



Departamento Nacional de Produção Mineral

**ROTEIRO BÁSICO PARA PESQUISA DE ROCHA
ORNAMENTAL:
MODELO ACEITO PELO 7ºDS/DNPM**

**PAULO MAGNO DA MATTA
ADIEL DE MACÊDO VÉRAS
DANILO MÁRIO BEHRENS CORREIA**

**Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia em
Aracaju/SE (2006) e no III Congresso Brasileiro de Rochas
Ornamentais – Natal/RN (2007)**

2006 – 2007

Autor - Paulo Magno da Matta. E-mail: Paulo.matta@dnpm.gov.br e Paulo_magnom@hotmail.com

Co-autores: Adiel Macedo Veras: Adiel.veras@dnpm.gov.br e

Daniilo Mário B. Correia: daniilo.correia@dnpm.gov.br

PREFÁCIO

A pesquisa mineral tem sua importância no achado da ocorrência mineral (constituição de riqueza) e transformação desta em jazida ou em depósito mineral com viabilidade econômica para exploração.

Os métodos de lavra para rochas ornamentais mais eficientes técnica e ambientalmente necessitam de uma pesquisa geológica adequada. Os fatores geológicos estruturais de um maciço rochoso podem inviabilizar um projeto de lavra se não forem bem conhecidos.

O Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM – no estado da Bahia, órgão gestor e controlador do setor mineral no Brasil, avalia as pesquisas executadas pelos empreendedores do setor, cujos resultados são registrados em relatórios finais de pesquisa.

A grande quantidade de requerimentos minerais para rochas ornamentais na Bahia e a tendência atual de aquecimento do setor, com grandes expectativas para o mercado interno, demonstram a importância de investimentos adequados na etapa da pesquisa mineral.

Este trabalho objetiva orientar o consultor técnico ou o empreendedor a realizar pesquisa de rochas que revelem um nível de segurança para os resultados registrados em relatórios finais de pesquisa. Com isso, procura-se reduzir o número de reprovações de relatórios de pesquisa de rochas e, conseqüentemente, os riscos do empreendimento.

Como justificativa destaca-se o elevado índice de reprovação dos relatórios de pesquisa no DNPM/BA. Foram 235 relatórios reprovados em 2006 na Bahia, representando mais da metade de todos os relatórios não aprovados nesse estado.

Citam-se também como justificativas a má qualidade técnica da pesquisa de rochas, a pouca valorização da pesquisa mineral e do profissional competente, com ênfase para o profissional geólogo.

O método de pesquisa utilizado neste trabalho incluiu a aplicação de um questionário específico junto aos técnicos (14) do DNPM, que acompanham e analisam projetos de pesquisa para rochas ornamentais. Da mesma forma, alguns geólogos consultores, que atuam no setor de rochas, receberam o questionário para que fosse analisada a visão do produtor da indústria de rochas e assim entender, por comparação, os principais motivos das reprovações dos relatórios de pesquisa.

O questionário sobredito foi analisado e criticado pelos co-autores do trabalho (geólogos Danilo Correia e Adiel Macedo Veras) que merecem destaque pela importante participação no seu resultado final.

As questões foram elaboradas visando abranger os elementos básicos para pesquisa de rochas que mais representaram motivo de reprovação de relatórios. Foram elaboradas treze questões com esclarecimentos em cada uma delas, sendo que dez delas apresentavam as seguintes alternativas de respostas:

1. **Desnecessário**: item que poderia ser prescindido.
2. **Recomendável**: deve preferencialmente constar no relatório, mas, a critério do técnico-fiscal, pode formular exigências.
3. **Importante**: cabe exigência na ausência do item no relatório final.
4. **Muito importante**: a critério do técnico-fiscal pode ser formulada exigência ou recomendada a reprovação sumária do relatório final.
5. **Essencial**: a ausência do item cabe reprovação sumária do relatório final.

O questionário aplicado e seus resultados estatísticos encontram-se na íntegra nos anexos deste trabalho.

Salvador, fevereiro de 2008

Paulo Magno da Matta

SUMÁRIO

1. ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS

- 1.1. Introdução
- 1.2. Fisiografia
- 1.3. Infra-estrutura
- 1.4. Geologia regional
- 1.5. Unidades de conservação ambiental

2. METODOLOGIA - TRABALHOS TÉCNICOS REALIZADOS

- 2.1. Reconhecimento local
- 2.2. Levantamento topográfico em campo
- 2.3. Mapeamento geológico/estrutural
- 2.4. Amostragem dos corpos de rocha
 - 2.4.1. Para testes em laboratório (petrografia e testes físicos)
 - 2.4.2. Para testes industriais
 - 2.4.3. Para testes de mercado
- 2.5. Sondagem rotativa a diamante
- 2.6. Geofísica
- 2.7. Caracterização Tecnológica da Rocha (apresentar boletins e laudos)
 - 2.7.1. Índices físicos
 - 2.7.2. Resistência à abrasão (desgaste AMSLER)
 - 2.7.3. Análise petrográfica
 - 2.7.4. Resistência ao impacto
 - 2.7.5. Alterabilidade
 - 2.7.6. Índice de dilatação térmica
 - 2.7.7. Resistência à flexão
 - 2.7.8. Resistência à compressão uniaxial
- 2.8. Testes de beneficiamento

3. CÁLCULO DE RESERVAS

- 3.1. Matacão
- 3.2. Maciço

4. ANÁLISE DE PRÉ-EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA

5. APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

6. CONCLUSÃO

1. ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS

1.1. INTRODUÇÃO

Considerado recomendável pelos técnicos do DNPM/BA (64,3%), neste tópico, o titular deve descrever, resumidamente, os estudos preliminares realizados em escritório indicando a bibliografia utilizada, mapas geológicos, trabalhos acadêmicos, publicações específicas, fotografias aéreas, imagens de satélites, tudo que auxilie na primeira seleção de ambientes geológicos promissores para a implantação do empreendimento.

