

## ESTUDO DE CASO SOBRE O MODELAMENTO INFORMATIZADO DA LAVRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Marcos Roberto Kalvelage<sup>1</sup>, Aarão de Andrade Lima<sup>2</sup> e Giorgio F. C. de Tomi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Engº Minas e Civil, MSc. Departamento de Mineração e Mineralogia – CCT/UFPB. Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – 58.109-970 – Campina Grande – PB

Fone: (83) 310-1169 - E\_mail: kalvelage@uol.com.br

<sup>2</sup> Engº Minas, PhD. Departamento de Mineração e Mineralogia – CCT/UFPB. Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – 58.109-970 – Campina Grande – PB

Fone: (83) 310-1169 - E\_mail: aarao@paqtc.rpp.br

<sup>3</sup> Engº Minas, PhD. 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 objetivo primário deste trabalho, consiste na verificação das condições de aplicação de um software de modelamento de blocos, já com largo e comprovado uso no modelamento de jazidas e de minas em operação. Neste caso específico trata-se de um granito ornamental de nome comercial Casablanca explorado pelo Grupo GRANOS/IMARF, localizado no município de Pedra Branca, no Estado do Ceará. Subsidiariamente, o trabalho tem o objetivo de revisar e consolidar as técnicas para coleta e análise de dados geológicos e geotécnicos relevantes à atividade de extração de granitos ornamentais, por meio de um estudo de caso. A pesquisa envolveu as etapas: revisão bibliográfica, coleta de dados em campo, análise de dados, implementação em computador e interpretação. A revisão bibliográfica engloba a geologia e outras características da área, envolvendo a pedreira escolhida para o estudo, e acerca de pesquisas anteriores centradas na aplicação de programas voltados à modelagem de jazidas de rochas ornamentais. A coleta e análise de dados na área da pedreira envolveram levantamento plani-altimétrico e medição minuciosa da foliação do maciço. Fraturas de alívio não foram incorporadas ao modelo por falta de afloramentos na época dos levantamentos de campo. A fase de implantação em computador, consistiu na digitalização da topografia da área da pedreira. Usando o aplicativo Datamine, foi então realizado o modelamento da reserva da pedreira com blocos em dimensões adequadas aos teares da empresa (3,30m por 1,90m por 1,60m). Foi realizado um modelo com corte horizontal dos blocos, resultando em uma reserva de 19.201 blocos (78% de recuperação); tendo sido as partições da rocha na periferia do modelo que não atingem as dimensões padronizadas consideradas como estéril. Um segundo modelo simulou blocos cortados a um ângulo de 32° em relação à horizontal, segundo a foliação da rocha, resultando em 19.571 blocos (81% de recuperação). A reserva aqui calculada será reduzida, tendo em vista os defeitos sempre presentes na rocha, ocasionando o descarte dos blocos desprovidos de valor comercial de mercado.

### INTRODUÇÃO

A extração de rochas ornamentais apresenta características distintas da lavra de outros bens minerais. Aqui, a integridade da rocha em todos os aspectos, apresenta-se como fator condicionante.

A presença de juntas, falhas, inclusões, alterações mineralógicas e outros defeitos, constituem aspectos decisivos sobre o valor comercial de um bloco ou chapa de rocha. Esse aspecto motivou a escolha do tópico desta pesquisa, com base na necessidade de conhecimento das diversas características da rocha do ponto de vista ornamental em distribuição espacial. Trata-se de um estudo prático, com as limitações normais, do ponto de vista de escala geométrica, precisões e representatividade dos dados a serem colhidos do maciço rochoso, bem como das restrições impostas por uma exploração comercial. O esforço em aplicar-se técnicas modernas, originadas com a popularização das ferramentas da informática, contrapõe-se ao empirismo puro.

