamentos

Os trabalhos são programados com base nos quantitativos a serem desmontados. Assim, o dimensionamento das máquinas e equipamentos que serão empregados requer o conhecimento da eficiência operacional de cada um.

Insumos a serem utilizados

Os insumos a serem utilizados estão relacionados às tecnologias de extração especificadas no planejamento, com estimativa de consumo, em função da escala de produção da pedreira e das características petrográficas da rocha.

Dimensionamento de pessoal

Também é dimensionada a mão de obra necessária, com as funções específicas de cada trabalhador.

Desenvolvimento de lavra

O desenvolvimento de lavra é o primeiro passo da fase de implementação do plano para a abertura de uma pedreira.

1.4. Abertura de pedreiras

Inicialmente, para implementar o plano de lavra faz-se necessário realizar uma série de trabalhos preparatórios, como construção de estradas e rampas de acesso ao ponto de abertura da pedreira na jazida (quota mais elevada alcançável). Para o desenvolvimento da lavra, tratando-se de jazida de maciço rochoso, com cobertura de solo e rocha alterada, tais coberturas estéreis devem ser removidas imediatamente.

O dimensionamento de uma pedreira responde a dois requisitos essenciais: a) conter os volumes de rocha necessários para o período de produção desejado; b) ter espaço e comprimento de frente de lavra suficientes para garantir uma determinada produtividade.

Um dos problemas de dimensionamento das frentes de lavra é a igualdade entre os recursos produtivos e a produtividade da pedreira.

Dimensionamento da frente de lavra

É um procedimento simplificado que se pode adotar como regra de dimensionamento, normalmente em resposta as exigências requeridas.

A exploração de uma pedreira pode ser descrita mediante a repetição periódica do ciclo elementar da produção, que é o conjunto de atividades que executadas sobre um determinado volume de rocha leva a produção dos blocos.

Definida a hierarquia dos volumes e das técnicas de produção, para cada atividade, determina-se a Solicitação Específica de Trabalho (SET), que é a relação entre a quantidade Q prevista para a atividade (número de furos, profundidade dos furos, dimensões dos cortes etc.) e o volume V ao qual se refere a atividade.

$$SET = \frac{Q}{V}$$

A produtividade de cada equipamento expressa-se, normalmente, em unidades de rendimento (perfuração em m/h e cortes em m²/h, por exemplo) e mediante o SET se expressa em unidades homogêneas.

Para a delimitação dos espaços, define-se, para cada atividade do ciclo, o espaço funcional relativo, ou seja, a área necessária para sua realização. A cadeia de espaços, que é a união de todos os espaços funcionais, delimita o espaço mínimo necessário para o desenvolvimento de um ciclo elementar de produção.

A utilização contínua de todos os equipamentos em uma única cadeia de espaços é uma hipótese alternativa para alcançar a máxima produtividade, mas é impossível em quase todos os ciclos de produção típicos da exploração de rochas ornamentais. Na verdade, é habitual que o mesmo espaço funcional seja necessário para duas atividades do ciclo.

Portanto, é necessário calcular o número n de cadeias de espaços necessários para a realização da utilização contínua de todos os equipamentos e, por conseguinte, da máxima produtividade P_c . O comprimento da frente L é dado, então, pelo produto do número de cadeias de espaços e pelo comprimento da frente elementar.

Para o dimensionamento, em regra, adotam-se coeficientes de 50-70% diminuídos em consequência da produtividade.

O mesmo procedimento, não simplificado, permite dar respostas mais detalhadas ao mesmo problema para: definir a produtividade de uma frente de lavra; definir o equipamento mínimo para se conseguir certa produtividade em uma certa frente de lavra; garantir a máxima utilização dos equipamentos; organizar os trabalhos de tal maneira que se possam alcançar determinados objetivos; coordenar as sequências de restauração etc.

Os critérios de planejamento das pedreiras são essencialmente dois: o método tipo quadrado e o método das unidades de pedreira.

Crítérios de planejamento de pedreiras: método tipo quadrado

É o método tradicional baseado na disponibilidade total do espaço, disponibilidade que, nos últimos tempos, tem sido limitada pelas exigências de proteção ambiental.

Tem como referência o tipo quadrado, trabalhadores e equipamentos que operam a jazida em função das exigências produtivas e em função dos esquemas ditados pelas condições do local. O método tipo quadrado se adota nas pedreiras explotadas com métodos pouco estruturados (inexistentes ou com hierarquia simplificada nos volumes e nas quais a variabilidade do estado de fraturação não permite a adoção de direções fixas de avanço durante largos períodos).

Nestes casos, não existem vínculos modulares nas dimensões e, portanto, o dimensionamento faz referência tanto à produtividade, ligada à composição do tipo quadrilha, como a outros aspectos de serviço, tais como: limitação das aberturas nas camadas, transferência de materiais e mão de obra, localização de instalação e elevação etc.

A avaliação da relação entre o espaço e a produtividade é geralmente atribuída a experiência.

Crítérios de planejamento de pedreiras: método das unidades de pedreira

Com este método a pedreira se transforma no resultado da composição das unidades modulares.

Quando se adotam instalações de elevação fixas, o módulo, a unidade da pedreira, tem um comprimento total da frente de lavra igual ao número de cadeias de espaços compatíveis com a instalação. Se a pedreira é projetada com mais bancadas, a dimensão mínima da unidade diminuirá.

Em pedreiras equipadas com grandes pás e equipamentos de elevação, o comprimento total da frente de lavra é um múltiplo da frente elementar, equivalente à relação entre a produtividade da pedreira e a produtividade ciclo elementar. Neste caso, a largura mínima da pedreira será função inversa do número de bancadas em produção simultaneamente. Nelas, a geometria e as dimensões dos cortes são relativamente constantes, otimizadas no que diz respeito à tecnologia e à seleção das operações de cortes, e um ciclo elementar de produção se desenvolve completamente no interior de uma cadeia de espaços cuja fórmula é, por norma, aproximadamente retangular. Também a direção do avanço, ou seja, a direção ortogonal aos cortes de bancada é constante neste tipo de pedreiras e eleita de maneira que se maximize o rendimento nos blocos.

Implantação do plano de lavra

Na etapa de desenvolvimento da lavra é fundamental uma correta avaliação dos tempos de operação das máquinas de terraplenagem, tipo: trator de esteira, retroescavadeira e pá carregadeira, não só pelos custos envolvidos com essa atividade, mas também para não atrasar a entrada em produção da pedreira.

Concluída a fase anterior e já detalhada a metodologia de extração do maciço rochoso, realizam-se os primeiros cortes com alturas definidas, a partir dos quais a pedreira evoluirá lateralmente e será progressivamente rebaixada, em níveis de lavra planos e horizontais, preferencialmente, e faces verticais no maciço.

No caso de uma lavra em maciço rochoso com capeamento, em que estão presentes sistemas de fraturas inclinados, que constituem planos de destaques naturais, os volumes primários a serem isolados serão locados seguindo o andamento dessas fragmentações no sentido de baixo para cima, resultando em pisos ou faces inclinados.

Tanto nos cortes primários, quanto nos secundários e na fase seguinte de desdobramento dos volumes gerados por estes cortes (filões/pranchas), cujas dimensões foram previamente defini-

das, serão empregadas as tecnologias de corte especificadas e dimensionadas para essas atividades. O mesmo acontece nas fases posteriores de tombamento dos filões, esquadreamento de blocos, movimentação e carregamento.



Figura 1 - Abertura de frente de lavra na Pedreira Escola da CBPM, em Ruy Barbosa – BA. Foto: CETEM/MCTI, 2002.

Recuperação ambiental

Normalmente a pedreira está inserida em zona rural, afastada de núcleos urbanos, gerando impactos ambientais relativamente pequenos se comparados a outras atividades minerais.

Entretanto, um projeto específico e criterioso, abordando todos os impactos gerados e os métodos de controle dos mesmos, deve ser elaborado, evidenciando as medidas para recuperação da área lavrável, de maneira a não haver prejuízo ao ambiente natural local.

A análise prévia de impacto ambiental é uma obrigação de toda atividade de mineração para obtenção do Licenciamento Ambiental junto ao órgão estadual competente, quando são julgados os impactos positivos e negativos identificados e as propostas de mitigação e controle dos mesmos.

Gerenciamento da atividade extrativa

Para o gerenciamento racional e econômico da atividade extrativa valem e devem ser aplicadas as leis que regulam todos os outros setores produtivos. O rigor técnico e administrativo deve ser ainda maior, em função da natureza da atividade (extração de um material natural), que pode trazer surpresas e imprevistos.

Nenhuma empresa funciona na base da improvisação, o que pode levar a desperdícios, perdas de tempo, atrasos ou antecipações desnecessários. A produção deve ser planejada e entregue no tempo e no custo esperados.

Plano de produção

O plano de produção da empresa, que é uma meta empresarial estabelecida para um determinado período, admite revisões periódicas, conforme a demanda de mercado e as particularidades da jazida, e deve sempre responder às perguntas:

- Qual o nível de qualidade dos produtos exigido pelo mercado? De que maneira a qualidade de nosso produto afetará as vendas?
- Qual o preço de venda praticado no mercado?
- A quantidade prevista do produto está além ou aquém da capacidade instalada atual? Serão necessárias expansões?

E para programar com proficiência a produção, com base no plano de produção estabelecido, são necessárias informações sobre:

- Equipamentos e ferramentas utilizados na produção;
- sequência de produção;
- tempos padrões de cada operação; e
- estimativas de vendas.

Acompanhamento e controle da produção

As operações devem ser acompanhadas para a verificação do andamento da programação, de modo a permitir a pronta identificação de eventuais atrasos e problemas operacionais.

O controle da produção é a etapa final do processo, encarregando-se de comparar a produção real com a produção programada e calcular as eficiências médias, que serão aplicadas nas novas programações.

O controle da produção tem por finalidade:

- Estabelecer padrões (de quantidade, qualidade, tempo, custos).
- Monitorar e avaliar continuamente a atividade produtiva.
- Comparar os resultados obtidos.
- Detectar problemas.
- Aplicar ações corretivas.