Os estudos bibliográficos serão necessários para a avaliação de itens importantes da região pretendida, a saber:

1.2. FISIOGRAFIA

Deverão ser registrados comentários sobre a morfologia, vegetação, drenagem e clima onde se encontra a região objetivada.

1.3. INFRA-ESTRUTURA LOCAL

Nesta etapa inicial, deverão ser abordados os aspectos relativos à infra-estrutura básica regional e local disponível, como o acesso local, energia elétrica, comunicação, água, mão de obra, oficinas, proximidade de portos e centros consumidores, etc (MATTA, 2003).

1.4. GEOLOGIA REGIONAL

Deverão ser descritos os principais ambientes geológicos e as suas litologias respectivas, contextualizando a área pesquisada.

1.5. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Nesta etapa inicial será o momento também de analisar a existência de unidades de conservação ambiental na região pretendida, locando-as, se houver, em mapa com escala gráfica adequada no relatório de pesquisa.

Os consultores opinaram para o item estudo bibliográfico com 25% dos votos em desnecessário e 75% recomendável.

2. METODOLOGIA DOS TRABALHOS TÉCNICOS REALIZADOS

O responsável técnico pela pesquisa deve descrever a metodologia e a técnica adotada nas diversas fases da pesquisa mineral, fazendo abordagem detalhada sobre os itens a seguir listados:

2.1. RECONHECIMENTO LOCAL

Item considerado de importante a essencial pelos técnicos do DNPM/BA, com 71,4% dos votos, podendo, portanto, ocorrer reprovação sumária do relatório de pesquisa caso o mesmo não seja contemplado nos serviços exploratórios e no corpo do relatório final.

Trata-se da constatação em campo das informações obtidas em escritório. Serão observadas *in loco* a fisiografia, ocupação do solo, infra-estruturas da região como a qualidade dos acessos e disponibilidade de energia elétrica, a sensibilidade ambiental da área (existência de APPs - Áreas de Proteção Permanente), realização de programas de amostragens em **toda** a poligonal requerida, além de avaliar preliminarmente os afloramentos encontrados. O objetivo desta etapa é promover a seleção dos alvos potenciais para a pesquisa de detalhe. Nesta fase deverão ser coletados dados para a elaboração de um mapa geológico de semidetalhe de toda a poligonal titulada nas escalas entre 1:10.000 e 1:20.000.

Os consultores consideraram este item apenas como recomendável a importante.

2.2. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DE DETALHE EM CAMPO

Este item foi classificado pelo corpo técnico do 7.º Distrito do DNPM (BA) como muito importante a essencial, sendo assim, a sua falta pode indicar de reprovação do relatório de pesquisa.

Recomenda-se o levantamento topográfico planialtimétrico na escala de 1:2.000 ou maior, caso sugira a dimensão dos afloramentos (se o afloramento for pequeno a escala

deverá ficar entre 1:500 a 1:1.000 ou ainda maior), com espaçamento entre as curvas de nível de 1 a 2 metros. A topografia de detalhe será importante para o levantamento geológico de detalhe, para a cubagem da jazida, e no futuro, para o desenvolvimento e planejamento da lavra. Os mapas devem ter dimensões e elementos compatíveis com a escala, no mínimo, em padrão A3.

2.3. MAPEAMENTO GEOLÓGICO/ESTRUTURAL DE DETALHE

Considerado importante e essencial pelo DNPM/BA, pode também causar reprovação do relatório final se o item não for bem elaborado na pesquisa. Dentre os consultores técnicos 60% apontaram este item como apenas recomendável.

O mapeamento geológico de detalhe deve acompanhar o levantamento topográfico, identificando e avaliando as feições geológicas dos alvos selecionados, que irão determinar as características estéticas e decorativas do material, além de subsidiar na definição do método de lavra e da técnica de desmonte (CHIODI, 1995). Da mesma forma, o mapeamento geológico define os defeitos do corpo rochoso em campo, usando-se a mesma escala do levantamento topográfico. As principais feições litológicas e estruturais devem ser representadas no mapa de detalhe.

Essas providências podem orientar um futuro método de lavra minimizando impactos ambientais com o aumento da recuperação da lavra mediante uma produção mais limpa e reduzindo custos de extração (MATTA, 2003). No estudo dos corpos rochosos, deve-se efetuar amostragem sistemática para testes e ensaios com o objetivo de identificar as propriedades específicas e as qualidades dos maciços e das rochas, a saber:

- Características da rocha:
 - Composição
 - Variações de cor
 - Tamanho dos grãos
 - Textura
 - Homogeneidade
 - Variação de fácies
 - Presença de descontinuidades, xenólitos

- Oxidações
- Outras alterações

Além da observação dos pontos acima, o responsável técnico pela pesquisa mineral deverá identificar os fatores condicionantes para a abertura de uma futura lavra, a saber:

- Morfologia (inclinações do corpo)
- Grau de fraturamento, diques, veios
- Tamanho do afloramento;
- Espessura da cobertura;
- Relevo topográfico (acidentado ou pouco acidentado);
- Condições de acesso e,
- Infra-estrutura disponível

2.4. AMOSTRAGEM DOS CORPOS DE ROCHA

Consideram-se três tipos de amostragem:

2.4.1. Fogo de pólvora negra – voltada para observação da sanidade superficial e do aspecto estético da rocha;

2.4.2. Sistematizada para ensaios e testes laboratoriais – consiste na retirada de bloquetes de 30X30X30 cm;

2.4.3. Extração de blocos de dimensões comerciais para testes mercadológicos e industriais em teares (recomendado pelos técnicos do DNPM, podendo neste caso utilizar Guia de Utilização).