Considerável esforço técnico, operacional e investimento, são necessários para caracterização de uma pedreira de rocha ornamental. É prática comum na atividade mineral, de uma forma geral, a utilização apenas parcial de dados, quando não é usada uma representação gráfica de uma forma versátil que possibilite uma visualização imediata das características da jazida. Os softwares especializados para modelamento de jazidas minerais e de minas, passaram a ter aplicações práticas nas últimas duas décadas. Custos decrescentes, com facilidade de operação e aumento de versatilidade e de desempenho, tem ocorrido vertiginosamente nos últimos anos tanto para equipamentos como para programas de computador.

A presente pesquisa, foi motivada considerando a disponibilidade de avançados programas de computador para modelagem da lavra em operações de jazidas e minas convencionais, conjugada à necessidade de uma maior difusão da técnica na área de rochas ornamentais. Os modelos de blocos normalmente usados na discretização de um corpo mineral têm uma conotação vinculada à disponibilidade de dados e aspectos matemáticos e computacionais. Por outro lado, no contexto de rochas ornamentais, os blocos devem assumir de fato as dimensões padronizadas, respeitando-se também aspectos geológicos (foliação, juntas, fraturas, etc.), bem como inclinação dos blocos.

O objetivo primário desta pesquisa, consiste na verificação das condições de aplicação de um software de modelamento de blocos, já com largo e comprovado uso no modelamento de jazidas minerais e de minas em operação, para o caso

específico do granito ornamental comercialmente conhecido por Granito Casablanca. Subsidiariamente, o trabalho tem o objetivo de revisar e consolidar as técnicas, para coleta e análise de dados geológicos e geotécnicos relevantes à atividade de extração de granitos ornamentais, por meio de um estudo de caso.

A pesquisa envolveu as etapas: revisão bibliográfica, coleta de dados em campo, análise de dados, implementação em computador e interpretação. A revisão bibliográfica, engloba aspectos gerais da geologia e outras características da área, envolvendo a pedreira escolhida para o estudo, e acerca de pesquisas anteriores centradas na aplicação de programas voltados à modelagem de depósitos de rochas ornamentais. A fase de coleta de dados compreende a topografia da pedreira em escala de lavra, e da medição de ângulos relacionados à foliação da rocha. A análise de dados consistiu no desenvolvimento e aplicação de uma planilha para a determinação precisa da direção e mergulho da foliação da rocha.

A fase de implantação em computador consistiu na digitalização da topografia da área da pedreira. Foi então, realizado o modelamento da reserva da pedreira com blocos em dimensões comerciais, usando o aplicativo DATAMINE. Com o cálculo da reserva de blocos e visualização da pedreira em diversas opções de saída gráfica, fica completa a fase de interpretação de dados. A pesquisa está inserida no contexto geral de estudo de caso, com verificação sobre a generalização da aplicação de um programa para modelamento de jazida mineral e mina, ao caso mais específico de uma pedreira de granito ornamental. A abordagem ficou restrita ao caso de uma pedreira de porte médio em fase de desenvolvimento.

#### CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DO ESTUDO

O corpo do granito Casablanca, está localizado próximo à Vila de Tróia, município de Pedra Branca, no Estado do Ceará, situando-se aproximadamente nas coordenadas geográficas de latitude 5°18'49"S, longitude 39°32'43"W (coordenadas UTM, zona 24, 398765E, 9389454N), com declinação magnética de cerca de 22°W. Partindo de Fortaleza, o acesso é feito pela BR-020, percorrendo-se aproximadamente 220 km até o município de Boa Viagem. Na mesma BR-020, percorre-se aproximadamente mais 50 km. Segue-se então por uma estrada vicinal no sentido Leste para Pedra Branca. Após 12 km segue-se por uma bifurcação à direita desta vicinal até a Vila de Tróia. A pedreira do granito Casablanca se localiza a aproximadamente 1 km antes da Vila de Tróia.

Em linhas gerais, a jazida do granito Casablanca, está inserida em uma serra alongada de sentido SW-NE, com extensões aproximadas de 6 e 1,5 km nos sentidos longitudinal e transversal, respectivamente. A base da serra encontra-se delineada pela curva de nível de cota 500m. O cume da serra atinge a cota 695m, evidenciando portanto, um acentuado gradiente topográfico. A pedreira principal, estudada na presente pesquisa, está

localizada no flanco noroeste da serra, a uma cota aproximada de 450m.

