

MÉTODOS E TECNOLOGIAS DE LAVRA PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DOS BLOCOS DE GRANITO NO CEARÁ

Anísio Antônio de Matos Coelho¹ e Francisco Wilson Hollanda Vidal²

¹ Eng de Minas, DNPM – Ceará

R. do Rosário, 287 – 7º andar – Bairro Centro – CEP 60.055-090 – Fortaleza-CE

Fone: (85) 252-4439; 252-1852 / Fax: (85) 252-3289

² Eng de Minas, DSc. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT

ABIROCHAS – Rua Barão de Studart, 2360 – sala 406 – Bairro Aldeota – 60.120-002 – Fortaleza-CE Fone:

(85) 246-2600 FÁx: (85) 246-0262 E_mail: abirochas@secrel.com.br

RESUMO

Este trabalho foi elaborado com o objetivo de apresentar um painel sobre a lavra de rochas ornamentais, destacando-se os tipos de métodos e as principais tecnologias de corte para o desmonte de blocos, com destaque para a lavra de granito das principais pedreiras em atividade no Estado do Ceará. Atualmente surgiu novas opções tecnológicas para produção de blocos de granito, como o fio diamantado e a argamassa expansiva já utilizadas em algumas pedreiras do Ceará.

Para ampliar o conhecimento sobre o assunto, fez-se uma análise das bibliografias, principalmente nacionais, disponíveis sobre o assunto, além dos processos do DNPM nas fases de autorização de pesquisa, projeto de lavra analisado e pedido de guia de utilização e, processos na fase de concessão de lavra.

A seguir são apresentadas as características tecnológicas dos granitos, métodos de lavra e tecnologias de corte utilizados na região de Sobral e Santa Quitéria. Foi realizado concomitantemente com o levantamento bibliográfico, visitas técnicas as pedreiras em destaque, a fim de estabelecer-se um paralelo entre as técnicas recomendadas nas bibliografias consultadas com aquelas, utilizadas no dia-a-dia das pedreiras.

INTRODUÇÃO

A extração de rochas ornamentais, no Estado do Ceará, era realizada, até um passado muito recente, apenas nas jazidas dos matacões de granitos, lavrados através de metodologia de seleção com o emprego explosivos (pólvora negra ou cordel), sem um controle na carga e grande espaçamento entre os furos. Trata-se de um Método aparentemente econômico, mas a recuperação da lavra era extremamente baixa (menor do que 30%), além de necessitar de grandes áreas de “bota-fora”. No caso de lavra dos maciços, iniciada a partir de 1994, a situação era idêntica e não havia uma escolha adequada do método/tecnologia de lavra a ser empregado. No período 1991-1994, o método adotado na extração dos granitos do Ceará era predominantemente baseado na lavra de matacões, praticamente soltos, com dimensões variando entre 10m³ e 100 m³, sem estudo técnico mais detalhado. A partir de 1995 foi intensificado a extração em maciços rochosos, utilizando as técnicas de cortes laterais com flame-jet para abertura da frente de lavra e, a

seguir, o desmonte do painel através de técnica de perfuração e explosivo (cordel detonante).

Com a exigência e crescimento da demanda de granito, em difusão na década de 90, com emprego de tecnologias avançadas de corte, colocou-se em evidência as vantagens da recuperação de lavra e da preservação do meio ambiente. O empresário da mineração no Ceará, principalmente àqueles neófitos de conhecimentos de novas tecnologias, começou a empregar em alguns casos o fio diamantado como a solução alternativa para as jazidas de granito.

A tecnologia do fio diamantado, em comparação com as tecnologias tradicionais atualmente utilizada no Estado do Ceará, especialmente dos granitos, apresentam vantagens indiscutíveis, tais como: um aumento na recuperação e melhor qualidade do produto, pela sua regularidade geométrica do corte, da redução dos danos no material e de limitar os efeitos devido ao uso de explosivos, nas rochas sensíveis ao efeito das detonações.