2.5. SONDAGENS ROTATIVAS

A sondagem, classificada como “recomendável a importante” pela maioria dos técnicos do DNPM/BA, pode ser adotada como elemento complementar aos trabalhos de pesquisa, objetivando a coleta de informações sobre grau de sanidade do corpo rochoso em profundidade, avaliando a cor do material, o grau de alteração, a presença de vesículas de dissolução, "cavernas", etc.

Ainda a sondagem deverá ser utilizada no dimensionamento da jazida, principalmente se o depósito for um **lajedo plano** que exige o parâmetro da profundidade para uma avaliação tridimensional na determinação do volume rochoso. Esta situação foi considerada como essencial por 36% do corpo técnico do 7º do DNPM o que poderá redundar em reprovação do relatório a sua falta. Recomenda-se, portanto, por segurança, a realização de furos de sondagens pelo menos em locais onde se deseja cubar a reserva medida do afloramento. O diâmetro do furo recomendado foi o BX (42 mm), com base na tabela proposta pela ABGE – 1981.

2.6. GEOFÍSICA

A geofísica foi apenas recomendada pelos técnicos entrevistados, se constituindo, portanto, em um elemento **prescindível** para a pesquisa de rochas. Entretanto, alguns métodos geofísicos podem complementar e enriquecer a pesquisa sendo úteis na análise econômica do depósito rochoso, a saber: sísmico – na avaliação de sistemas de juntas; gravimétrico – na observação de estruturas cársticas; magnetométrico – na determinação de diques ou *sills* de rochas máficas; elétrico – identifica a presença de água e serve de guia para identificação de fraturas e zonas de dissolução. Eles são importantes, também, no estudo de rochas carbonáticas para atender à legislação ambiental na detecção de grutas e cavernas.

2.7. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA ROCHA

Muito embora a maioria dos compradores de blocos de rochas ornamentais não tenha como norma a exigência de ensaios tecnológicos como condicionante imprescindível para a compra de blocos, sabe-se que esses testes são fundamentais para aplicação final da rocha ornamental (CARUSO, 1996). Dessa forma, o corpo técnico do DNPM/BA recomenda a realização dos ensaios a seguir listados em ordem decrescente de importância:

2.7.1. ÍNDICES FÍSICOS

Determinam a densidade, porosidade e absorção d'água. Elevada densidade indica alta resistência mecânica; ao contrário, a alta porosidade aponta baixa resistência e a elevada

absorção d'água indica baixa durabilidade do material, além de favorecer o surgimento de manchas sob a aplicação de fluidos (MATTA, 2000; HOLANDA VIDAL, 1999).

2.7.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO (DESGASTE AMSLER)

A exemplo do teste acima, este foi eleito por todos os técnicos do DNPM/BA como ensaio recomendável. A baixa resistência a abrasão não aconselha o uso de materiais em áreas de tráfego intenso, como pisos e degraus (BENITO SORIA, 1995). Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

2.7.3. ANÁLISE PETROGRÁFICA

Visa a determinação da composição mineralógica, textura, estado de alteração da rocha, identificando ainda o estado microfissural e a presença de minerais deletérios, bem como a classificação da rocha, segundo a nomenclatura científica. Havendo variação faciológica da rocha, é aconselhável que sejam feitas análises petrográficas compatíveis com a diversidade encontrada.

2.7.4. RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Fornece o índice de resistência do material pétreo ao impacto. Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

2.7.5. ALTERABILIDADE

Avalia a resistência da rocha à alteração de seu aspecto estético (manchas, redução do brilho, mudança de cor, etc.) perante efluentes diversos (limão, ácido clorídrico, detergente, etc.).

2.7.6. ÍNDICE DE DILATAÇÃO TÉRMICA

Avalia os índices de variação do volume da rocha de acordo com as mudanças de temperaturas do ambiente. Correspondem às características intrínsecas dos materiais.

2.7.7. RESISTÊNCIA À FLEXÃO

É resultante das ações simultâneas de compressão e tração de um corpo rochoso. Esse índice é útil para a análise do material quando é aplicado pelo sistema americano de fixação de placas, onde as placas permanecem afastadas do suporte (estruturas ou paredes) ancoradas por dispositivos metálicos.

2.7.8. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL

Ensaio utilizado para determinação da resistência do material ao esforço mecânico compressivo, identificando o valor máximo de tensão que o material suporta antes da ruptura. É importante quando a rocha for utilizada em colunas e pilares.

Outros teste e ensaios poderão ser recomendados a depender de cada situação, como também podem ser executados por opção de quem realiza a pesquisa.