2. Viabilidade econômica da lavra

Em atendimento ao que pressupõe o Código de Mineração, há duas situações onde o empreendedor (ou minerador) deve comprovar a Viabilidade Econômica da Lavra de uma jazida mineral:

- quando da elaboração do Relatório de Pesquisa, no qual se deve incluir a “Exequibilidade de Lavra”; e
- quando da elaboração do Plano de Aproveitamento Econômico, parte integrante do Requerimento de Lavra.

No que refere às rochas ornamentais, estas duas fases da mineração - Pesquisa e Lavra - praticamente se complementam havendo, até, superposição de atividades inerentes a cada uma delas. Por exemplo, em uma amostragem industrial da jazida, executada com o uso do Guia de Utilização, inicialmente são produzidos blocos em quantidade suficiente para testes industriais e avaliação mercadológica, cujos resultados sendo satisfatórios, normalmente levarão à continuidade da produção, gerando-se quantidades mais expressivas. Portanto, ainda na fase de pesquisa, a jazida começa a ser lavrada, o que facilita substancialmente as análises de seu aproveitamento econômico.

Diante destas considerações, para efeito de elaboração da viabilidade econômica de jazidas de rochas ornamentais, são apresentados, nos itens seguintes, enfoques distintos para as fases de pesquisa e lavra da jazida.

2.1. Exequibilidade econômica de lavra - fase de pesquisa mineral

Para elaboração da Exequibilidade Econômica de Lavra, parte integrante do Relatório de Pesquisa da jazida a ser apresentado ao Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM é necessário que os trabalhos de investigação geológica e tecnológica estejam devidamente concluídos, tais como: mapeamento topográfico e geológico, em escala adequada; sondagens; análises químicas e petrográficas; testes industriais; avaliação de reservas; avaliação de mercado; estimativa de preços FOB e CIF (do inglês, *Freight On Board*, preço sem incluir custos de transporte e seguro e *Cost, Insurance and Freight*, preço incluindo transporte e seguro) etc.

Os estudos geológicos e de mercado tendo sido considerados satisfatórios para se empreender uma análise econômica do depósito mineral, permitirão a avaliação das reservas lavráveis e recuperáveis, decisivas para comprovar sua Exequibilidade Econômica e, conseqüentemente, a apresentação de um Relatório de Pesquisa Positivo para o DNPM.

No caso específico das rochas ornamentais, na maioria das vezes, as reservas minerais aproveitáveis ou recuperáveis são de difícil mensuração devido à heterogeneidade da massa mineral (padronagem), o que provoca diferentes padrões estéticos em cada parte da jazida, mesmo para pequenos volumes integrantes do “maciço granítico” em estudo. Assim, neste tipo de depósito mineral não há estimativa de teores, apenas estimativas de volumes lavráveis e dentre estes, volumes recuperáveis ou aproveitáveis comercialmente.

A estimativa do volume “em bruto” corresponderá à figura geométrica delimitada pelos trabalhos topográficos e geológicos.

No caso de jazidas de “maciços”, a exposição superficial definirá a área aflorante, sendo nesta delimitada as subáreas que caracterizam o padrão estético comercialmente aceitável pelo mercado consumidor. Evidentemente que estas subáreas também serão avaliadas química e petrograficamente, respaldadas pelos ensaios tecnológicos que se façam necessários. A profundidade do maciço rochoso ou sua terceira dimensão será função de diferentes sondagens na superfície com avaliação, de acordo com os testemunhos, das características do material extraído.

No caso de jazidas de “matacões”, as reservas são avaliadas mediante a estimativa do volume de cada matacão individualmente e da sua recuperação ou aproveitamento comercial.

Portanto, se observa que, em qualquer um dos casos citados, o conhecimento geológico do depósito mineral e a confiabilidade das informações para estimativa da recuperação são componentes que merecem destaque para análise da exequibilidade econômica da lavra.

Convém ressaltar que a estimativa da recuperação ou aproveitamento comercial da jazida deverá ser definida a partir da amostragem industrial empreendida na pesquisa mineral. Quanto maior o volume representativo da jazida amostrado e submetido a testes industriais, bem como à investigação comercial, maior precisão se terá para estimar a recuperação ou aproveitamento comercial.

Tal qual em outras jazidas minerais, as reservas são classificadas em Reserva Medida, Reserva Indicada e Reserva Inferida.

Essas reservas corresponderão aos volumes líquidos obtidos a partir da estimativa da recuperação. Para efeito de ilustração e melhor compreensão, recomenda-se apresentar as reservas em bruto e as reservas líquidas ou comercializáveis.

A partir dos estudos de mercado para o produto a ser comercializado, estimam-se:

- As quantidades anuais a serem produzidas;
- os preços a serem praticados considerando materiais de 1ª, 2ª e se necessário 3ª categoria;
- os custos unitários de produção e comercialização;
- os custos de frete entre a jazida e o mercado consumidor (por exemplo, unidades de processamento de blocos, portos de embarque etc.); e
- outros parâmetros julgados pertinentes para avaliação econômica ou exequibilidade de lavra.

Definidos tais parâmetros, estrutura-se uma demonstração da exequibilidade de lavra da jazida. Para fins de elucidação, ilustra-se a seguir um “estudo de caso” contemplando a metodologia acima exposta.

ESTUDO DE CASO I

Os estudos de mercado e testes industriais desenvolvidos em blocos de quartzito de porosidade média resultaram em aceitação comercial do produto, principalmente no mercado externo. Estimativas na fase pesquisa sugerem:

- Recuperação ou aproveitamento da jazida em torno de 15%.
- Preço médio de venda, F.O.B. pedra de R\$ 2.140,00/m³, considerando uma redução nas três dimensões dos blocos de 5 cm.
- Custos de produção e ambientais de R\$ 600,00/m³.
- Despesas administrativas e de vendas (comercialização) de R\$ 600,00/m³.
- Investimentos já realizados de R\$ 210.000,00.
- Investimentos a realizar de R\$ 676.000,00.
- Necessidade de capital de giro de R\$ 200.000,00.

A simulação econômica apresentada a seguir demonstra a exequibilidade de lavra do depósito pesquisado, estabelecendo as variáveis de um ano típico representativo do Fluxo de Caixa do empreendimento.

Entende-se por Ano Típico aquele que deverá espelhar, ao longo da vida útil da mina ou da pedra, o perfil mais representativo da escala de produção média e do nível de comercialização a ser alcançado.

ANÁLISE DA EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA

Produção e Comercialização = 1.200 m³/ano (a)

Preço Médio de Venda = R\$ 2.140,00/ m³ (b)

Receita Bruta = R\$ 2.568.000,00 (c = a x b)

CFEM (2% de c) = R\$ 51.360,00

Despesas Administrativas e de Vendas = R\$ 385.200,00 (d = c x 15%)

Receita Líquida = R\$ 2.131.440,00 (e = c – d - CFEM)

Custos de Produção e Ambientais = R\$ 1.284.000,00 (f = c x 50%)

Lucro Anual = R\$ 847.440,00 (g = e – f)

Encargos de Capital (depreciações e amortizações) = R\$ 128.400,00 (h = c x 5%)

Base de Cálculo da Contribuição Social = R\$ 719.040,00 (i = g – h)

Contribuição Social = R\$ 86.285,00 ($j = i \times 12\%$)

Lucro Tributável para Imposto de Renda = R\$ 632.755,00 ($l = i - j$)

Imposto de Renda = R\$ 189.826,00 ($m = l \times 30\%$)

Lucro após Imposto de Renda = R\$ 442.929,00 ($n = l - j - m$)

INDICADORES ECONÔMICOS

- Inversões Fixas = R\$ 886.000,00
- Investimentos Realizados (aproximado) = R\$ 210.000,00
- Investimentos a Realizar = R\$ 676.000,00
- Capital de Giro = R\$ 200.000,00
- INVESTIMENTO TOTAL = R\$ 1.086.000,00

RENTABILIDADE DO PROJETO SOBRE CAPITAL PRÓPRIO

R\$ 442.929,00/ R\$ 1.086.000,00 = 40,7%

RENTABILIDADE DO PROJETO SOBRE FATURAMENTO ANUAL

R\$ 442.929,00/ 2.568.000,00 = 17,25%

2.2. Viabilidade econômica de lavra

Após a aprovação do Relatório de Pesquisa por parte do DNPM, o titular da área pesquisada dispõe de um ano, a contar da publicação da aprovação no Diário Oficial da União, para requerer a lavra da jazida. Dentre outros documentos que compõem o Requerimento de Lavra, tem-se o Plano de Aproveitamento Econômico (P.A.E.) da jazida que deverá incluir o Estudo de Viabilidade Econômica da lavra.

Nesta fase do empreendimento, as alternativas de investimento são avaliadas a partir das projeções dos Fluxos de Caixas - FCs relativos aos anos de implantação e produção, o que constitui um cálculo financeiro aplicado à avaliação econômica e efeitos da tributação sobre os projetos de exploração mineral.

Para elaboração do Fluxo de Caixa do Projeto são montadas as distribuições de FCs antes e após o imposto de renda (sem financiamento) e do capital próprio (com financiamento) com o objetivo de ilustrar a influência do financiamento (alavancagem financeira), bem como dos encargos de capital (depreciação, amortização fiscal e exaustão) na rentabilidade do projeto.

Para efeito de análise da Viabilidade Econômica de Lavra sugere-se sempre fazer referência a Fluxo de Caixa Líquido relativo ao ano - FC anual. Dessa forma, o FC Líquido anual representa a diferença entre todas as entradas anuais de caixa (receita operacional, receitas não operacionais, recuperação de capital de giro, entrada de recursos de terceiros etc.) e de todas as saídas anuais de caixa (investimento fixo, injeção de capital de giro, aquisição de direitos minerários, despesas de arranque (*start-up*) despesas com reposição e reforma de equipamentos e outros ativos do imobilizado operacional (pagamentos de impostos, amortização e juros de financiamento etc.).

Os resultados econômicos de um projeto de mineração são calculados a partir da distribuição no tempo de seus FCs, ou simplesmente, pela distribuição dos FCs anuais conforme se apresenta no Estu-

do de Caso a seguir. Com o objetivo de facilitar o entendimento dos dados e da metodologia da análise pelos FCs, o exemplo a seguir (Estudo de caso II e Tabelas de 1 a 10) apresenta um valor de produção, 100 m³/mês, não compatível com os níveis atuais de produção de granitos que, nas pedreiras comerciais, se encontram entre 400 e 1.200 m³, podendo superar os 3.000 m², em função do mercado.