A rocha da pedreira, segundo VIDAL (1999), trata-se de um biotita-monzogranito, exibindo processo de metassomatismo para um muscovita monzogranito. Observa-se ainda neste corpo, um maciço aparentemente íntegro, porém, com elevado nível de tensões naturais. Trata-se de um corpo granítico, intrusivo, com forma elíptica, com aproximadamente 30m de altura, topo abaulado e restrito com encosta relativamente íngreme. A área de estudo, compreende uma pequena porção situada no flanco de uma serra. Trata-se de um local com escassez de drenagem, com cursos de direção preferencial NE-SW e secundariamente NW-SE.

#### LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Um aspecto crucial à extração de rochas ornamentais consiste na coleta e análise de dados de campo. De uma forma geral, os programas de computador comercialmente disponíveis na atualidade, têm facilitado substancialmente a análise de dados, reduzindo o trabalho de gabinete e aumentando a facilidade de interpretação dos resultados. O esforço maior deve então, concentrar-se na obtenção de dados representativos do maciço rochoso e da rocha, em quantidade e qualidade suficientes para alimentar os programas de computador. Devido às limitações de tempo e de recursos, a coleta e análise de dados de campo empreendidos na presente pesquisa, ficaram restritas apenas à necessidade de validação da metodologia aqui seguida.

De uma forma geral, a caracterização de uma rocha ornamental envolve a determinação e avaliação de diversas características tecnológicas (VIDAL, 1995; FRAZÃO & FARJALLAT, 1996; VIDAL, 1999). Paralelamente também é importante a caracterização geológica da jazida em escala de pedreira (1:100 a 1:1000). As técnicas tradicionais disponíveis para caracterização de depósitos minerais (fotogeologia, geologia de campo, petrografia, geofísica, sondagem, etc.) devem ser adaptadas, no sentido de atender aos requisitos específicos das rochas ornamentais, incluindo-se aqui, a necessidade de integridade dos blocos, que geralmente induz a uma baixa recuperação da jazida. Um aspecto particular sobre a lavra de rochas ornamentais consiste na necessidade da extração de blocos já na fase de pesquisa, com o desenvolvimento de algumas frentes de lavra. Esse aspecto induz a riscos e custos adicionais inerentes ao setor de rochas ornamentais, sendo no entanto, importante para a definição de viabilidade de uma rocha para fins ornamentais.

Na área da pedreira principal, foram realizados trabalhos de topografia. No local da pedreira, juntas subverticais são muito raras, não justificando portanto, esforço para seu mapeamento. Foi detectada uma fratura de alívio persistente. Não foi possível entretanto, definir o posicionamento dessa feição no maciço rochoso em forma tridimensional, tendo em vista, limitações dos dados topográficos e de afloramento da mesma, na época da realização dos trabalhos de campo. Dois

levantamentos de curvas de nível da pedra, realizados um com nível laser e outro com teodolito, foram considerados. Os dados foram então agrupados, compatibilizados e digitalizados, resultando no mapa plani-altimétrico. A atualização das bancadas desenvolvidas até o final da pesquisa de campo (março de 2000), foi então, feita com bússola e trena, sendo as medições inseridas na base topográfica.