2.8. TESTE DE BENEFICIAMENTO

Para a realização dos primeiros testes na indústria de transformação recomenda-se o desdobramento em blocos do material pesquisado, para que sejam obtidas informações quanto à resistência ao corte, polimento, além de propiciar observações relativas ao padrão estético da rocha (cor, manchas, fechamento), à relação de aproveitamento (m^2/m^3) e subsidiar os testes de mercado. Esse teste também analisa o comportamento do conjunto rochas e máquinas durante o processo de serragem e polimento. Porém, eles dependem de uma "lavra experimental", devendo, portanto, ser requerida junto ao DNPM uma "Guia de Utilização".

Nota: Os resultados obtidos nas diversas fases da pesquisa devem ser pormenorizadamente descritos, identificando os principais pontos positivos que venham contribuir na análise da viabilidade econômica do empreendimento.

3. CÁLCULO DE RESERVAS

Na aplicação dos métodos convencionais de cálculo de reservas são usadas técnicas que podem variar conforme a experiência profissional do geólogo ou engenheiro de minas.

Mas, de acordo com as opções dos técnicos do DNPM/BA, reveladas pela pesquisa, foi julgado como muito importante a essencial a realização dos cálculos de reservas, tomando como base o levantamento topográfico de detalhe com planialtimetria, na escala mínima de 1:2.000, acompanhado da utilização dos métodos das seções transversais para quantificar o volume rochoso encontrado. As curvas de níveis poderão ser desenhadas de metro em metro ou de 2 em 2 metros. Para a maior parte das ocorrências, como no caso dos maciços rochosos de topografia acidentada, a não utilização desses métodos poderá comprometer a aprovação do relatório de pesquisa, segundo as exigências dos técnicos acima mencionados.

É importante lembrar, no entanto, que essa quantificação apontará apenas a reserva geológica do corpo objetivado, incluindo aí o material que será descartado como rejeito na execução da lavra. A cubagem da reserva medida poderá envolver outros itens da pesquisa, como a geologia de detalhe, a avaliação complementar da rocha por sondagens, a experiência com a exploração de jazidas do mesmo ambiente geológico ou mesmo, a abertura de uma frente de lavra piloto por intermédio de guia de utilização. Esses itens poderão subsidiar o dimensionamento da reserva medida, considerando o percentual de recuperação, com erro máximo de 20%, conforme preceitua o Código de Mineração.

Na apresentação do relatório de pesquisa, o cálculo de cubagem desses corpos rochosos pode ser apresentado sob a forma manual, com tabelas e perfis ou sob a forma computadorizada, com o auxílio de softwares especializados, tendo-se o cuidado de verificar a compatibilidade das medidas com o sistema internacional de unidades adotado no Brasil.

Entretanto, no cálculo de reserva pode ser levado em consideração o tipo de ocorrência do corpo rochoso. Para definição da metodologia de cálculo a ser adotada, sugere-se a tipologia a seguir:

3.1. MATAÇÃO

A pesquisa não contemplou especificamente ocorrências tipo matacão, contudo, para este caso algumas sugestões podem ser consideradas, como por exemplo, a identificação

e numeração dos matacões de interesse econômico, com amarração topográfica dos alvos ou das zonas de matacões em campo, com uso de GPS (Datum SAD69).

No cálculo de reservas de matacão de pequenas dimensões (até aproximadamente 100m^3) pode-se adotar a fórmula do sólido geométrico que melhor se aproxima ao perfil do matacão. Para corpos maiores sugere-se a adoção de levantamento topográfico com planialtimetria e a utilização de seções transversais na cubagem.

Para a definição de cada dimensão, em matacões disformes, deve ser adotado o critério de três medidas, considerando como resultado final a média entre as medidas.

Sugere-se, ademais, a realização do “desancho” (partição) de, pelo menos, dois matacões por zona para que sejam avaliadas as suas características internas geológicas e estruturais, complementando a cubagem e a própria pesquisa (MATTA, 2003).

3.2. MACIÇO

Para maciços rochosos, deve ser avaliado se existe elevação topográfica ou se o corpo aflorante se encontra no plano, ao nível do solo, já que dessa forma a metodologia de cubagem pode variar. Se o afloramento for plano não se poderá considerar a cota referência para o cálculo de reserva. Neste caso, a execução de sondagem se torna obrigatória para se obter o parâmetro “profundidade” e delimitar o corpo objetivado por três dimensões.

Para o cálculo do volume do maciço de interesse deve-se observar se existe cobertura de solo. Caso **haja capeamento** deve-se avaliar a sua espessura por sondagens a trado, poços ou trincheiras. Este detalhe foi considerado muito importante pela maioria dos técnicos do DNPM/BA e a sua falta poderá comprometer a aprovação do relatório.

Ao se dimensionar o volume da ocorrência de interesse é importante considerar somente o local imediatamente lavrável da jazida ou a *área de influência* da lavra piloto como reserva medida. Essa *área de influência* deverá ser aquela que sugere características litológicas e estruturais semelhantes às das amostras obtidas por sondagens ou frente lavra aberta de forma que garanta a produção de um padrão litológico representativo. Sendo assim, basicamente deve-se adotar como reserva medida a área do corpo que

mais foi pesquisada ou onde a pesquisa mais se concentrou (MATTA, 2000). Assim, a jazida terá melhor condição de ser bem dimensionada reduzindo-se os erros dos dados geológicos-estruturais gerados no bloqueio da reserva medida (figura 1). Afinal, quanto maior for a reserva cubada menor precisão terão os dados relatados sobre as características internas geológicas da rocha.