ESTUDO DE CASO II

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA

A avaliação econômica do empreendimento previa a lavra de uma jazida de rocha ornamental para produção de 1.200 m³/ano de blocos de granito de coloração verde, que será vendido na pedreira (FOB), no estado da Bahia, no ano de 2006. A Simulação Econômica apresentada a seguir demonstra a viabilidade de lavra do depósito pesquisado mediante o Fluxo de Caixa Descontado.

Os investimentos e custos operacionais previstos são decorrentes de:

- Dimensionamento de áreas construídas; orçamentação de equipamentos;
- preços dos serviços de construção civil e sistemas auxiliares;
- estimativa de insumos e consumos da pedreira com base nos fluxos de produção e definição dos contingentes de mão de obra.

A metodologia adotada contemplou:

- Cotação dos equipamentos principais, materiais de consumo e insumos da produção, junto aos fabricantes de equipamentos;
- orçamentação de obras civis a partir de estimativa de horas de equipamentos envolvidos para execução dos serviços projetados;
- estimativa de custos de mão de obra direta e indireta de acordo com níveis salariais compatíveis com a região.

A infraestrutura necessária à operação do empreendimento compreendia estradas de acessos e disponibilidade de água para corte de rocha com uso de fio diamantado. A morfologia da jazida e a disponibilidade de água e energia nas proximidades da pedreira viabilizavam a tecnologia de corte selecionada.

Foi considerado que o nível de produção de 1.200 m³/ano de blocos de rocha ornamental de granito será atingido no 2º ano de operação, sendo 80% comercializada no mercado externo e 20% no mercado interno. No primeiro ano prevê-se que o empreendimento produzirá e comercializará 50% da sua capacidade instalada.

Os preços foram considerados FOB pedreira, isentos de IPI e ICMS para os produtos exportáveis e são decorrentes da experiência de valores médios deste tipo de material praticados no mercado em foco, naquela época, 2006.

ESTIMATIVA DE INVESTIMENTOS

A estimativa dos investimentos fixos foi composta com base no dimensionamento dos equipamentos e nas construções civis projetadas, conforme discriminado na Tabela 1. Considera-se um valor residual dos equipamentos da ordem de 40%.

Como capital de giro considerou-se o valor equivalente aos custos de 2 meses de produção, inclusive despesas com pessoal, e 2 meses com despesas operacionais (administrativos e comercialização).

ESTIMATIVA DE CUSTOS OPERACIONAIS E DESPESAS DECORRENTES DE VENDAS

Para efeito de geração do Fluxo de Caixa do empreendimento, os custos operacionais contemplam Custos Variáveis e Custos Fixos, conforme detalhado na Tabela 2.

Os custos variáveis estão constituídos das seguintes parcelas: Peças de Reposição, Fundo de Manutenção Preventiva (FMP) e Material de Desgaste; Combustível e Lubrificantes; Material de Perfuração e Outros Materiais. Estes custos estão detalhados nas Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente. Os custos fixos compreendem: Depreciação e Seguros; Amortização, Mão de obra e Despesas Indiretas. Estes custos estão detalhados nas Tabelas 6, 7, 8 e 9, respectivamente.

Os tributos e impostos incidentes sobre as vendas são: CFEM, PIS, COFINS, FINSOCIAL (CSSL) e Imposto de Renda a razão de 2%; 1,65%; 3%; 12% e alíquota de 9%; e 15%, respectivamente.

ESTIMATIVA DE RECEITAS

As receitas projetadas para o empreendimento foram obtidas das quantidades a serem comercializadas em cada ano, considerando preços de R\$ 840,00/m³ e R\$ 450,00/m³ para os mercados externo e interno, respectivamente.

FLUXO DE CAIXA DO PROJETO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE ECONÔMICA

O Fluxo de Caixa básico está apresentado na Tabela 10. A Taxa Interna de Retorno (TIR) atinge 27%. Os valores apresentados nas Planilhas anexas são meramente ilustrativos, portanto, não representam valores reais atualizados e foram baseados na análise de viabilidade de uma pedra de granito verde escuro, no estado da Bahia, no ano de 2006, realizada pela Uniminas.

A título de análise de sensibilidade econômica do projeto à variável preço, foram calculadas Taxas Internas de Retorno (TIR) considerando-se uma alternativa otimista com preços num limite superior (R\$ 900,00/m³ - mercado externo e R\$ 500,00/m³ - mercado interno) e outra pessimista com preços no limite mínimo (R\$ 700,00/m³ - mercado externo) e R\$ 400,00/m³ - mercado interno). Os resultados foram os seguintes:

O período de operação para o empreendimento foi considerado de dez anos, sendo de um ano a fase de implantação.

Os resultados demonstram que o projeto é bastante rentável, mesmo considerando que não foram enfocados custos inerentes à utilização de financiamentos para alavancagem econômico-financeira do empreendimento.

Alternativas	TRI
Preços limite superior	31%
Preços limite inferior	17%

Tabela 1 - Estimativa dos investimentos fixos - JAZIDA DE GRANITO 100 m³ / mês.

Investimentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)	Vida útil (anos)
Equipamentos			804.250,00	
Fio diamantado	70.000,00	1	70.000,00	20
Estrutura	4.000,00	1	4.000,00	10
Martelete	2.750,00	3	8.250,00	20
Comp. 400 PCM	72.000,00	1	72.000,00	12
Escavadeira CAT 320	450.000,00	1	450.000,00	20
Equipamentos de Oficina	Verba	-	200.000,00	-
Obras preliminares			7.000,00	
Acessos	Verba		1.000,00	20
Desenvolvimento	Verba		2.000,00	20
Pátios e boca-fora	Verba		1.000,00	20
Edificações	Verba		3.000,00	20
Total		811.250,00		

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 2 - Custos Fixos e Variáveis.

Contas	Custo unitário R\$ / m ³	Composição %
Custos variáveis		
Peças de reposição	12,08	4,20
F. M. P.	14,74	5,12
Mat. Desgaste	0,75	0,26
Comb. e Lubrif.	15,88	5,51
Expl. e Acess.	0,00	0,00
Mat. de perfuração	0,00	0,00
Outros materiais	7,01	2,43
Arrendamento	17,00	5,90
Sub-total de variáveis	50,47	17,52
Custos fixos		
Depreciação	38,40	13,33
Seguros	13,68	4,75
Amortização	1,10	0,38
Pessoal	142,23	49,39
Desp. Indiretas	42,10	14,62
Sub-total de fixos	237,51	82,48
Sub-total geral	287,98	100,00
Total	287,98	100,00

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 3 - Custos Variáveis: Peças de Reposição, Fundo de Manutenção Preventiva e Materiais de Desgaste.

Equipamento	Quantidade	Horas efetivas	Pças. Rep. Hor.	Custo mensal (R\$)	Custo anual(R\$)
Fio diamantado	1	79,17	0,98	77,58	931,00
Estrutura	1	37,54	0,20	7,51	90,09
Martelete	3	544,73	0,14	74,90	898,81
Comp. 400 Pcm	1	291,14	3,60	1.048,09	12.577,08
Escavadeira	1	0,00	5,60	0,00	0,00
Trator d6e	0	0,00	6,225	0,00	0,00
Total				1.208,08	14.496,98
Equipamento	Quantidade	Horas efetivas	F.M.P. Horário	Custo mensal	Custo anual
Fio diamantado	1	79,17	0,48	37,78	453,41
Estrutura	1	37,54	0,00	0,00	0,00
Martelete	3	544,73	0,00	0,00	0,00
Comp. 400 Pcm	1	291,14	2,17	631,24	7.574,83
Escavadeira.	1	42,50	8,44	358,59	4.303,13
Trator D6	0	42,50	10,51	446,73	5.360,80
Total	-	1.474,35	17.692,16		
Equipamento	Quantidade	Horas efetivas	Mat Desg. Hor.	Custo mensal	Custo anual
Fio diamantado	2	79,17	0,00	0,00	0,00
Estrutura	1	37,54	0,00	0,00	0,00
Martelete	3	544,73	0,00	0,00	0,00
Comp. 400 Pcm	1	291,14	0,00	0,00	0,00
Escavadeira	1	42,50	0,84	35,72	428,59
Trator D6	0	42,50	0,93	39,68	476,21
Total				75,40	904,80

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 4 - Custos Variáveis: Combustível e Lubrificantes.

Equipamento	Quantidade	Horas efetivas	Consumo		Custo	Mensal	Custo	Anual
			combustível	lubrificante				
Fio diamantado	1	79,17	0,00	0,12	0,00	30,40	0,00	364,80
Estrutura	1	37,54	0,00	0,50	0,00	60,06	0,00	720,72
Martelete	3	544,73	0,00	0,50	0,00	871,58	0,00	10.458,90
Comp. 400 Pcm	1	291,14	10,00	0,20	5.240,45	186,33	62.885,39	2.235,92
Escavadeira 320	1	42,50	16,00	0,29	1.224,00	39,44	14.688,00	473,28
Trator D6	0	0,00	18,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Parcial					6.464,45	1.187,80	77.573,39	14.253,63
Total						7.652,25		91.827,02

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 5 - Custos Variáveis: Materiais de Perfuração e Outros Materiais.

Material	Índice de consumo	Unidade	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)
Dinamite	40	g / m ³	14,00	168,00
Cordel np5	1,02	m / m ³	135,15	1.621,80
Cordel np10	0,01	m / m ³	1,50	18,00
Estopim	0,03	m / m ³	3,75	45,00
Espoleta	0,07	und / m ³	5,60	67,20
Retardo	0,01	und / m ³	1,25	15,00
Pólvora	20	g / m ³	10,00	120,00
Cone bit	0,1000	unid. / m ³	1.050,00	12.600,00
Broca H=0,4	0,0040	unid. / m ³	90,00	1.080,00
H=0,8	0,0040	unid. / m ³	94,00	1.128,00
H=1,6	0,0040	unid. / m ³	113,00	1.356,00
H=2,4	0,0040	unid. / m ³	135,00	1.620,00
H=3,2	0,0040	unid. / m ³	173,00	2.076,00
H=4,0	0,0040	unid. / m ³	205,00	2.460,00
Punho	0,0011	unid. / m ³	0,00	0,00
Luva	0,0100	unid. / m ³	0,00	0,00
Bit 21/2"	0,0200	unid. / m ³	0,00	0,00
Bit 3"	0,0100	unid. / m ³	0,00	0,00
Haste	0,0100	unid. / m ³	0,00	0,00
Rebolo copo	0,0700	unid. / m ³	437,50	5.250,00
Rebolo reto	0,0300	unid. / m ³	0,00	0,00
Fio diamantado	0,1000	m / m ²	750,00	9.000,00
Total	.		3.047,50	36.570,00

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 6 - Custos Fixos: Depreciação e Seguros.

Investimentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)	Vida útil Anos	Depreciação mensal (R\$)	Depreciação anual (R\$)
Fio diamantado	70.000,00	1	70.000,00	20	291,67	3.500,00
Estrutura	4.000,00	1	4.000,00	10	33,33	400,00
Martelete	8.250,00	3	24.750,00	10	206,25	2.475,00
Comp. 400 Pcm	72.000,00	1	72.000,00	10	600,00	7.200,00
Escavadeira 320	450.000,00	1	450.000,00	20	1.875,00	22.500,00
Equipamentos de oficina	200.000,00	-	200.000,00	20	833,33	10.000,00
Total					3.839,58	46.075,00
Equipamentos	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)	Taxa anual %	Disp. c/ seguro mensal (R\$)	Disp. c/ seguro anual (R\$)
Fio diamantado	70.000,00	1	70.000,00	2,00	116,67	1.400,00
Estrutura	4.000,00	1	4.000,00	2,00	6,67	80,00
Martelete	8.250,00	3	24.750,00	2,00	41,25	495,00
Comp. 400 Pcm	72.000,00	1	72.000,00	2,00	120,00	1.440,00
Escavadeira 320	450.000,00	1	450.000,00	2,00	750,00	9.000,00
Equipamentos de oficina	200.000,00	-	200.000,00	2,00	333,33	4.000,00
Total					1.367,92	16.415,00

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 7 - Custos Fixos: Amortização.

Obras preliminares	Valor (R\$)	Vida útil anos	Amortização mensal (R\$)	Amortização anual (R\$)
Acessos	2.500,00	20	10,42	125,00
Desenvolvimento	10.000,00	20	41,67	500,00
Pátios e bota-fora	2.000,00	20	8,33	100,00
Edificações	12.000,00	20	50,00	600,00
Total	26.500,00		110,42	1.325,00

Fonte: Uniminas, 2006

Tabela 8 - Custos Fixos: Mão de Obra e Despesas Indiretas.

Função	Qtde.	Salário (R\$)	Encargos sociais (R\$)	Refeições (R\$)	Assist. Médica (R\$)	E. P. I (R\$)	Custo mensal (R\$)	Custo anual (R\$)
Produção	9						8.913,69	106.964,28
Enc. Produção	1	800,00	496,00	63,91	84,00	14,50	1.458,41	17.500,92
Op. Fio diamant.	1	600,00	372,00	63,91	84,00	14,50	1.134,41	13.612,92
Cortador	1	400,00	248,00	63,91	84,00	14,50	810,41	9.724,92
Canteirador	1	400,00	248,00	63,91	84,00	14,50	810,41	9.724,92
Marteleiro	4	1.800,00	1.116,00	255,64	336,00	58,00	3.565,64	42.787,68
Op. Escavadeira	1	600,00	372,00	63,91	84,00	14,50	1.134,41	13.612,92
Manutenção	1						1.262,23	15.146,76
Mecânico III	1	600,00	372,00	191,73	84,00	14,50	1.262,23	15.146,76
Administração	4						4.047,19	48.566,28
Enc. Adm.	1	400,00	248,00	191,73	84,00	14,50	938,23	11.258,76
Vigia	3	1.500,00	930,00	383,46	252,00	43,50	3.108,96	37.307,52
Total	14	7.100,00	4.402,00	1.342,11	1.176,00	203,00	14.223,11	170.677,32

Fonte: Uniminas, 2006 - Obs.: Os profissionais de Nível Superior foram alocados nas despesas administrativas do Fluxo de Caixa.

Tabela 9 - Custos Fixos: Despesas Indiretas.

Despesas	Custo mensal administração (R\$)	Custo anual administração (R\$)
Aluguéis	1.300,00	15.600,00
Veículos	1.200,00	14.400,00
Telefone	100,00	1.200,00
Combustível	400,00	4.800,00
Desp. c/ viagens	500,00	6.000,00
Água	40,00	480,00
Energia	30,00	360,00
Comunicação	50,00	600,00
Mat. Expediente	20,00	240,00
Mat. Limpeza	20,00	240,00
Serv. de terceiros	350,00	11.400,00
Comboio/pipa/outros	100,00	1.200,00
Geologia/serv. Manut.	850,00	10.200,00
Transporte pessoal	600,00	7.200,00
Fretes	100,00	1.200,00
Total	4.010,00	48.120,00

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 10 - Fluxo de caixa.

Período / anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Investimento	R\$890.871									(R\$404.121)
Fixo	R\$811.250									(R\$324.500)
Capital de giro	R\$79.621									(R\$79.621)
Receita bruta		R\$457.200	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400	R\$914.400
Mercado doméstico		R\$54.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000	R\$108.000
Mercado internacional		R\$403.200	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400	R\$806.400
Impostos s/ venda		R\$30.440	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880	R\$60.880
Recolhimento cfem		R\$8.535	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070	R\$17.070
Receita líquida		R\$418.225	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450	R\$836.450
Custos de produção		R\$340.479	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958	R\$680.958
Pças de reposição		R\$7.248	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497	R\$14.497
F. M. P.		R\$8.846	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692	R\$17.692
Comb. e lubrif.		R\$48.314	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627	R\$96.627
Expl. e acess.		R\$1.028	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055	R\$2.055
Mat. Seccionado.		R\$18.285	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570	R\$36.570
Outros materiais		R\$4.206	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413	R\$8.413
Depreciação		R\$46.075	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150	R\$92.150
Seguros		R\$16.415	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830	R\$32.830
Amortização		R\$1.325	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650	R\$2.650
Pessoal		R\$170.677	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354	R\$341.354
Lucro bruto		R\$77.746	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492	R\$155.492
Despesas operacionais		R\$49.320	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640
Administrativas		R\$49.320	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640	R\$98.640
Lucro líq. Antes do I.R.		R\$28.426	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852	R\$56.852
Impostos e contribuições		R\$7.106	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212	R\$14.212
Imposto de renda		R\$4.264	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528	R\$8.528
Contribuição social		R\$2.843	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686	R\$5.686
Lucro líquido após I.R.		R\$21.319	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638	R\$42.638
(+) Deprec. / Amortiz.		R\$47.400	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800	R\$94.800
Fluxo de caixa	(R\$890.871)	R\$68.719	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438	R\$137.438
Fluxo de caixa acumulado		(R\$822.152)	(R\$784.414)	(R\$646.976)	(R\$489.538)	(R\$322.100)	(R\$154.662)	(R\$17.224)	R\$11.202	R\$111.630
Taxa interna de retorno	26,89%									
		merc ext	80	840,00		merc int.	20	450,00		

Fonte: Uniminas, 2006.

Tabela 13 - Relatório de acompanhamento do fio diamantado.

Empresa:
 Responsável:
 Marca do fio:
 Local:
 Data: ___/___/___
 Hora inicial:
 Código:
 Diâmetro mm

Nº Corte					
Nº Bancada					
Dimensões					
Volume					
Tipo de Corte					
Dimensões					
Área (m ²)					
Material					
Cor					
Máquina Fio					
Marca					
Tipo					
Veloc. Tang. Média					
Veloc. Corte Média					
Torção Cabo					
Remontado					
Comprimento Inicial (m)					
Comprimento Final (m)					
Diâmetro Inicial (mm)					
Diâmetro Final (mm)					
Área Total					
Comprimento (m)					
Rendimento					
Data	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
Operador					
Responsável					

Tabela 14 - Boletim de medição de corte a fio diamantado.**Boletim de medição de corte a fio diamantado nº**

Cliente:
 Material:
 Local:
 Responsável:

Nº Bancada	Dimensão Bancada: x x	Volume Bancada(m ³):		
Nº Corte:	Sentido Corte: <input type="checkbox"/> V <input type="checkbox"/> H	Dimen. Corte: x	Área Corte(m ²)	
Comprimento do Fio(m):	Velocidade Teórica(m ² /h):	Afastamento Teórico(cm/h):		
Giro Cabo(voltas/m):	Velocidade Tangencial(m/s):			
Grupo Gerador: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Capacidade(kva):	Voltagem(V):	Marca:	
Máq. Fio Diamantado Marca:	Modelo: <input type="checkbox"/> Fixa <input type="checkbox"/> Variável	Potência (CV)		
Data Início Trabalho: ___/___/___ - ___:___h				
Técnico Responsável:			Assinatura:	
Utilização do fio				
	1º parte	2º Parte	3º Parte	4º Parte
Nº do Fio:				
Marca:				
Diâmetro Inicial(mm):				
Diâmetro Final(mm):				
Comprimento Inicial(mm):				
Torção(Giro/m):				
Horímetro Inicial:				
Horímetro Final:				
Data/Hora Início:				
Data/Hora Final:				
Desenho do corte			Observações	

3.4. Planos de manutenção dos equipamentos

É fácil entender-se que, à medida que o equipamento envelhece, devido ao desgaste natural que sofre em sua utilização, a probabilidade de falhas mecânicas aumenta consideravelmente. Isto tem como consequência sua paralisação frequente para os reparos mecânicos, significando duplo prejuízo, porque além de deixar de produzir, ele passa a ter despesas de manutenção, o que reduz de forma sensível sua rentabilidade.

Daí a conclusão óbvia de que o proprietário deve ter a preocupação permanente de procurar aumentar a “vida útil” da sua máquina, para ser necessário substituí-la somente após o decurso de longo prazo.

A forma mais simples de se conseguir o aumento da “vida útil” de um equipamento consiste na operação e na manutenção corretas do equipamento. Isto significa a adoção de uma série de medidas de ordem prática muito simples, mas que, infelizmente, nem sempre observadas, resultam em prejuízos indesejáveis.

