

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NO PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ROCHAS ORNAMENTAIS

Renato Mastrella¹, Renata Stellin¹, Antonio Stellin Jr.¹ e Giorgio F. C. de Tomi¹

¹Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, Av. Prof. Mello Moraes, 2373 – Cidade Universitária - 05508-900 – São Paulo - SP
Fone: (11) 3818-5786 r. 26 - Fax: (11) 3818-5721 - E_mail: gdtomi@usp.br

RESUMO

O Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra (LAPOL), pertencente ao Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo está desenvolvendo técnicas de planejamento para o aproveitamento de rochas ornamentais desde as atividades de extração, beneficiamento e aplicação na arquitetura e engenharia civil.

Este trabalho apresenta detalhes do avanço dessas linhas de pesquisa no laboratório (LAPOL) e discute a utilização de ferramentas informatizadas especializadas em modelagem geológica e planejamento de lavra, para estabelecer critérios para um melhor planejamento da extração e aproveitamento de blocos para a indústria das rochas ornamentais. Essas linhas de pesquisa deverão possibilitar aprimoramento na recuperação das pedreiras e conseqüentemente dos blocos já extraídos.

INTRODUÇÃO

As técnicas de planejamento para o aproveitamento de rochas ornamentais estão sendo desenvolvidas em 2 linhas de pesquisa em laboratório. A primeira é relativa ao planejamento da lavra a curto, médio e longo prazo. Normalmente se observa que o planejamento de lavra é feito a 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 a obtenção de determinados efeitos estéticos e aumentar a recuperação na lavra dos blocos.

Uma segunda linha de pesquisa está relacionado ao aproveitamento de rochas ornamentais em que leva em conta o planejamento da serragem e do corte das rochas ornamentais para obtenção das características estéticas desejadas. Para isso os blocos vindos das frentes de lavra são estudados levando em conta sua estrutura, textura e cor de modo a realizar a serragem das chapas, acabamento superficial e seus respectivos cortes posteriores para obtenção do efeito estético desejado.

PLANEJAMENTO DE LAVRA PARA ROCHAS ORNAMENTAIS

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, seja regional, local 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 sub-paralelamente a 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 a extração dos blocos em condições de comercialização, técnicas de investigações de sub superfície aliadas à um mapeamento geológico estrutural em detalhes torna-se primordial para o sucesso do empreendimento. A mais recente técnica de investigação de subsuperfície para maciços rochosos tem sido o GPR, 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. Para ilustrar esse procedimento, foi desenvolvido um exemplo de aplicação em uma área de extração de rochas ornamentais no Brasil.

O exemplo foi dividido em quatro cenários, onde foram analisadas as influências das feições geológicas na recuperação de um maciço rochoso. Para cada cenário foram gerados modelos de blocos com as seguintes dimensões:

- 1) $3,00 \times 1,70 \times 1,70 \text{ m} = 9,18 \text{ m}^3$
- 2) $2,50 \times 1,70 \times 1,60 \text{ m} = 6,80 \text{ m}^3$
- 3) $2,00 \times 1,40 \times 1,30 \text{ m} = 3,65 \text{ m}^3$
- 4) $1,80 \times 1,20 \times 1,20 \text{ m} = 2,59 \text{ m}^3$

Neste exemplo, as fraturas foram consideradas com mergulho de 90° . O modelo topográfico inicial está apresentado na Figura 1 a seguir.

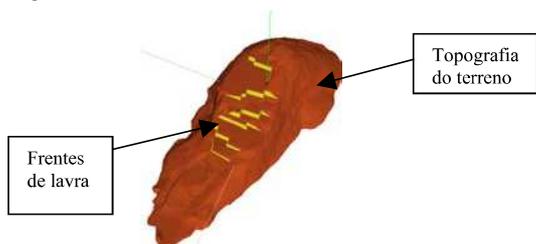


Figura 1: Modelo topográfico da área em estudo

Cenário 1: Corpo sem fratura

Este cenário foi feito para servir de parâmetro comparativo para os demais casos, onde foram simuladas famílias de fraturas. A recuperação teórica considerada neste cenário foi de 100%.

Cenário 2: Corpo com uma família de fraturas

Utilizando software de mineração, foi gerado um modelo de blocos com as dimensões descritas acima. A lógica do programa permite definir um espaço tridimensional, que deve ser preenchido por blocos de acordo com uma disposição pré-arranjada (conhecida como "protótipo de modelo"). Todos os blocos que atendem a dimensão especificada são alocados automaticamente naquele espaço. A recuperação teórica é calculada então como uma porcentagem do volume total disponível em relação ao volume preenchido pelos blocos de um determinado conjunto de dimensões.