A foliação é uma das feições geológicas mais importantes para a extração de granitos ornamentais na maioria das pedreiras. Ela determina um dos planos naturais de partição da rocha, influenciando decisivamente na forma de corte e liberações de blocos. Adicionalmente, a foliação governa a estética e as propriedades físicas do granito, após o desdobramento de bloco em chapas. O granito Casablanca exibe uma foliação bem definida; no entanto, de difícil medição por ser movimentado. Assim, foi dada atenção especial a esse aspecto na presente pesquisa. Antes da abertura de uma pedra, os afloramentos possibilitam a medição da foliação, usando bússola. Nesse caso, a dificuldade para a medição do mergulho verdadeiro, fica evidenciada, por não estarem disponíveis cortes ou faces naturais perpendiculares à foliação da rocha (LOCZY & LADEIRA, 1976). Adicionalmente, a pequena escala considerada com o uso de bússola, reduz a precisão dos ângulos medidos. Recomenda-se aqui, o método estatístico de medições em diversas frentes, com a adoção de um valor médio como representativo da foliação do maciço. O cálculo de valores de direção e mergulho verdadeiros, a partir de valores aparentes, foi sistematizado e implementado em planilha eletrônica (KALVELAGE, 2001; ANDRADE LIMA, 2000). Na época em que foram executados os levantamentos de campo, estavam abertas seis frentes no granito Casablanca. As medições efetuadas nessas frentes foram aplicadas na planilha para cálculo de direções e mergulhos verdadeiros, estando os valores médios mostrados na Tabela 1.

**TABELA 1** – Direção e mergulhos médios de foliação.

Local da Frente na Pedreira	Direção média	Mergulho médio
Frente 1 ( 3 medições, 3 calculos)	250,0°	33°
Frente 2 ( 1 medição, 1 calculo)	248,5°	30°
Frente 4 ( 1 medição, 1 calculo)	257,0°	38°
Frente 5 ( 3 medições, 2 calculos)	249,0°	24°
Frente 6 ( 1 medição, 1 calculo)	269,0°	35°
Média ( 9 medições, 8 calculos)	255,0°	32°

#### APLICAÇÃO DO SOFTWARE AO MODELAMENTO DA PEDREIRA

A utilização do software de mineração Datamine, em rochas ornamentais é recente, existindo portanto, pouca literatura sobre o assunto. No setor de rochas ornamentais, os conceitos tradicionais de mineração vem sendo gradativamente desenvolvidos, porque este setor não comporta os parâmetros comumente empregados em outros setores da mineração (CARANASSIOS et al., 1998). As rochas ornamentais demandam significativo planejamento para a extração dos blocos, visando maior aproveitamento da jazida de modo a maximizar a reserva útil e a quantidade dos blocos comerciais

extraídos. LIMA et al. (1998) utilizam um conceito de modelagem de blocos geológicos para o caso de rochas ornamentais, onde são definidos blocos de lavra com base nos parâmetros de extração. O trabalho de definição de blocos, sem auxílio de um software, é bastante tedioso. As funções de geração de blocos são muito flexíveis e permitem definir blocos em três dimensões, com o ajuste preciso dos blocos, de acordo com os limites verticais e horizontais.

#### Características da Lavra

A seguir, é feita a descrição das características principais da pedra do granito Casablanca. O método de lavra utilizado para o granito Casablanca, conforme Figura 1, é o de bancadas baixas. Na ocasião da visita técnica para coleta de dados (realizada em março de 2000) o setor oeste da pedra mostrada na Figura 1, contava com cinco frentes de lavra em desenvolvimento. A tecnologia de corte utilizada na pedra do granito Casablanca é o de corte contínuo; mais precisamente, a tecnologia de fio diamantado.



**FIGURA 1** – Foto das frentes de lavra do granito Casablanca setor oeste.

#### Construção do Modelo Digital

A construção do modelo digital da área da pedra em estudo se dá inicialmente com a digitalização do mapa plani-altimétrico, em uma mesa digitalizadora, o qual fornecerá as informações necessárias para que seja definida a geometria do maciço. A seguir, é apresentada a seqüência para construção do modelo digital da pedra. A partir de mapa plani-altimétrico da pedra, realizado com nível a laser e desenhado em papel milimetrado, foi efetuada a digitalização das curvas de nível. A zona delimitada para modelamento, compreende o setor sul da pedra, englobando uma área de 175 metros no sentido E-W, por 130 metros no sentido N-S. A digitalização das curvas de nível foi realizada, com a utilização do próprio Datamine como software de reconhecimento das informações geradas pela mesa digitalizadora.