Pode-se definir a manutenção como sendo o conjunto de processos utilizados com a finalidade de obter dos equipamentos condições de funcionamento que resultam na sua produtividade máxima e, ao mesmo tempo, buscar prolongamento de sua vida útil, permitindo a operação econômica em maiores prazos.

O conceito atual de manutenção é bem mais amplo do que os tempos passados, quando havia maior preocupação com a assistência mecânica ao equipamento, desde que este apresentasse algum problema de funcionamento.

Hoje em dia, a manutenção mecânica propriamente dita não pode estar dissociada da lubrificação e da operação racional do equipamento, pois na verdade, esses três campos se acham intimamente ligados, de sorte que, se um deles se revelar ineficiente, poderá influir de forma negativa no resultado global desejado que seja, em última análise, o aumento de sua “vida útil”.

Manutenção corretiva e manutenção preventiva

Entende-se por manutenção corretiva aquela que se preocupa em apenas corrigir as falhas detectadas e que prejudicam o funcionamento normal da máquina.

Essa forma de encarar a manutenção pode levar a situações difíceis, porque a quebra das peças ou as falhas de um sistema podem ocorrer de forma aleatória, exatamente no momento em que a máquina se faz mais necessária.

É preciso lembrar, igualmente, que a ruptura de um componente pode afetar outras peças que trabalham em conjunto. Seria o caso de uma engrenagem da caixa de câmbio, quando da ruptura de um dente, por exemplo, pedaços soltos caem exatamente entre outras engrenagens que se apresentavam sem defeito, ampliando os efeitos do dano.

A quebra de uma máquina básica de um ciclo de produção, desde que não haja substituição, pode interrompê-lo, deixando ociosos vários outros equipamentos e aumentando os prejuízos decorrentes.

Em consequência dessas possibilidades extremamente desfavoráveis à produtividade e rentabilidade da pedreira, introduziu-se o conceito da manutenção preventiva que visa principalmente a evitar ou prevenir o aparecimento de falhas mecânicas durante a operação, detectando os defeitos antes de sua manutenção e, sobretudo, evitando a ruptura de componentes fundamentais pela substituição sumária de peças que, já tendo atingido certo número de horas de trabalho ou certo desgaste máximo admissível, se constituem em risco de quebra a curto prazo.

É evidente que a introdução da manutenção preventiva apresenta vantagens óbvias, mas por outro lado, significa um programa de implantação difícil e, por vezes, de custo elevado, o que a princípio parece tornar a sua aplicação antieconômica para as empresas de pequeno porte. Além disso, o programa de manutenção preventiva envolve alguns problemas difíceis, tais como a determinação dos itens considerados críticos, que se forem danificados em serviço, podem significar a paralisação da máquina e das operações na pedreira.

Igual dificuldade reside na pesquisa e fixação da idade crítica das peças e dos limites de desgaste admissíveis, pois, da determinação correta desses valores, depende o sucesso de todo o programa de manutenção preventiva.

Esse programa é feito praticamente mediante revisões ou inspeções periódicas, baseadas no número de horas trabalhadas ou no de quilômetros percorridos.

Para os equipamentos pesados (escavadeiras, carregadeira, máquina de fio diamantado etc.) as revisões mecânicas periódicas são feitas após o decurso de certo número de horas de trabalho, indicadas pelo marcador de horas de máquinas (horímetro) de acordo com instruções do fabricante.

Comumente, as verificações preventivas recomendadas pelo fabricante são feitas a cada 100 h, 500 h, 1.000 h e 4.000 h, examinando-se os componentes ou sistemas mais sujeitos a apresentar problemas.

A cada 100 horas, são feitas verificações mais simples, tais como reaperto de parafusos, tensão das correias de acionamento, vazamentos de óleo, regulagem de sistemas etc.

Decorridas 1.000 horas, já é feita a inspeção mais detalhada do motor, transmissão e conversor de torque, freios, sistemas de direção, hidráulico e elétrico.

Após 4.000 horas já se recomenda o recondicionamento do motor, a desmontagem e inspeção do torque e da transmissão, do sistema de direção, além da inspeção mais detalhada dos sistemas hidráulico, elétrico, de freios etc.

Nas máquinas de esteira, a manutenção preventiva preconiza cuidados especiais para a verificação do desgaste normal das peças e da ocorrência de quebras, trincas, ou desgastes anormais que, se não forem detectados a tempo, poderão reduzir substancialmente a vida útil das esteiras ou mesmo exigir a sua substituição.

O importante a se observar é que essas verificações e inspeções devem ser feitas ainda que a máquina, aparentemente, não apresente anormalidade.

Os defeitos apresentados pelas máquinas dificilmente ocorrem sem que haja indícios prévios, isto é, geralmente podem ser constatados sintomas que, se percebidos a tempo, ajudam a localizar o defeito, antes que surjam consequências desagradáveis.

Por essa razão, reforçando o que já foi dito anteriormente, deve-se ressaltar o papel do operador e dos responsáveis pelas máquinas, na manutenção preventiva. Qualquer anormalidade que persista por algum tempo deverá ser objeto de inspeção mais rigorosa pela equipe de manutenção. Às vezes, trata-se de problema de fácil solução, em outras, porém, podem-se constatar falhas, que, se não forem sanadas, poderão ser extremamente prejudiciais aos mecanismos internos do equipamento. Por essas razões, devem-se alertar os operadores quanto a certos indícios mais frequentes de anormalidades ou defeitos mecânicos.

No caso das máquinas pesadas, os motores diesel, as transmissões e a parte rodante são sujeitas as condições severas de operação, sendo as partes mais afetadas, portanto, devem ser objeto de atenção especial na manutenção preventiva.

Defeitos mais comuns nos motores diesel:

- Superaquecimento do sistema de refrigeração em condições normais de trabalho;
- vibrações, ruídos, batidas internas;

- fumaça no cano de escape em quantidade ou coloração anormal;
- consumo excessivo de combustível ou lubrificante;
- diminuição de potência por falta de combustível ou de ar, falha da bomba injetora etc.;
- pressão baixa do óleo lubrificante; e
- partida difícil, devido à deficiência do sistema elétrico, bateria ou compressão baixa.

Defeitos mais comuns nas transmissões mecânicas:

- Dificuldade no acionamento da embreagem principal;
- dificuldade ou impossibilidade de engrenar ou desengrenar alguma marcha;
- ruídos ou “roncos” nas caixas de engrenagens;
- dificuldade no acionamento das embreagens laterais ou dificuldade no giro da máquina; e
- trancos ou batidas anormais.

Defeitos mais comuns nas transmissões hidráulicas:

- Movimentos lentos e falta de torque;
- aquecimento anormal do sistema; e
- pressão anormal do fluido.

Parte Rodante:

- Verificação de tensão da esteira e regulagem;
- medida do desgaste dos componentes; buchas, sapatas, roletes etc.;
- alinhamento de esteira e da roda guia;
- vazamento de óleo dos roletes de lubrificação permanente; e
- inspeção de trincas, rupturas, folgas excessivas dos diversos componentes.

Sistema de injeção dos motores diesel:

- Testes de pressão de injeção – falta ou excesso de pressão;
- vazamento de ar;
- entupimento das tubulações com corpos estranhos; e
- tempo insuficiente de injeção.

Sistema elétrico de partida:

- Falta de carga das baterias;
- conexões dos cabos com defeito;
- defeitos no motor de arranque;
- gerador com defeito, baterias sem carga; e
- ruptura da capa de proteção, com terra ou curto-circuito.

Evidentemente, as indicações acima servirão apenas para chamar a atenção do operador ou dos responsáveis pela máquina para os defeitos mecânicos mais comuns. Os manuais técnicos de oficina, fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos, referentes aos diversos equipamentos, estudam pormenorizadamente os diversos componentes e sistemas da máquina, descrevendo o seu funcionamento, a sua desmontagem e montagem, bem como os defeitos que possam surgir e a maneira correta de identificá-los e corrigi-los.

3.5. Almoxarifado e estoque de peças de reposição

Além de uma oficina, será necessário instalar em uma pedreira, um almoxarifado de peças de reposição para os equipamentos, com a imediata substituição das que se danificam ou se desgastam durante as operações produtivas.

Em consequência do grande número de itens envolvidos, não será possível a aquisição e estoque de todas as peças, pois isso envolveria a imobilização de grande parte do capital de giro da empresa.

O problema se resolve, em parte, pelo estabelecimento de critérios para a determinação dos itens de maior consumo e aqueles que são considerados críticos para o funcionamento normal da máquina.

Entre os primeiros podemos citar as chamadas “peças trabalhantes”, que pela sua utilização, estão sujeitas a um desgaste mais rápido, visto que ficam sujeitas ao atrito permanente, a altas pressões de contato e a presença de materiais abrasivos. Nesta categoria, podem-se mencionar os componentes da parte rodante dos tratores de esteiras, facas de lâmina e partes de mecanismo das máquinas de controle por cabo, como polias, eixos, cabos de aço, guinchos, volante na máquina de fio diamantado, componentes de mecanismo das perfuratrizes, entre outras.

Outras peças são de desgaste mais lento, mas, como ficam sujeitas a esforços consideráveis, têm possibilidade maior de sofrerem avarias. Neste grupo podemos citar todas as peças móveis, ainda que recebam lubrificação constante, tais como engrenagens, transmissão, coroa e pinhão, mancais, rolamentos de esfera, partes móveis do motor (pistões, anéis, eixo de virabrequim, bielas, casquilhos etc.), componentes do sistema hidráulico (retentores, mangueiras de borracha, bombas hidráulicas de engrenagens etc.). Finalmente há outros componentes que dificilmente sofrem avarias, razão pela qual, em geral, não são estocados. Aqui poder-se-iam citar as peças estruturais, as carcaças de caixa de câmbio, do diferencial e do comando final.

Para alguns itens, considerados críticos no funcionamento das máquinas principalmente quando há várias unidades do mesmo tipo, convém manter componentes de reserva, para se evitar o risco de paralisação na máquina ou, em se tratando de trator, escavadeira ou pá carregadeira, de interrupção de produção total da equipe.

Além destas convém manter em estoque algumas peças básicas que podem apresentar falhas, ocasionando a paralisação mínima do equipamento, tais como uma bomba injetora, bicos injetores, uma esteira completa de reserva, pneumáticos de rodagem especial etc.