Os resultados obtidos para o cenário 1 são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Recuperação Teórica para Cenário 2

Dimensão dos Blocos	Recuperação Teórica (%)
$3,00 \times 1,70 \times 1,70 \text{ m} = 9,18 \text{ m}^3$	99,14
$2,50 \times 1,70 \times 1,60 \text{ m} = 6,80 \text{ m}^3$	99,17
$2,00 \times 1,40 \times 1,30 \text{ m} = 3,65 \text{ m}^3$	99,30
$1,80 \times 1,20 \times 1,20 \text{ m} = 2,59 \text{ m}^3$	99,41

Cenário 3: Corpo com duas famílias de fraturas (três ocorrências de fraturas)

Foi gerado um modelo de blocos com as dimensões descritas acima. Os resultados obtidos estão na Tabela 2.

Tabela 2: Recuperação Teórica para Cenário 3

Dimensão dos Blocos	Recuperação Teórica (%)
$3,00 \times 1,70 \times 1,70 \text{ m} = 9,18 \text{ m}^3$	97,29
$2,50 \times 1,70 \times 1,60 \text{ m} = 6,80 \text{ m}^3$	97,59
$2,00 \times 1,40 \times 1,30 \text{ m} = 3,65 \text{ m}^3$	98,04
$1,80 \times 1,20 \times 1,20 \text{ m} = 2,59 \text{ m}^3$	98,27

Cenário 4: Corpo com duas famílias de fraturas (quatro ocorrências de fraturas)

Foi gerado um modelo de blocos com as dimensões descritas acima. Os resultados obtidos estão na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Recuperação Teórica para Cenário 4

Dimensão dos Blocos	Recuperação Teórica (%)
$3,00 \times 1,70 \times 1,70 \text{ m} = 9,18 \text{ m}^3$	96,63
$2,50 \times 1,70 \times 1,60 \text{ m} = 6,80 \text{ m}^3$	97,04
$2,00 \times 1,40 \times 1,30 \text{ m} = 3,65 \text{ m}^3$	97,57
$1,80 \times 1,20 \times 1,20 \text{ m} = 2,59 \text{ m}^3$	97,86

A Figura 2 apresenta o modelo estrutural do cenário 4, depois preenchido por blocos como ilustrado na Figura 3.

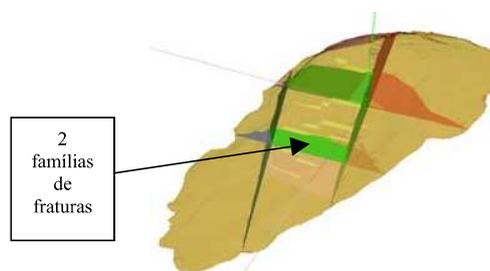


Figura 2: Modelo estrutural para cenário 4

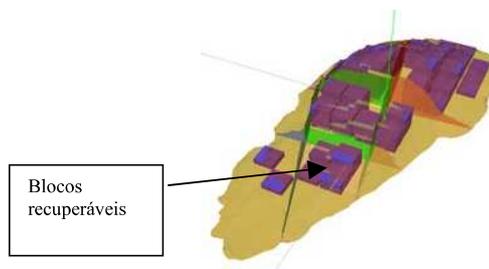


Figura 3: Blocos alocados para cálculo de recuperação teórica

Como observado acima, a recuperação teórica num mesmo depósito varia consideravelmente de acordo com o número de descontinuidades modeladas. A metodologia em desenvolvimento poderá auxiliar estudos de modelagem de jazida não somente para analisar o potencial de recuperação da jazida, mas acima de tudo dar suporte técnico à decisões de viabilidade de projetos de extração de rochas ornamentais, bem como estudos de planejamento de longo prazo de jazidas.

PLANEJAMENTO DE CORTE DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Esse procedimento além de permitir um planejamento estético nas aplicações das rochas ornamentais irá permitir uma maior recuperação na lavra levando-se em conta, atualmente, a quantidade de blocos extraídos e denominados “com defeitos” por apresentarem variações texturais e de cores no próprio bloco “padrão” o que torna difícil o seu aproveitamento nas serrarias atuais que produzem ladrilhos com tamanho padronizado.

Para desenvolver esse tipo de trabalho escolheu-se um bloco de granito vermelho existente na jazida da Somibras Mineração Brasileira, Capão Bonito, SP, considerado “com defeito” por apresentar um veio pegmatítico que atravessa o bloco em toda sua dimensão.