Com todas as informações necessárias digitalizadas, foi então realizada uma edição das curvas de nível, sendo efetuada uma redução do domínio para um alinhamento perfeito nos sentidos dos eixos x e y, e suavização, deixando mais apresentáveis as curvas de nível. Com isso, obteve-se um layout das poligonais da pedra digitalizada, apresentadas na Figura 2. A orientação dos eixos x e

y, adotados nas partes a seguir deste trabalho, foi feita com base na foliação da rocha. Observa-se na Figura 2, que as faces dos cortes estão alinhadas com os eixos x e y; sendo o eixo y, inclinado 15° no sentido anti-horário em relação ao norte verdadeiro.

Com as curvas de nível e as frentes de lavra existentes digitalizadas, passa-se em seguida, para a criação da superfície virtual. A superfície virtual recria a superfície existente em uma área determinada da pedreira, com a triangulação entre os pontos das poligonais. Inicialmente, cria-se uma poligonal de fechamento que circunda todas as poligonais existentes, para que se possa criar o modelo digital; sendo essa, uma exigência operacional do software. Cada poligonal é triangulada com a poligonal posterior e a anterior, se houver. As frentes de lavra são criadas da mesma forma, gerando-se assim, uma superfície. Com a superfície virtual criada, parte-se então, para a geração do maciço, o qual engloba um volume específico da pedreira.

Inicialmente, foi estipulada uma cota mínima para definir o limite horizontal inferior do maciço a ser criado. Foi adotada a cota 435,46m, coincidindo com o limite inferior do afloramento. Esta cota será utilizada como nível base do maciço. Com a definição do nível base, cria-se primeiramente as laterais, que irão definir os limites verticais do maciço. Utilizando-se para a definição dessas laterais a poligonal de contorno e a cota base, criando-se com isso as três laterais: plano do eixo x, plano do eixo y e superfície acompanhando a cota máxima. Após a criação das superfícies laterais verticais, é realizado o fechamento horizontal inferior do sólido na cota 435,46m. O maciço digitalizado pode ser comparado com a foto da pedreira, Figura 1, onde se nota a equivalência entre modelo verdadeiro, e o maciço digitalizado, mostrado na Figura 3.

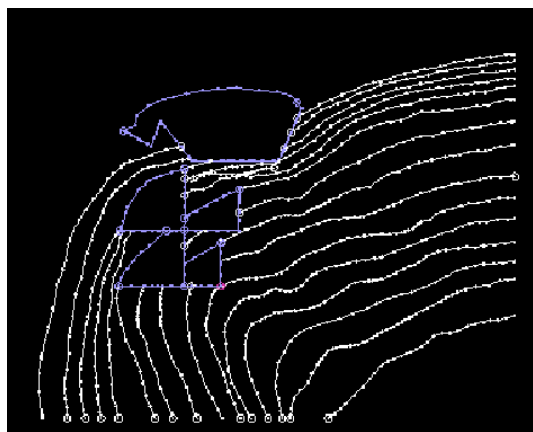


FIGURA 2 – Poligonais da área da pedreira após edição das curvas de nível e frentes de lavra existentes.

### Modelamento de Blocos

Com o modelo digital do maciço criado, é iniciado o processo de geração do modelo de blocos. Alguns parâmetros foram adaptados. Um exemplo claro é o