A sondagem de maciços topograficamente acidentados é apenas recomendável pela maioria dos técnicos do DNPM/BA, mas, a sua execução irá contribuir bastante para o bloqueio da reserva medida, pois, corresponderá a um dado essencial de subsuperfície da rocha, além de limitar a cubagem da reserva para a área de influência do furo. Os testemunhos das sondagens devem ser guardados para comprovação das informações e elaboração dos perfis geológicos na complementação do relatório de pesquisa.

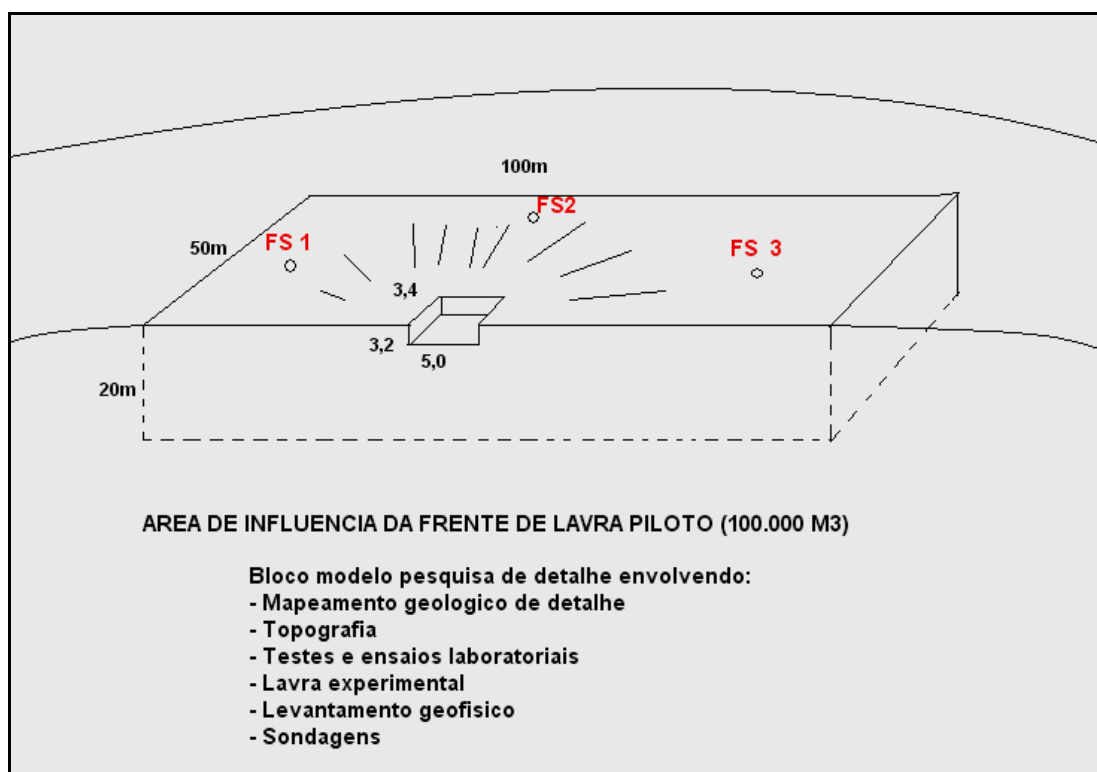


Figura 1: Bloqueio de reserva medida pela *área de influência* da lavra piloto e da pesquisa concentrada. **FS1, FS2 e FS3:** furos de sonda.

A recuperação da lavra estimada ou mesmo, aquela avaliada por abertura de uma frente experimental (Guia de Utilização) deverá ser considerada na conclusão da reserva medida. Evidentemente o conceito de recuperação de lavra é dinâmico, pois, ela está condicionada à qualidade da pesquisa geológica, à tecnologia da lavra a ser implantada, ao tempo de operação da lavra existente e, ao próprio mercado – quanto melhor o mercado para um tipo de material maior a recuperação ocorrerá (MATTA, 2003). Sendo assim, aconselha-se substituir o volume da reserva dita “lavrável” pelo volume de reserva medida, sem deixar de registrar no relatório o volume total e o percentual recuperável. Salienta-se, entretanto, que apenas a reserva medida será considerada para aprovação, pois o termo “reserva lavrável” não consta no Código de Mineração.

Em todos os casos acima, o relatório final deverá conter todas as planilhas usadas no cálculo de reservas, contendo os dados colhidos em campo.

4. ANÁLISE DA PRÉ-EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DA LAVRA - ANÁLISE DE MERCADO

Para efeito de avaliação da viabilidade econômica financeira do empreendimento, devem ser observadas a capacidade de produção da “pedreira” e a capacidade de absorção do mercado, avaliando-se inclusive a existência de outros materiais similares no mercado.

A análise de mercado envolve a formação do preço do material, se for material de lançamento. Para a análise de pré-exequibilidade econômica deve-se conhecer o preço da rocha, considerando as despesas e o custo médio por metro cúbico produzido e um cronograma adequado para o cálculo desse item. Quanto mais adiantada for a lavra e quanto maior for a sua produção, mais diluído será o custo do bloco produzido.

Todos os aspectos estudados para avaliação da pré-viabilidade econômica da lavra serão utilizados como fundamentos que irão atestar a viabilidade do empreendimento, podendo estimar a taxa de retorno, capacidade de pagamento e "pay back" do projeto.

5. APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

Será preciso indicar o processo mineral junto ao DNPM, localizar a área e identificar o interessado. O relatório deverá contemplar o novo memorial descritivo caso seja necessário reduzir a área para os limites da jazida.