Utilizando-se software de modelagem geológica, o bloco foi modelado dando a textura e cor típicas do granito. Em seguida procedeu-se a serragem simulada do bloco originando chapas de 2 centímetros de espessura que foram agrupadas num banco de dados.

Essas chapas apresentam com exatidão a estrutura e cores que terão após a serragem. De posse desse banco de dados será possível realizar intervenções arquitetônicas de acordo com a estética desejada num determinado projeto.

Atualmente está sendo organizado o banco de dados, e numa etapa seguinte será feita uma intervenção arquitetônica como exemplo de aplicação. As Figuras 4 a 7 a seguir mostram aspectos das varias fases já desenvolvidas nessa linha de pesquisa.

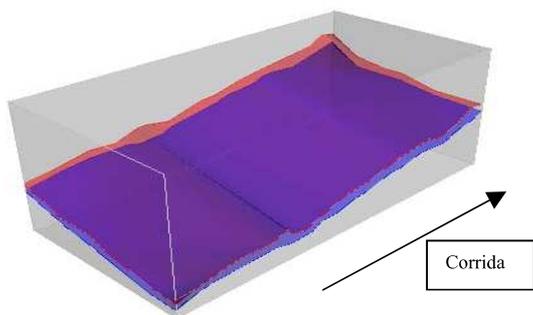


Figura 4: Modelo tridimensional de bloco de rocha ornamental, com estruturas modeladas a partir de levantamento das suas faces

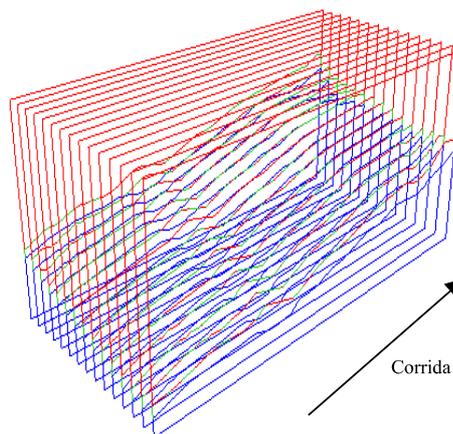


Figura 5: Poligonais representando cortes de chapas na corrida do bloco modelado

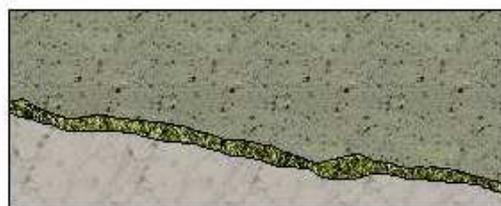


Figura 6: Modelo de chapa cortada com a textura original representada junto com a estrutura geológica

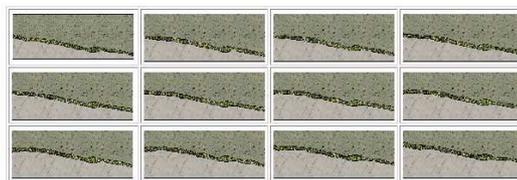


Figura 7: Parte do mosaico apresentando a disposição de chapas, permitindo estudo de padrões estéticos do corte do bloco

COMENTÁRIOS FINAIS

Foram apresentados detalhes do avanço de duas linhas de pesquisa específicas para o desenvolvimento de técnicas de planejamento visando o aproveitamento de rochas ornamentais desde as atividades de lavra, beneficiamento e aplicação na arquitetura e engenharia civil. Embora os resultados alcançados até aqui tem caráter preliminar, as linhas de pesquisa em desenvolvimento tem potencial significativo para apoiar decisões técnicas sobre a viabilidade de extração de rochas ornamentais, em particular em estudos de planejamento de longo prazo das jazidas e pedreiras em operação.

BIBLIOGRAFIA

LOCZY, L. DE & LADEIRA, E.A, GEOLOGIA ESTRUTURAL E INTRODUÇÃO À GEOTECTONICA, ED. EDGARD BLUCHER, 1976.

LOLIVEIRA, A. M. S., BRITO, S. N. A. – GEOLOGIA DE ENGENHARIA, CAP. 3 – ESTRUTURAS DOS MACIÇOS ROCHOSOS, CAP. 10 – ESTADO DE TENSÃO DOS MACIÇOS ROCHOSOS, CAP. 20 MATERIAIS ROCHOSOS PARA CONSTRUÇÃO. ABGE, 1998.

DATAMINE SOFTWARE, MANUAL DE REFERENCIA DO DATAMINE STUDIO, MICL (Inglaterra), Fev. 2001