parâmetro de exclusão de material, ou seja: o que é considerado estéril e o que é considerado minério. No caso da lavra de minerais convencionais, o estéril é definido pelo seu teor in situ, teor de corte, teor crítico, etc. Já no caso das pedreiras de rocha ornamental, o principal parâmetro é o tamanho do bloco. Outros parâmetros baseados em ensaios de propriedades físicas e petrográficas (resistências, porosidade, densidade, alterabilidade, cor textura, etc) podem ser incluídos, desde que se disponham de dados regionalizados em quantidade suficiente para uma modelagem que seja representativa da jazida. Aqueles blocos que atendem o tamanho padronizado são considerados lavráveis, os que não atingem as dimensões especificadas de bloco são considerados como estéril. Outros parâmetros importantes são descritos a seguir. O padrão adotado para o modelamento dos blocos, do caso em estudo, foi 3,30m por 1,90m por 1,60m (comprimento, altura, largura). Estas dimensões foram adotadas, levando em consideração as medidas máximas dos teares da empresa que lavra a pedreira, privilegiando o maior aproveitamento possível da jazida, ao mesmo tempo mantendo um baixo custo de beneficiamento, com a utilização de todo o espaço útil do tear durante a serrada.

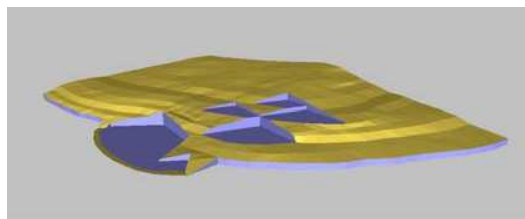


FIGURA 3 – Visão do maciço rochoso.

Outro parâmetro levado em consideração aqui, foi a direção preferencial de partição da rocha (foliação). Conforme medições efetuadas em campo, a direção preferencial de foliação é em média 255° azimute verdadeiro.

Para a inclinação de extração dos blocos em relação à horizontal, foram simuladas duas situações: primeiro considerou-se a situação da lavra pré-existente, a qual possui planos de corte horizontalizados; na segunda simulação considerou-se um mergulho de 32° em relação à horizontal, coincidente com o mergulho da foliação.

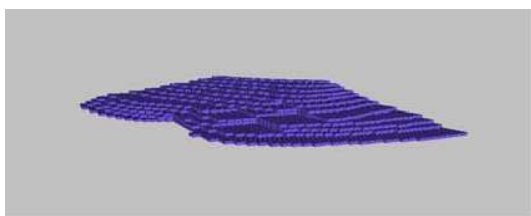
Para que fosse possível o modelamento dos blocos apenas no volume desejado, foram definidos os seguintes limites do modelamento: a superfície do maciço, os fechamentos laterais e o fechamento horizontal inferior. Desta maneira, o modelamento é realizado dentro de um volume completamente definido.

Outro parâmetro que deve ser levado em consideração, são as fraturas e falhas existentes no maciço. Para o caso em estudo, no setor norte da pedreira, o maciço se apresenta sem fraturas ou falhas. Caso essas feições geológicas sejam observadas, é possível sua incorporação no modelo, por meio de zonas de exclusão conforme adotado em pesquisa anterior (LIMA et al., 1998).

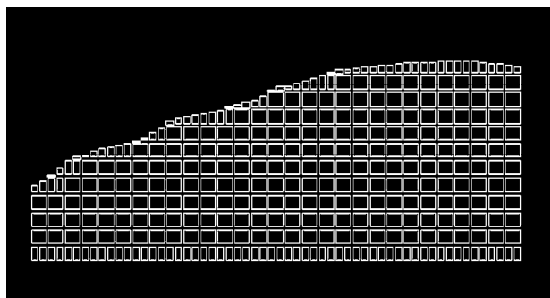
Com o modelo digital do maciço rochoso completamente definido (Figura 3), juntamente com os parâmetros totalmente definidos, pode-se partir para o modelamento em blocos propriamente dito. No modelamento com cortes horizontais, foram consideradas as bancadas com praças horizontais em uso na pedreira na ocasião da visita.

Para que fosse possível realizar o modelamento com eficiência, foi desenvolvido uma macro em conjunto com a Datamine Latin America. A macro é uma seqüência de comandos que é armazenada em um arquivo simples de texto, sendo sua principal função e vantagem possibilitar a repetição de trabalhos iterativos, para a criação e análise de diferentes cenários. As listagens das macros para geração de blocos horizontais e inclinados, estão disponíveis na literatura (KALVELAGE, 2001; DE TOMI & KALVELAGE, 2001). A macro conduz à criação do modelo de blocos, levando em consideração os parâmetros já definidos. Após a criação do modelo, a macro comanda a rotina para cálculo do volume total do maciço rochoso, o volume de blocos utilizáveis e o volume de rocha estéril (sub blocos). Para cálculo do estéril, são contabilizados os volumes com dimensões abaixo do padrão especificado.