Todas as informações da área e os resultados obtidos deverão ser condensados e interpretados, de preferência com o subsídio de programas de computador, considerando a repercussão desses no sucesso ou insucesso do empreendimento, registrando inclusive quais as possíveis saídas para correção dos pontos prejudiciais e de estrangulamentos, que visam a garantia da futura implantação do empreendimento, enfocando dados como reservas e os seus cálculos, concorrência comercial, material similar no mercado, uso da tecnologia em benefício do racional aproveitamento mineral e da conseqüente preservação ambiental.

6. CONCLUSÃO

A divergência de opiniões entre os técnicos do DNPM/BA e os consultores e empreendedores, constatada nos resultados do questionário aplicado, como nos casos das etapas de reconhecimento preliminar de campo, do mapeamento geológico de detalhe e dos métodos de cubagens utilizados, podem explicar o grande número de relatórios de pesquisa não aprovados em 2006.

Contudo, pode-se adotar o caminho mais curto para a aprovação do relatório de pesquisa de rochas ornamentais no estado da Bahia e conseqüentemente reduzir os riscos na fase de abertura da lavra bastando para isso que o consultor técnico ou geólogo pesquisador siga as tendências de opiniões dos técnicos do DNPM/BA disponibilizadas neste documento, observando ainda os elementos considerados muito importantes e essenciais, cuja falta pode comprometer a aprovação do relatório. Esses elementos principais, destacados pelo corpo técnico do DNPM/BA, se encontram resumidamente discriminados nos itens abaixo:

1. Relato do reconhecimento preliminar de campo, considerando a fisiografia, ocupação do solo, infra-estrutura da região, sensibilidade ambiental, qualidade dos acessos e dos afloramentos, etc.
2. Levantamento topográfico de detalhe com planialtimetria (escala mínima de 1:2.000) e curvas de níveis adequadas (metro a metro) dos alvos selecionados;
3. Mapeamento geológico de detalhe do alvo ou alvos objetivados, na mesma escala do mapa topográfico, com representação, em mapa, das principais feições geológicas constatadas no campo;
4. Sondagens rotativas ou avaliação de sub-superfície para o caso de maciço tipo lajedo plano, visando a obtenção do parâmetro “profundidade”;
5. Avaliação da espessura do capeamento através de escavações por poços, trincheiras ou sondagens a trado, visando a execução da cubagem do corpo;
6. A adoção do método das seções transversais, para o caso de maciços de topografia acidentada.

Esses seis itens são básicos e essenciais. Foram os mais votados dentro de um questionário que procurou contemplar as maiores causas de reprovações de relatórios de pesquisa na Bahia. No entanto, a pesquisa de rochas não deve fundamentar-se apenas neles. Ela deve contemplar, de acordo com cada caso, outros fatores que atendam inclusive o que estabelece a legislação minerária, visando, em todos os aspectos, cumprir o erro máximo de 20% no cálculo da reserva medida, determinado pelo artigo 26 do Regulamento do Código de Mineração.

REFERÊNCIAS

- **Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais** – ABIROCHAS e Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil, ABIROCHAS/CETEM, Rio de Janeiro - 2002.
- **Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais** – ABIROCHAS: www.abirochas.com.br, consulta Internet em agosto – 2006.
- **Associação Brasileira De Geologia De Engenharia** – ABGE, *Diretrizes para Execução de Sondagens*. Boletim 03, Rio de Janeiro / RJ – 1981.
- **BENITO SORIA**, Ana, y otros. *Manual de Rocas Ornamentales - Prospección, Explotación, Elaboración y Colocación*. Instituto Tecnológico Geominero De La **Espanã** (ITGE). Entorno Gráfico, S.L. Madrid/1995.
- **CARUSO**, Luiz Geraldo. *Pedras Naturais - Extração, Beneficiamento e Aplicação*. São Paulo, 1996.
- **Departamento Nacional De Produção Mineral**. Sumário Mineral 2006 e 2007. Brasília, D.F., 2007.
- **FILHO**, Cid Chiod. *Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais*. CNPq/CETEM. Rio de Janeiro, 1995.
- **HOLANDA VIDAL**, F. W., et al. **Centro de Tecnologia Mineral – CETEM (MCT)**. *Avaliação de Rochas Ornamentais do Ceará Através de Suas Características Tecnológicas*. Rio de Janeiro, 1999.
- **MATTA**, Paulo M., *Prospecção e Pesquisa de Rochas Ornamentais*. XXXI Congresso Internacional de Geologia, Rio de Janeiro/RJ, 2000.
- **MATTA**, Paulo M., *Indústria de Rochas Ornamentais: Rejeito X Produção Limpa*. IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Fortaleza – CE, 2003.

ANEXOS

QUESTIONÁRIO

Questionário para identificar o roteiro básico da pesquisa de rochas ornamentais, descrita no relatório final.