As aplicações das rochas ornamentais podem ser consideradas abrangentes pela infinidade de usos e utilizações, principalmente através de combinação de suas qualidades estruturais e estéticas. Estas aplicações podem ser reunidas em quatro principais grupos (Figura 1):

- Arquitetura e Construção
- Construção e revestimento de elementos urbanos
- Arte funerária
- Arte e decoração

Em qualquer das principais aplicações, este ciclo produtivo pode ser dividido em quatro etapas bem definidas, desde a atividade mineral até a conformação dos produtos finais: pesquisa, exploração, beneficiamento primário e beneficiamento final.

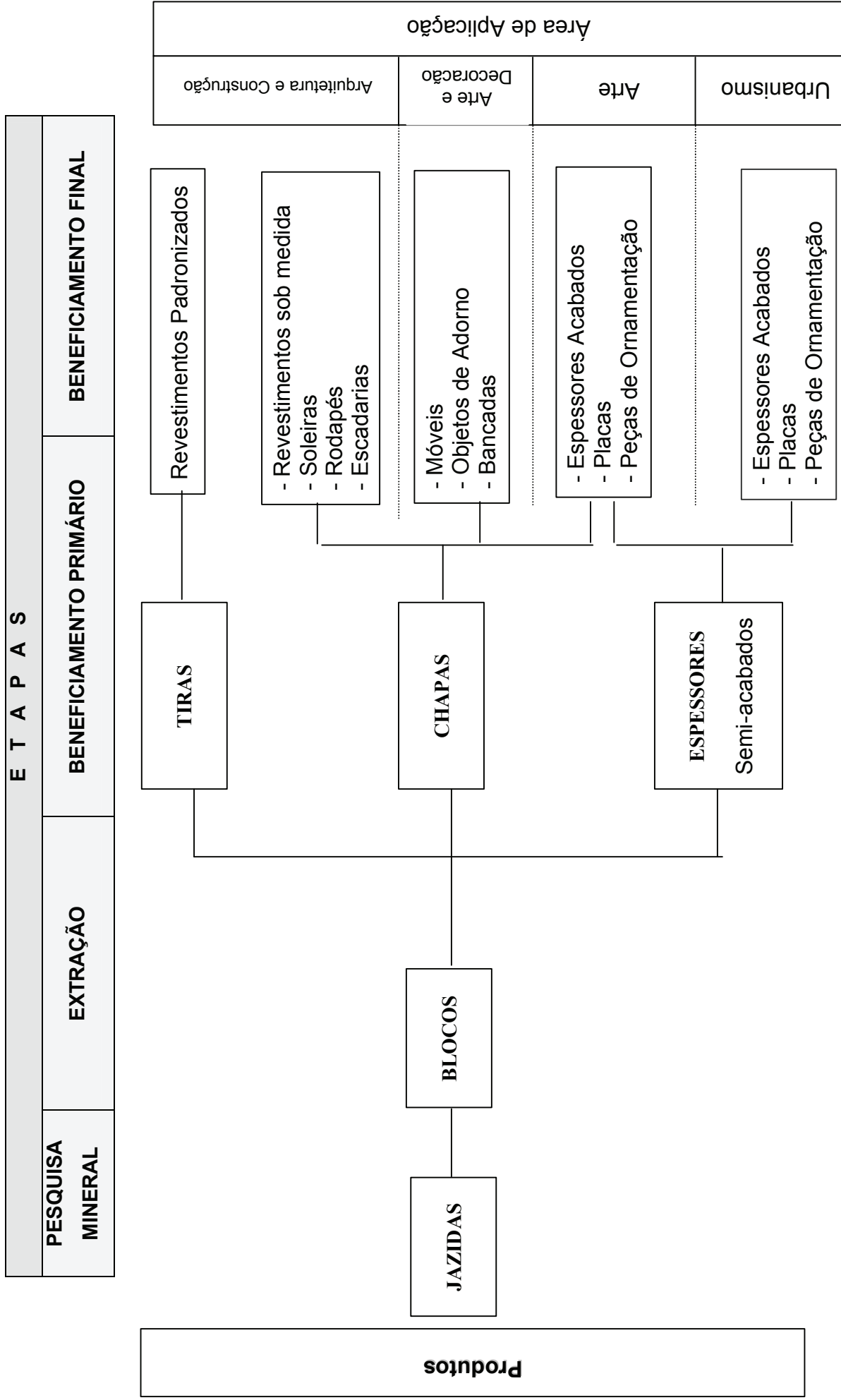


Figura 1 – Fluxograma Esquemático do Setor, com os Principais Produtos dos Segmentos do Ciclo de Produção de Rochas Ornamentais.
 Fonte: Alencar (1996) , Caranassios e Carvalho (1993).