O modelo de blocos é criado com blocos e sub blocos, iniciando-se o processo com blocos mais próximos à superfície topográfica do modelo. Todo o modelo é inicialmente preenchido por blocos nas dimensões pré-estabelecidas. Na seqüência todos os espaços vazios são preenchidos por sub blocos. Com o preenchimento pode-se visualizar o modelo de blocos após remoção da superfície contínua, Figura 4. Um corte deste modelo na direção longitudinal dos blocos, direção y, 345° de azimute em relação ao norte verdadeiro, é demonstrado na Figura 5.



**FIGURA 4** – Modelo digital dos blocos, sem a superfície do terreno digitalizado.



**FIGURA 5** – Corte do modelo digital dos blocos e sub blocos, sem a superfície e na direção 345° Az.

Após o modelamento, a macro proporcionou a geração de um relatório referente às reservas obtidas com cortes horizontais, conforme Tabela 2.

**TABELA 2** - Volumes referentes ao modelo com cortes horizontais.

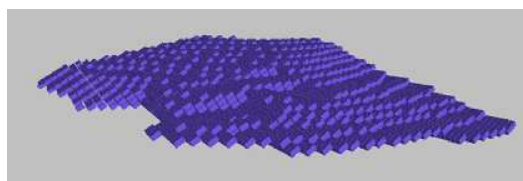
MODELO <sup>(1)</sup>	VOLUME (m <sup>3</sup> )
Blocos inteiros	192.631
Sub blocos	53.330
Total da pedreira	245.962

(1) Número de blocos inteiros (19.201).

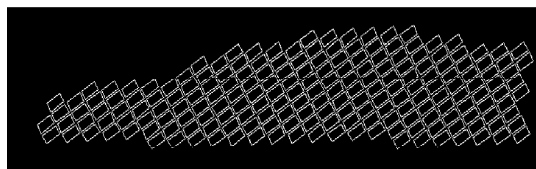
Deve-se ressaltar que a reserva de blocos inteiros está condicionada unicamente a fatores geométricos, sem consideração acerca das imperfeições que normalmente reduzem substancialmente a recuperação da lavra de rochas ornamentais.

Para a criação do modelo com cortes inclinados, é utilizado o mesmo modelo digital de maciço (Figura 3) que serviu para a criação do modelo com cortes horizontais. Basicamente, a diferença entre o modelamento com cortes inclinados e o modelamento com cortes horizontais está na macro, a qual sofreu alterações. Estas alterações são referentes à rotação do modelo e algumas outras mudanças decorrentes dessa operação. No modelamento com cortes inclinados, foram consideradas bancadas com mergulho de 32°, coincidindo com o mergulho de foliação da rocha.

Após a execução da macro usando mergulho de 32°, o modelo é gerado. Podemos visualizar o modelo de blocos na Figura 6. Com a utilização de filtros, podem ser eliminados os sub blocos, sendo no corte da Figura 7 mostrados somente os blocos. É importante salientar que, no modelo de blocos em três dimensões, estão representados todos os blocos lavráveis existentes na parte da pedreira selecionada para o estudo.



**FIGURA 6** – Modelo digital dos blocos inclinados.



**FIGURA 7** – Corte do modelo inclinado dos blocos, sem os sub blocos (direção aproximado Norte-Sul).

A macro gerou um relatório referente às reservas obtidas com o modelamento utilizando cortes inclinados, o qual é exibido na Tabela 3.

**TABELA 3** - Volumes referentes ao modelo com cortes inclinados

MODELO <sup>(1)</sup>	VOLUME (m <sup>3</sup> )
Blocos inteiros	196.334
Sub blocos	46.060
Total da pedraira	242.394

(1) Número de blocos inteiros (19.571).