Seleção de áreas potenciais e alvos.

a) Indicação no relatório da bibliografia utilizada na pesquisa para avaliação preliminar da área pesquisada através de: trabalhos acadêmicos, publicações específicas, mapas geológicos, imagens de satélites e fotos aéreas;

- ☐ desnecessário
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

b) Reconhecimento preliminar de campo para compreensão da fisiografia, ocupação do solo, infraestrutura da região, sensibilidade ambiental (áreas de conservação ambiental) e avaliação dos tipos de afloramentos;

- ☐ desnecessário
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

c) Descrição da amostragem regional através de coletas sistematizadas de rochas abrangendo toda a poligonal autorizada para avaliação geológica da área;

- ☐ desnecessário
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

d) Descrição do mapeamento geológico de detalhe, envolvendo os afloramentos selecionados, com análises de suas formas e principais estruturas (sistema de fraturamento, lineamentos, veios, enclaves, alterações de cor, etc.) acompanhadas de coleta de amostras representativas para testes laboratoriais;

- ☐ desnecessário

- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.: _____

e) Em campo, levantamento topográfico de detalhe, planialtimétrico, com curvas de níveis adequadas:

- ☐ desnecessário – aceita-se o levantamento planimétrico com determinação do norte verdadeiro e delimitação da poligonal autorizada
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.: _____

f) Selecione as faixas de escala mais recomendáveis para topografia planialtimétrica de detalhe (a escolha pode abranger mais de uma faixa):

- ☐ escala 1: 500 a 1: 2.000 com curvas de nível de 1 a 5metro;
- ☐ de 1:500 a 1:5.000 com curvas de nível de 1m a 5m
- ☐ de 1: 1.000 a 1:10.000 com curvas de nível de 1 a 10m
- ☐ de 1:5.000 a 1:20.000 com curvas de nível de 5 a 20m
- ☐ escala acima de 1:5.000 com curvas de nível adequadas

Obs.: _____

g) testes e ensaios laboratoriais mais importantes. Salienta-se que todo projeto de pesquisa deve prever a compatibilização das características das pedras com as solicitações previsíveis (oscilações de temperatura, pressões de vento, umidade, ações de impacto, abrasividade, etc.) no momento da aplicação e assim garantir durabilidade na construção civil. Assinale os mais importantes para a avaliação de uma reserva de rochas ornamentais. Os “não assinalados” serão considerados como prescindíveis.

☐ Petrografia – permite identificar os principais minerais, os minerais deletérios, seus graus de alteração, sua granulação, textura, e microfissuras. A petrografia analisa as características intrínsecas das rochas.

☐ índices físicos (densidade, porosidade e absorção) – a alta densidade indica alta resistência mecânica; ao contrário, alta porosidade aponta para uma baixa resistência e a alta absorção d’água indica baixa durabilidade do material, além de favorecer o surgimento de manchas quando aplicado, após a ocorrência de derramamento de efluentes diversos. Correspondem às características intrínsecas dos materiais.

☐ índice de dilatação térmica – avalia os índices de variação do volume da rocha de acordo com as mudanças de temperaturas do ambiente. Correspondem às características intrínsecas dos materiais.

() resistência a abrasão (desgaste amsler) – a baixa resistência a abrasão não aconselha o uso de materiais em áreas de tráfego intenso, como pisos e degraus. Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

() resistência ao impacto - Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

() resistência à flexão – é resultante das ações simultâneas de compressão e flexão de um corpo rochoso. Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

() resistência a compressão uniaxial – a rocha estará nestas condições quando for aplicada em colunas e pilares, por exemplo. Correspondem às características que antecipam o comportamento da rocha em serviço.

() ensaio de congelamento e degelo conjugado com compressão uniaxial – congelamento e degelo são fenômenos comuns em países do hemisfério norte que influenciam no comportamento da rocha. São necessários geralmente 25 ciclos para avaliação mais segura, demandando mais de um mês para a realização do ensaio.

() Alterabilidade – avalia a resistência da rocha à alteração de seu aspecto estético (manchas, redução do brilho, mudança de cor, etc.) perante efluentes diversos (limão, ácido clorídrico, detergente, etc.). Revela o comportamento da rocha em serviço.

() micro-dureza knoop - em geral, avalia a resistência da rocha a riscos por objetos pontiagudos. É medida pela resistência do material pétreo a ser penetrado por uma ponta de diamante de forma piramidal.

() resistência ao SO₂ – Demonstra o índice de resistência do material ao óxido de enxofre, para avaliar o comportamento das rochas perante as intempéries dos ambientes urbanos e industriais contaminados.

() velocidade de propagação de ondas – a velocidade da propagação de ondas será influenciada pela maior ou menor isotropia do material, pelas suas estruturas, pelo grau de alteração, pelo índice de porosidade e presença ou não de água em seus poros. Esse ensaio serve para revelar índice de qualidade do material.

() Módulo de deformabilidade estática – este ensaio revela o índice de deformação dos materiais quando submetidos a altas esforços compressivos estáticos (colunas e pilares, p.ex.). Valores elevados desse índice sugerem baixa porosidade, alta resistência mecânica e baixo grau de alteração. Portanto, este ensaio serve para revelar índice de qualidade do material.

() teste de beneficiamento – analisa o comportamento do conjunto: rochas e máquinas durante o processo de serragem e polimento.

h) descrição no relatório dos estudos de geofísica executados no campo, registrando o método utilizado (sísmico para avaliar os sistemas de juntas, gravimétrico para observar as estruturas cársticas, magnetométrico determinar a presença de diques de rochas máficas e elétrico, para analisar a presença da água que indica fraturas) para melhor definir a rocha objetivada, no que diz respeito à sua forma, o seu estado natural e sua integridade física.

- () desnecessário
- () recomendável
- () importante
- () muito importante
- () essencial

Obs.:

i) sondagem utilizada na pesquisa mineral para estudos de subsuperfície da rocha e determinação da espessura do corpo para cubagem – este serviço complementa as informações obtidas por outros métodos de pesquisa e poderá permitir uma análise tridimensional da área.