PROJETO DE MINERAÇÃO

O projeto de mineração é um conjunto sistemático de informações que permite avaliar os custos e benefícios de uma alternativa de investimento. Como instrumento do planejamento global, regional ou setorial, sua origem pode ser: pública ou privada, por exigências de mercado ou estímulos governamentais; econômica, quando o objetivo é a realização de lucros; ou social, quando visa ao bem-estar da comunidade.

Os empreendimentos mineiros diferem dos projetos industriais tradicionais em vários aspectos:

- Cada jazimento tem características extremamente individualizadas, independentemente de semelhanças geológicas, topográficas e geográficas;
- Os empreendimentos mineiros têm um prazo de maturação muito longo, durante o qual utiliza recursos financeiros próprios, sem nenhuma entrada de recursos oriundos de instituições financeiras;

- As jazidas são recursos naturais e assim se localizam, muitas vezes, em locais longínquos, de difícil acesso e carentes de infra-estrutura;
- A vida do empreendimento mineiro é limitada, pois as jazidas, uma vez exauridas, determinam o fim da atividade industrial;
- Os recursos minerais são naturais e não renováveis e, como tais, precisam ser lavrados de uma maneira racional e planejada, que preserve ao máximo o meio ambiente.

Em síntese, os projetos de mineração são desenvolvidos por equipes multidisciplinares, passando por vários estágios de evolução, avaliação preliminar, prospeção e de pesquisa geológica detalhada da jazida, projeto básico de engenharia detalhado (ou executivo) seguido de implantação, pré-operação e operação. A figura 2 apresenta o fluxograma das etapas das operações desenvolvidas no projeto mineiro. A figura 3 mostra um fluxograma das etapas de um projeto de mineração e as exigências legais junto ao DNPM (Chaves, 1997 modificado pelos autores).