Por outro lado a questão se torna mais complexa quando há equipamentos de diversos fabricantes, exigindo a ampliação dos estoques, aumentando a dificuldade de seu controle e exigindo grande imobilização de capital.

A melhor política será sempre procurar, dentro do possível, uniformizar a equipe usando-se equipamentos de um só fabricante. Quando isso não é possível, é preferível a compra de equipamentos que tenham pelo menos alguns componentes idênticos, tais como motor, transmissão, sistema de injeção etc., havendo a possibilidade de intercâmbio das peças de reposição.

3.6. Manuais técnicos

Os fabricantes de equipamentos idôneos fornecem ao usuário toda sorte de informações sobre a operação, princípios de funcionamento e manutenção da máquina.

Normalmente, recebem-se os seguintes manuais técnicos:

- Manual do operador: que mostra todos os detalhes de funcionamento e de lubrificação correta da máquina.
- Manual de peças: com todos os componentes desenhados e minuciosamente numerados, havendo um número para a identificação de cada peça, dos parafusos ao “chassi”. Isso possibilita a rápida caracterização de cada componente e a sua aquisição, sem dúvidas ou enganos.

- Manual de manutenção ou de oficina: no qual se descreve o funcionamento, os métodos de desmontagem, reparo e remontagem dos sistemas, sendo absolutamente indispensável a sua utilização na oficina de reparos.

3.7. Lubrificação dos equipamentos

Não é necessário enfatizar a importância da lubrificação dos equipamentos para juntamente com a sua operação racional e a manutenção preventiva, procurar o aumento da vida útil e o retardamento da substituição das máquinas já desgastadas.

A utilização normal da máquina implica em seu desgaste progressivo, atingindo especialmente as partes móveis e as que ficam em contato com materiais abrasivos.

Três são as principais causas de desgaste:

- O atrito existente entre componentes com movimento ou deslizamento relativo, embora haja lubrificação entre eles, resulta em desgaste lento, mas inevitável, reduzindo a dimensão das peças e aumentando as folgas previstas no projeto da máquina.
- A corrosão, considerada como um dos fatores mais importantes do desgaste em certas peças dos motores, deriva da formação de ácidos corrosivos provenientes da presença de resíduos de enxofre no óleo combustível.
- A abrasão é proveniente da presença de matéria estranha que penetra em determinados componentes mecânicos, tais como poeiras, partículas de solos muito finos, ou pela formação de subprodutos dentro da câmara de combustão, resultando no desgaste prematuro dessas peças.

Os lubrificantes são produtos que, pelas suas características, servem para reduzir os agentes de desgastes acima citados.

O atrito entre as superfícies se reduz substancialmente pela formação de uma película de lubrificante que, de certa forma, separa as partes móveis em contato.

A corrosão é combatida por substâncias que impedem as transformações químicas das quais resultam os agentes corrosivos.

A abrasão é diminuída pelos processos de filtragem do combustível e do ar que procuram eliminar as partículas sólidas de grande dureza, responsáveis por este tipo de desgaste.

Não obstante, além dessas funções consideradas primordiais, os lubrificantes servem para outras finalidades tais como:

- Redução da força ou potência necessária para a operação da máquina e de seus componentes, pela sensível redução do atrito, existente entre superfícies metálicas móveis.
- Dissipação de parte do calor gerado na operação de componentes mecânicos que se atritam ou do calor resultante da queima do combustível, através de sua circulação e passagem em dissipadores de calor.
- Auxílio na vedação das câmaras de combustão, no interior das quais são geradas altas pressões de compressão, suportadas pelos anéis dos cilindros e pelo lubrificante que permanece nas folgas mínimas existentes entre os anéis e a camisa de cilindro.
- Remoção das substâncias abrasivas, através da circulação do lubrificante e sua retenção por filtros.

3.8. Disponibilidade mecânica, utilização e rendimento de equipamentos

O Plano de Produção de qualquer pedreira deve estabelecer os seguintes parâmetros relativos aos equipamentos dimensionados:

- HP - Horas Programadas para cada equipamento.
- HM - Horas de Manutenção previstas para cada equipamento e a não utilização do equipamento por outros motivos.
- HT - Horas Efetivamente Trabalhadas previstas para cada equipamento.

O total de horas efetivamente trabalhadas por um equipamento qualquer é sempre menor que o total de horas programadas para o seu funcionamento.

Aquele total de horas é o tempo que o equipamento tem para realizar o trabalho que lhe compete e o seu porte é inversamente proporcional ao mesmo (para o mesmo trabalho).

Disponibilidade mecânica:

Se HP é o total de horas programadas para o funcionamento do equipamento e HM é o total de horas em que o equipamento estará na manutenção mecânica, a relação:

$$DM = \frac{HP - HM}{HP}$$

exprime a Disponibilidade Mecânica do equipamento e representa o tempo em que aquele está mecanicamente apto para o trabalho.

Utilização:

Geralmente, nem todo o tempo mecanicamente disponível é utilizado na execução do trabalho devido a vários motivos, tais como movimentação do equipamento, chuvas fortes, detonação na pedreira, preparação da frente de lavra etc.

Sendo HT o número total de horas efetivamente trabalhadas pelo equipamento, a equação:

$$U = \frac{HT}{HP - HM}$$

representa a Utilização do equipamento e exprime o percentual das horas mecanicamente disponíveis que é realmente utilizado.

Rendimento:

Por definição, exprime o percentual das horas programadas que é realmente utilizado, ou seja:

$$R = \frac{HT}{HP}$$

Considerando-se as expressões acima, tem-se:

$$R = U \times DM$$

A disponibilidade mecânica é função da qualidade do equipamento, das condições de trabalho, da vida do equipamento, das competências do operador e dos mecânicos, da disponibilidade de peças de reposição, do número de turnos diários; a sua determinação se faz a partir de um número base – geralmente extraídos de equipamentos iguais em operação – afetado de fatores que o corrijam para exprimir as atuais condições de trabalho.

A utilização é função do número de equipamentos iguais designados para efetuar trabalhos iguais, do porte do equipamento em comparação com o trabalho que deve executar e das condições de operação, como listadas anteriormente. Os diversos motivos determinantes de tempo improdutivo devem ser convenientemente ponderados para determinar o real valor da utilização.

3.9. Elaboração e acompanhamento setorial dos mapas de riscos

Conforme será visto no capítulo VII, para controle e minimização de riscos e acidentes de trabalho, a administração terá que desenvolver um programa de riscos associados a cada setor da pedreira, tais como: pedreira propriamente dita, oficina mecânica, escritório etc. Para tanto, mapas de riscos setoriais tornam-se instrumentos de controle e prevenção de acidentes e doenças.

O Mapa de Risco é uma representação gráfica de um conjunto de fatores presentes nos locais de trabalho, capazes de acarretar prejuízos à saúde dos trabalhadores: acidentes e doenças de trabalho. Tais fatores têm origem nos diversos elementos do processo de trabalho (materiais, equipamentos, instalações, suprimentos e espaços de trabalho), na forma de organização do trabalho (arranjo físico, ritmo de trabalho, método de trabalho, postura de trabalho, jornada de trabalho, turnos de trabalho, treinamento etc.) e nos resíduos gerados nas operações tais como poeiras etc.

Cada local de trabalho deve ter um mapa de risco com indicação dos tipos de risco com círculos coloridos (tabela 15) e a intensidade deles (leve, média ou elevada), que será indicada, em cada caso, pelo tamanho do círculo.

Tabela 15 - Códigos de cores de identificação dos riscos em um mapa de risco.

	Riscos	Cor de identificação	Exemplos
Grupo 1	Físicos	Verde	Ruído, calor, frio, pressões, umidade, radiações ionizantes e não ionizantes, vibrações etc.
Grupo 2	Químicos	Vermelho	Poeiras, fumos, gases, vapores, névoas, neblinas etc.
Grupo 3	Biológicos	Marrom	Fungos, vírus, parasitas, bactérias, protozoários, insetos etc.
Grupo 4	Ergonômicos	Amarela	Levantamento e transporte manual de peso, monotonia, repetitividade, responsabilidade, ritmo excessivo, posturas inadequadas de trabalho, trabalho em turnos etc.
Grupo 5	Acidentes	Azul	Arranjo físico inadequado, iluminação inadequada, incêndio e explosão, eletricidade, máquinas e equipamentos sem proteção, quedas e animais peçonhentos.

Estes programas poderão ser desenvolvidos por empresas especializadas, que além dos mapas de riscos, promoverão treinamentos quanto à segurança e higiene do trabalho, inclusive na elaboração, assessoria de implantação e no acompanhamento do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais); e Elaboração, assessoria de implantação e acompanhamento do PCMSO (Programa de Controle Médico em Saúde Ocupacional) e Coordenação Médica.

4. Classificação comercial de blocos

Os blocos comerciais de Rochas Ornamentais assumem papel de fundamental importância no desenvolvimento de toda a cadeia produtiva dos Mármore e Granitos.

Na realidade, todo o sucesso do setor das rochas ornamentais está condicionado à existência da matéria-prima, no caso, blocos que apresentem, além dos ingredientes comerciais, as características de padrão, mecânicas, tamanho, que preencham a melhor relação custo x benefício.

A necessidade de obtenção dos blocos comerciais de Mármore e Granitos é um dos principais fatores condicionante de toda a evolução do processo de extração e beneficiamento. O bloco comercial deve ser perfeito, ou seja, aquele que tem seu padrão de homogeneidade e de características mecânicas ideais, no caso sem fatores penalizantes como trincas, sem veios, sem manchas (mulas) e alterações, que compreendem o cenário no qual se otimizará todo o processo produtivo.

Pela importância do bloco as tecnologias de lavra e de beneficiamento, buscam a sua evolução, pois na necessidade de selecionar blocos sem resquícios de problemas faciológicos e estruturais é que toda a cadeia de máquinas e equipamentos busca o seu avanço.

Como elementos de caracterização deste raciocínio vemos que toda tecnologia de extração mantém seu paradigma evolutivo, desde a fase de desmonte por desmoronamento pela busca incessante de reduzir perdas e o comprometimento da matéria prima que vai constituir o bloco a ser posteriormente industrializado.