- ☐ desnecessária
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

j) caso a sondagem seja, pelo menos, recomendável, assinale o diâmetro de sondagem mais eficaz, considerando o custo/benefício do serviço (tabela abaixo e acordo com a ABGE – 1981):

- ☐ EX – furo de 38mm e testemunho de 21mm
- ☐ AX – furo de 48mm e testemunho de 30mm
- ☐ BX – furo de 60mm e testemunho de 42mm
- ☐ NX – furo de 76mm e testemunho de 55mm
- ☐ HX – furo de 100mm e testemunho de 76mm

k) Avaliação da espessura do capeamento através de serviços de escavação como abertura de poços, trincheiras ou sondagens a trado - objetiva verificar os limites do corpo para efeito de cubagem de reservas.

- ☐ desnecessário
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

l) Utilização do método das seções transversais para realizar a cubagem de um corpo rochoso tipo maciço ou lajedão.

- ☐ desnecessário – pode-se utilizar trena ou corda métrica para dimensionar manualmente os corpos selecionados
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

m) registro no relatório da utilização de programas de computadores específicos para o dimensionamento do corpo rochoso durante a cubagem.

- ☐ desnecessário
- ☐ recomendável
- ☐ importante
- ☐ muito importante
- ☐ essencial

Obs.:

6. RESULTADOS DA PESQUISA

Questões	Resultados	
	14 Técnicos DNPM	5 consultores
a) Indicação da Bibliografia utilizada	D – R – 64,30% I – 21,43% M – 7,14% E – 7,14%	D – 25% R – 75% I – M – E –
b) Reconhecimento preliminar de campo, ocupação do solo, infra-estrutura, etc.	D – R – 28,57% I – 21,42% M – 28,57% E – 21,42%	D – R – 50% I – 50% M – E –
c) Amostragem regional sistematizada	D – 14,28% R – 21,43% I – 21,43% M – 28,42% E – 14,28%	D – 25% R – 25% I – 25% M – 25% E –
d) mapeamento geológico de detalhe dos afloramentos, estruturas geológicas	D – R – I – 21,42% M – 42,86% E – 35,71%	D – 40% R – 20% I – M – E – 40%
e) levantamento topográfico de detalhe com planialtimetria	D – 7,14% R – I – 21,42% M – 7,14% E – 64,28%	D – 25% R – I – 25% M – 25% E – 25%
f) escala mínima p/ topografia de detalhe adequada	1:2000 - 31,25% 1:5000 - 50% 1:10000 - 18,75% 1:20000 - acima 1:5000	1:2000 - 1:5000 - 50% 1:10000 – 50% 1:20000 - acima 1:5000 -
g) Testes e ensaios laboratoriais	Na folha seguinte	
h) estudos geofísicos	D – 21,42% R – 57,14% I – 14,28% M – E – 7,14%	D – 50% R – 50% I – M – E –
i) sondagem para estudos de subsuperfície da rocha	D – R – 30,77% I – 30,77% M – 15,38% E – 23,77%	D – 25% R – 25% I – 50% M – E –
j) diâmetros da sondagem	EX – 16,66% AX – 25% BX – 50% NX - HX – 8,33%	EX – 16,66% AX – 16,66% BX – 66,66% NX – HX –
k) avaliação da espessura do capeamento	D – R – I – 30,76% M – 15,38% E – 53,84%	D – 50% R – 50% I – M – E –
l) utilização do método das seções transversais p/ cubagem	D – R – 15,38% I – 15,38% M – 30,77% E – 38,46 %	D – 25% R – 50% I – M – E – 25%
m) programas de computadores p/ cubagem	D – R – 61,64% I – 15,38% M – 7,69% E – 15,38	D – 25% R – I – 25% M – E – 50%

Sendo: D – desnecessário; R – recomendável; I – importante; M – muito importante; E – essencial
EX, AX, BX, NX, HX – diâmetros de sondagem.

Questão “G” – Votação efetuada pelos técnicos do DNPM/BA

TESTES LABORATORIAIS E DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	
Tipos de ensaios	Quantidade de votos
Petrografia	13
Índices físicos	14
Índice de dilatação térmica	9
Resistência à abrasão	14
Resistência ao impacto	12
Resistência à flexão	10
Resistência à compressão uniaxial	10
Congela/ e degelo c/ compressão axial	4
Alterabilidade	12
Micro-dureza Knoop	3
Resistência ao SO ₂	5
Velocidade de propagação de ondas	3
Módulo de deformabilidade estática	9
Testes de beneficiamento	13

TESTES LABORATORIAIS E DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	
Tipos de ensaios	% de votação por ordem decrescente
Índices físicos	14 (100%)
Resistência à abrasão	14 (100%)
Petrografia	13 (92,85%)
Testes de beneficiamento	13 (92,85%)
Resistência ao impacto	12 (85,71%)
Alterabilidade	12 (85,71%)
Índice de dilatação térmica	10 (71,42%)
Resistência à flexão	10 (71,42%)
Resistência à compressão uniaxial	9 (64,85%)
Módulo de deformabilidade estática	9 (64,85%)
Resistência ao SO ₂	5 (35,71%)
Congela/ e degelo c/ compressão axial	4 (28,57%)
Micro-dureza knoop	3 (21,43%)
Velocidade de propagação de ondas	3 (21,43%)

Nota: Não foram tabeladas as opções dos consultores autônomos. Mas, pode-se afirmar que os principais ensaios votados foram: petrografia, índices físicos, resistência à abrasão, resistência à flexão e resistência à compressão uniaxial.

Alguns quesitos do questionário receberam mais de uma marcação por certos técnicos, havendo também, um ou outro técnico, que não respondeu a determinadas questões.