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No decorrer do presente estudo, foi observado que o modelamento informatizado é de fácil aplicação para rochas ornamentais, necessitando-se de um levantamento topográfico plani-altimétrico e de dados geológicos e geotécnicos sobre o maciço rochoso. Observou-se ainda a viabilidade do modelamento, com blocos cortados em ângulo com a horizontal. Foi efetuado cálculo da reserva de blocos em ambos os modelos, através de duas macros DE TOMI & KALVELAGE (2001), obtendo-se valores muito próximos. O modelo com o corte inferior dos blocos no plano horizontal resultou em uma reserva de 19.201 blocos (78% de recuperação), enquanto que o modelo com plano de corte inclinado de 32° resultou em 19.571 blocos (81% de recuperação). É importante lembrar que a reserva calculada aqui, baseada puramente em fatores geométricos, será reduzida quando for considerada a reserva de blocos apresentando valor comercial de mercado, tendo em vista os defeitos que geralmente ocorrem na rocha. O modelo usando um plano de corte inferior inclinado para os blocos poderá ser útil naqueles maciços apresentando anisotropia ou fraturas não horizontais, tratando-se de uma das contribuições da presente pesquisa.

No local onde estava sendo aberta a pedraira principal não foram detectadas fraturas subverticais. Foi observada a presença de uma fratura de alívio, aparentemente concordante com a superfície topográfica, não sendo possível, entretanto sua inclusão no modelo por falta de afloramentos. Observou-se portanto que na prática os dados necessários à alimentação do software de modelamento não foram suficientes, principalmente sobre a presença de fraturas de alívio, as quais podem controlar o plano ou superfície de corte inferior do maciço durante a lavra.

Finalmente como sugestão para trabalhos futuro a ser desenvolvido em granitos para fins ornamentais recomenda-se melhorar a base de dados, o que somente torna-se possível com o avanço da pesquisa mineral e da lavra na pedraira, podendo o modelo ser utilizado para planejamento da lavra (LIMA et al. 2000).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE LIMA, A. **Determinação de Direções e Mergulhos de Planos Geológicos a Partir de Valores Aparentes**. Notas não Publicadas, 2000.

CARANASSIOS, A.; DE TOMI, G.; SILVA, N.S. **Utilização de Software de Mineração no Planejamento de Lavra de Rochas Ornamentais**. 1º Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, p. 150-156. Olinda-PE, 1998.

DE TOMI, G; & KALVELAGE, M.R. **Macros para Geração de Modelo de Blocos em Rochas Ornamentais**. Notas não Publicadas, 2001.

FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. **Características Tecnológicas de Rochas Silicáticas Brasileiras de Revestimento**. Rochas de Qualidade, São Paulo, edição 128, p. 56-60, 1996.

KALVELAGE, M.R. **Modelamento Informatizado da Lavra de Rochas Ornamentais – Granito Casablanca**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Engenharia de Minas, CCT/UFPA – Campus2, Campina Grande, 2001.

LIMA, A.A.; KALVELAGE, M.R.; DE TOMI, G.; & SILVA, N.S. **Computer Assisted Planning for Extraction of Ornamental Granite**. Mine Planning and Equipment Selection, p. 833-4. Balkema-Rotterdam, 2000.

LIMA, W.B.C.; LIMA, A.A.; DE TOMI, G.; & MEDEIROS, A.H. Posicionamento Automática de Blocos de Lavra de Rocha Ornamental. Anais do VI Workshop DATAMINE. Belo Horizonte, 1998.

LOCZY, L. & LADEIRA, E.A. **Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica**. São Paulo: Edgard Blücher; Rio de Janeiro: CNDCT. 528p. 1976.

VIDAL, F.W.H. **A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de minas. São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_. **Estudo dos Elementos Abrasivos de Fios Diamantados para a Lavra de Granitos do Ceará**. Tese(Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo, 1999.