Há, neste sentido, durante toda esta evolução, o entendimento da necessidade de evitar danos ao material, daí que os componentes explosivos como cordéis, posteriormente o fogo através dos "flame-jet" e atualmente o fio diamantado buscaram exatamente ao seu tempo reduzir o intervalo de comprometimento do processo extrativo no produto final, no caso o bloco.

No tocante as máquinas e equipamentos de beneficiamento isto também é relevante.

Vários fatores indicam esta assertiva, vejamos, por exemplo, o incremento que se desenvolveu nos equipamentos de retificação das faces dos blocos como os monolâmina nos mármore e os monofio e bifio, sobretudo nos granitos.

Blocos bem aparelhados e retificados com diamantados propiciam vários fatores de otimização da serrada, pois aceleram o tempo de encaixe das lâminas no bloco no início da serrada e também na sua fase final.

Este tempo é muito relevante e chega a corresponder a uma redução de cerca de 8 -12 horas na entrada e 4-6 horas na saída, dependendo da dureza do material e desde que estas duas superfícies estejam retificadas com fio, além do que no início na serrada as superfícies irregulares, muitas vezes, causam desvios das lâminas, o que compromete a qualidade da serrada e aumenta as perdas de material em boas condições de comercialização.

As superfícies retificadas reduzem também os descontos nas medidas dos blocos e sobretudo das chapas no momento da negociação, além de darem um aspecto de melhor sanidade e sem dúvida de melhor aproveitamento para os clientes.

A combinação da busca de fatores que possibilitem a melhor otimização de perdas e do custo x benefício é talvez o principal paradigma que tem norteado a evolução tecnológica das máquinas e equipamentos das indústrias de rochas ornamentais.

Os blocos ideais são aqueles feitos à esquadria, ou seja, no esquadro, em que os ângulos são de 90 graus, ou seja, rigorosamente retos e que busquem a melhor otimização possível do equipamento que irá beneficiá-lo.

Uma grande parte dos blocos de granito e a quase totalidade dos blocos de mármore em uma empresa totalmente verticalizada (pedreira-serraria-polimento) deveriam ser totalmente bem esquadrejados com fio diamantado, pois, sem dúvida, a qualidade e a redução das perdas obtidas comportam referido investimento que, no caso, condicionaria o processo de obtenção dos blocos retificados já na lavra.

O tamanho do bloco é um item também de grande importância, pois o mercado exige medidas que normalmente devem, pelo menos, atingir o comprimento de 2,80 m e a altura de 1,70 m nas medidas líquidas. Devemos ainda considerar que a eficiência adequada de um bloco deve ser considerada quando além da inexistência de fatores penalizantes, como veios, mulas, trincas, alterações etc., seja obtida uma relação m^3/m^2 quando serrados a 2 cm de espessura, em torno de $35 m^2/m^3$ no caso do granito em teares convencionais e $40 m^2/m^3$ no caso do mármore em teares diamantados.

É importante ressaltar que a evolução do processo produtivo das rochas ornamentais alcançou grande sofisticação, sobretudo nas últimas três décadas, de tal forma que várias condicionantes têm ganhado importância e gerado alternativas no aproveitamento das matérias-primas, viabilizando a abertura de um número significativo de pedreiras que antes eram totalmente inviáveis.

Devemos inclusive ressaltar, apesar de pouco usual, a utilização de métodos a base de ultrasons para determinar a ocorrência de fraturas, microfaturas e descontinuidades. Neste tocante, enfocaremos especificamente um aspecto que tem relação direta com os blocos, no caso a forte evolução das resinas de base epóxi para utilização nas rochas ornamentais. Estas resinas resolveram a quase totalidade dos problemas físicos das rochas ornamentais, sobretudo naqueles materiais muito trincados e que antes não tinham como terem aproveitamento, pois não havia como sequer estruturá-los para suportar todo o processo de beneficiamento, incluindo serragem e polimento.

Como decorrência, surgiram diversas maneiras de estruturar o bloco (dar-lhe resistência) antes da serrada, permitindo o desdobramento em chapas de materiais tão frágeis que desmanchariam sem esse recurso e surgiram também telas para estruturar (reforçar) as chapas para suportarem o polimento e o transporte sem quebrar. Existem diversas formas de estruturação do bloco para a fase de serragem, sendo as mais comuns, a utilização de chapas de materiais de baixo valor, com borrachas especiais, telas (Fig. 2) e até madeira, coladas ao bloco a ser beneficiado por material colante.



Figura 2 - Bloco Estruturado (Envelopado).
Foto: CETEM/MCTI, 2011.

Isto teve reflexos imediatos no tocante à abertura de pedreiras de diversos tipos de materiais cuja beleza estética por si só, passou a ser a condicionante principal para o desenvolvimento das atividades de lavra.

Com isso uma vasta gama de mármore e granitos, mais frágeis, passaram a ter aproveitamento, permitindo-se, neste caso, a produção de blocos mais irregulares, de modo que as formas ideais de blocos, somente nesses casos, passaram a não ser uma forte condicionante, para o desenvolvimento das pedreiras. Deve ser ressaltado que estes materiais que comercialmente são designados de exóticos e super exóticos, designação muito popularizada no Brasil, são, quase na totalidade, materiais de baixo nível de produção, que atende um mercado de alto valor, porém diminuto.

Nenhuma unidade industrial tem sua otimização centrada somente no beneficiamento destes materiais, daí que os fatores inicialmente citados de blocos comerciais com regularidade e que apresentem o melhor aproveitamento da tecnologia de serragem e polimento são os parâmetro que devem ser buscados.

Um aspecto bastante interessante e que foi condicionante da competitividade do parque industrial brasileiro de rochas ornamentais, foi a avaliação do processo de gestão de serrarias de Mármore e Granitos no Estado do Espírito Santo realizado no final da década de 1980, pelos engenheiros de produção Álvaro Abreu e Denilson Carvalho que perceberam e sugeriram a necessidade dos industriais ocuparem a totalidade da área disponível para beneficiamento no tear. Este fato por si só, correspondeu a uma “revolução” pois praticamente dobrou a produtividade do parque industrial brasileiro.

Outros aspectos foram sugeridos pelos citados pesquisadores, tal como o controle permanente da mistura abrasiva, para que fossem mantidas as condições ideais da lama durante toda a serrada.

Por conseguinte, as pedreiras tiveram que adaptar seus métodos de lavra para poder produzir blocos de até $12 m^3$, quando o usual até aquele momento era em torno de $6 m^3$. Em decorrência do aumento do tamanho dos blocos, com pesos de 40 a 50 toneladas houve uma grande repercussão nos equipamentos de movimentação de blocos nas pedreiras e em seu transporte.

Durante muitos anos, praticamente até 2007, apesar de uma grande quantidade, variedade de acidentes e inclusive vítimas fatais, não havia uma legislação que regulamentasse o transporte de blocos nas rodovias brasileiras.

Atendendo a um reclame geral de todos atores envolvidos foi sendo aperfeiçoada uma legislação que atendesse aos interesses dos órgãos responsáveis pelas rodovias, dos transportadores e dos industriais do setor das rochas ornamentais.

Assim foram estabelecidas algumas condicionantes, tais como o veículo utilizado para o transporte dos blocos deve contar com uma unidade tratora e semirreboque dotados de sistema de travas frontais e laterais móveis e ajustáveis às dimensões da carga. Os blocos devem ser presos por meio de correntes ou cabos de aço tensionado, colocado no sentido longitudinal e transversal e assim podemos afirmar que os interesses estão compatibilizados (Fig. 3).

Após chegar à unidade industrial os blocos são retirados da carreta ou caminhão na sua quase totalidade por pórticos rolantes e, em menor escala, por Pau-de-Carga e Guincho de Arraste. Os blocos ficam no pátio de armazenamento onde posteriormente são escolhidos para compor a carga e são conduzidos para o tear em um carro autotransportador.

No caso de serem serrados em teares que utilizam blocos únicos, os cuidados para elaboração da carga são menores, porém, no caso de compor carga com outro bloco, vários cuidados devem ser tomados, entre os quais destacamos:

- Buscar fazer a carga com blocos do mesmo material, pois no caso de materiais diferentes a velocidade de corte estará sendo definida pelo material mais duro. O bloco de material mais macio poderá ser arranhado em sua superfície o que dificultará o processo de levigamento, polimento e normalmente com grande risco de empenar, pois a sua velocidade de corte é diferente do normal.
- Mesmo que os blocos estejam retificados, o que atenua sobremaneira todo o processo de serrada, os blocos devem ter a mesma altura, para que não sejam perdidas horas adicionais de serrada por causa do encache das lâminas nos blocos em tempos diferentes e da repercussão na qualidade da chapa pela diminuição da velocidade de serrada quando entrar no segundo bloco.
- O mesmo ou a máxima aproximação possível no comprimento dos blocos também deve ser buscado, pois esta configuração permite que a lama abrasiva seja distribuída uniformemente durante toda a serrada, não permitindo que o bloco mais longo atrase a serrada em relação ao bloco mais curto.



Figura 3 - Transporte de Blocos. Foto: CETEM/MCTI, 2013.

Estabeleceremos a seguir as principais definições no tocante aos blocos para a melhor compreensão do que deve ser o resultado do trabalho de extração e o bloco comercial a ser entregue para as indústrias.

Apenas a título de informação gostaríamos de salientar que nenhuma pedreira consegue produzir somente blocos de primeira qualidade, daí que temos que considerar a necessidade e a viabilização dos blocos de segunda qualidade que são produzidos. O nível de exigência dos responsáveis pela seleção de blocos é muito alto, condicionado pelos fatores de obtenção da chapa ideal, bem como da otimização da carga no processo de beneficiamento e isto gera normalmente um substancial encalhe de blocos que permite a sua industrialização mesmo com uma perda mais acentuada.

Isto é possível não somente devido a tipos específicos de defeitos, mas e, sobretudo, pela avaliação rigorosa que deve ser realizada considerando que o bloco corresponde invariavelmente ao maior custo na estrutura de produção da chapa ou do ladrilho, correspondendo normalmente a um valor de aproximadamente de 30% de toda a estrutura de custo de produção em uma serraria.

4.1. Definições

Blocos

São os elementos base da indústria de rochas ornamentais. Os blocos são extraídos dos maciços rochosos ou a partir dos matacões.

Blocos irregulares

Compreendem os blocos sem forma e sem tamanho regular.

Blocos feitos à esquadria

Compreendem os blocos que correspondem aproximadamente a um paralelepípedo regular.

Blocos feitos à medida

Compreendem os blocos feitos à esquadria – no esquadro – com certas ou todas as medidas indicadas.

Medidas

O comprimento (c), a altura (h) e a largura (l) são as medidas dos blocos. (Figura 4) Serão indicadas na sequência apontada e em centímetros. O comprimento corresponde à maior medida ao correr da camada natural sempre que esta noção se aplique. A altura é normalmente a menor medida no sentido da camada natural ou perpendicular ao comprimento. A largura é a medida perpendicular ao plano tomado por comprimento (c) e altura (h).

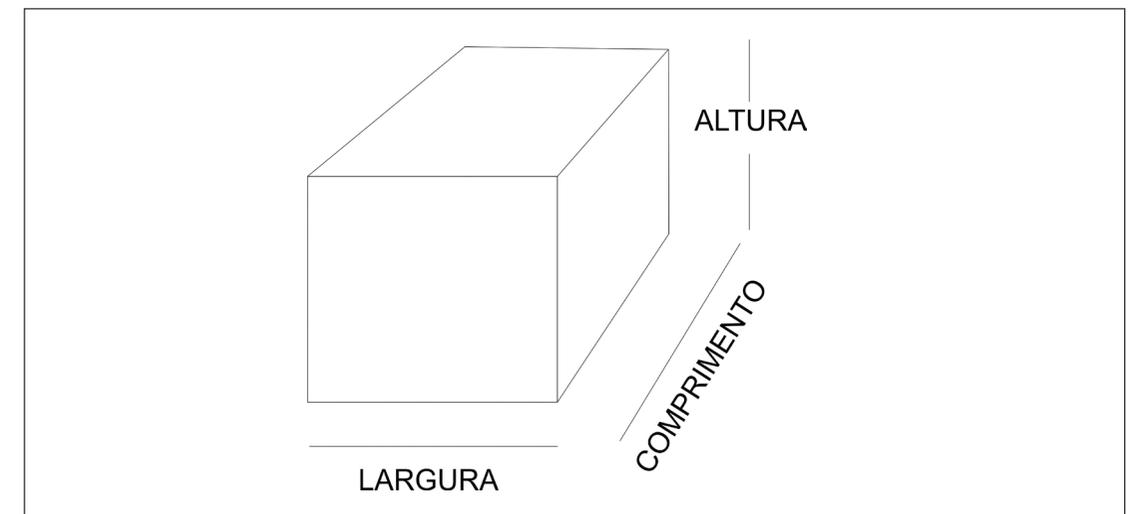


Figura 4 - Medidas de um bloco de rocha ornamental: Modificado de Machado, 2003.

Medidas fora a fora

As medidas fora a fora serão obtidas pelas medidas dos vértices de menor paralelepípedo circunscrito ao bloco, conforme mostrado na figura 4.

Medidas internas

As medidas internas serão determinadas estabelecendo-se o maior paralelepípedo inscrito no bloco que tenha todos os lados com ângulos retos, não contenha furos ou quaisquer outras entradas. Reduzir 5 centímetros de cada uma dessas medidas para desperdício. A figura ou forma resultante dará a medida interna, conforme pode ser visto na figura 5.

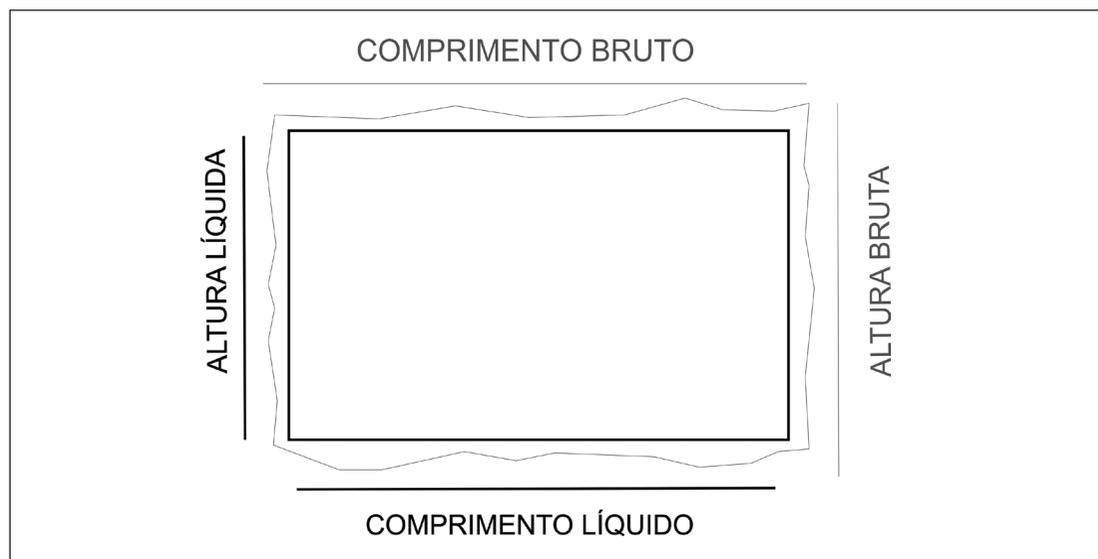


Figura 5 - Medidas fora a fora e medidas internas. Extraído de Machado, 2003.

Medida comercial

A medida comercial de um bloco será determinada em acordo entre o comprador e o fornecedor, sendo usual no Brasil uma redução entre 5 e 10 cm em cada lado, naqueles blocos bem esquadrejados, ou seja, onde o paralelepípedo está bem circunscrito.

4.2. Especificações

Forma

Nos blocos feitos à esquadria (no esquadro), os seis lados devem ser planos, com ângulos retos e lados paralelos, correspondendo à forma de um paralelepípedo.

Os blocos de tamanho especificado terão medidas nunca inferiores aos mínimos valores indicados e nunca maiores do que os maiores valores estabelecidos entre o comprador e o fornecedor.

Volumes

Comercialmente, embora não seja uma medida de volume, é frequente que se faça referência ao volume dos blocos em toneladas, em vez de em metros cúbicos. Isto acontece especialmente em casos de granitos e mármore raros, tais como, Azul Bahia, Amazonita (GSA-Pb), Lápis-lazúli (Chile), Ônix etc.

Qualidade da rocha

As fissuras e os veios serão marcados. Os blocos estarão de acordo com a qualidade comercial especificada ou negociada. A pedido, algumas propriedades selecionadas poderão ser testadas por método de ensaios específicos.

Marcação

Com o número de identificação, a guia de transporte e outros documentos (*Packing List*) de cada fornecimento deverão ter escrito o nome da rocha ornamental de acordo com a norma específica, as medidas (em que figure pelo menos as medidas fora a fora e a medida interna) e o volume dos blocos.

A direção da principal camada natural de cada bloco será marcada de forma clara. Cada bloco terá um único número de identificação.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração de Enir Sebastião Mendes pela revisão e de Nuria Castro pelas imagens e a revisão do texto.

6. Bibliografia e referências

- ALENCAR, C. R. A; CARVALHO, D; CARANASSIOS, A. Tecnologias de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais, Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi – IEL,1996. Série Estudo Econômico sobre Rochas Ornamentais, v. 3
- ATLAS COPCO DO BRASIL Perfuração e Desmonte de Rochas. São Paulo, 1996.
- CARANASSIOS, A.; CICCU, P. Tecnologias de Extração e Valorização das Rochas Ornamentais. V-23. Rochas de Qualidade. São Paulo. 1992.
- CRESPO, Francisco. Manual de Rochas Ornamentais. Madrid: Ed. Entorno Gráfico, 1996.
- DUARTE, G. W. Tecnologias de Extração de Rochas Ornamentais. Senai. Vitória, ES, 1994.
- EXPLO - INDÚSTRIAS QUÍMICAS E EXPLOSIVOS S. A. Técnicas Básicas de Desmonte de Rochas. V - 1; São Paulo: Explo, 1979.
- FÁBRICA DE EXPLOSIVOS PRESIDENTE VARGAS Utilização de Explosivos. Rio de Janeiro. 1971.
- HERMAN, Curt. Manual de Perfuração de Rochas. São Paulo: Ed. Poligno, 1968.
- MACHADO, Marlon A. Processos de Beneficiamento – Parte 1 – Apostila do Curso de Especialização em Valorização das Rochas Ornamentais. UFRJ/CETEM/CPRM, 2003.
- MIRANDA, A - As propostas de Normas Europeias (I). R. Rochas de Qualidade, São Paulo, v. 24, n 117, abr / maio/ jun, 1994.
- NUNES MARQUES, Marcos. Relatório de Serviços de Preparação e Abertura de Frente de Lavra de Granito Ornamental. Relatórios restritos do CETEM e da Pedreira Escola. Ruy Barbosa. Bahia. 2003.

NUNES MARQUES, Marcos. Relatórios de Serviços de Lavra de Granito Ornamental. Relatórios res-
tritos da Pedreira Escola. Ruy Barbosa. Bahia. 2004.

QUÍMICA EDILE DO BRASIL Manual de Utilização do Fract. Ag: argamassa expansiva. Cachoeiro
de Itapemirim, ES, 2000.

RODRIGUES COSTA, Roberto. Projetos de Mineração. Universidade Federal de Ouro Preto: Ouro
Preto, Minas Gerais. 1979.

SANDVICK DO BRASIL Manual de Perfuração de Rochas. São Paulo, 1996.

SOUZA, Hélio; CARALANI, Guilherme. Terraplanagem e Escavações em Rochas. São Paulo: Ed.
MacGraw Hill do Brasil, 1977.

SOUZA, Petain A. Avaliação econômica de projetos de mineração: análise de sensibilidade e análise
de risco / Edição Revisada. Petain Ávila de Souza- Belo Horizonte. 2005

TEODORO, Wilder; RUBIO, Galvão. Segurança na Mineração em Uso de Explosivos. Rio de Janeiro:
Fundacentro, 1986.

Capítulo 7

Beneficiamento de rochas ornamentais

*Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Geólogo, D.Sc., CETEM/MCTI
Francisco Wilson Hollanda Vidal, Eng. de Minas, D.Sc., CETEM/MCTI
Julio César Souza, Eng. de Minas, D.Sc., UFPE*