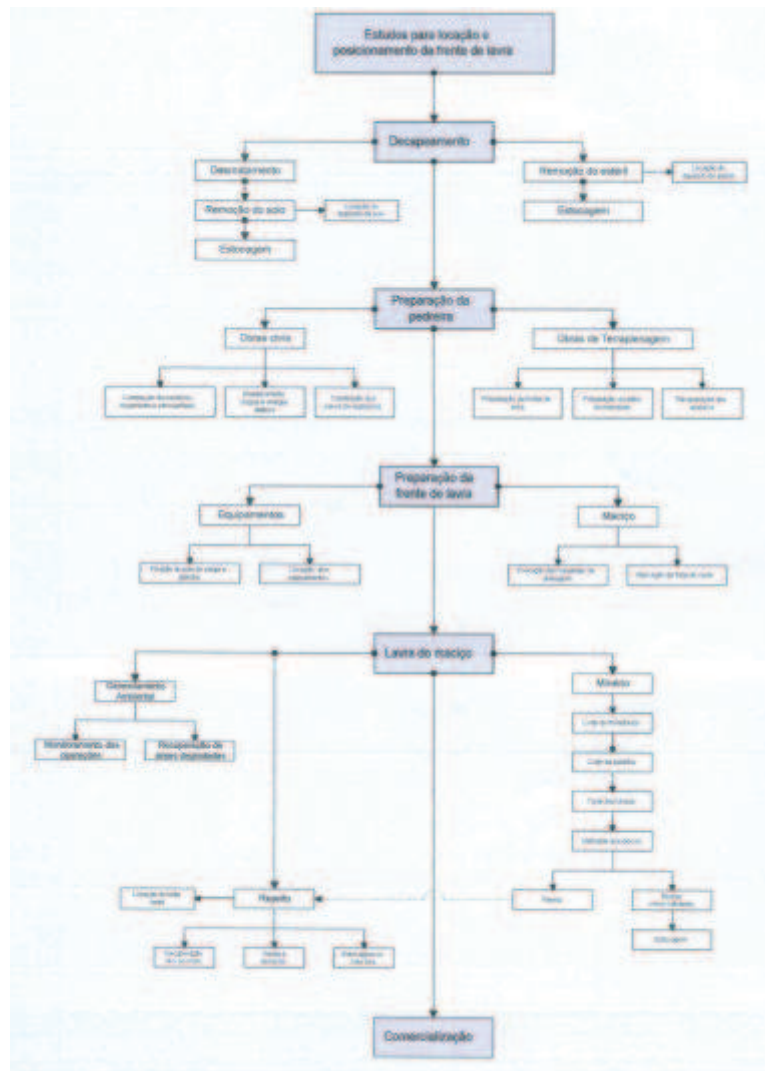


Figura 2 - Fluxograma das Etapas das Operações desenvolvidas no Projeto Mineiro. Fonte: Zaniboni e Vidal.

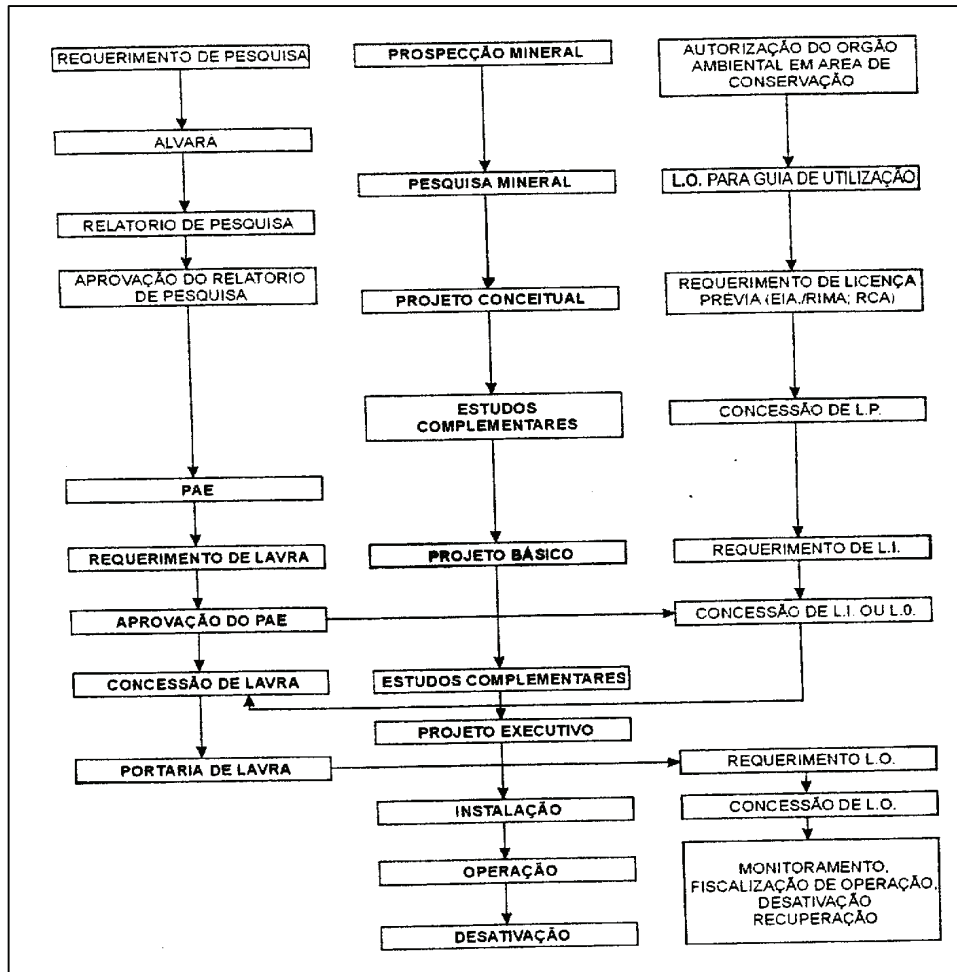


Figura 3 – Projeto de Mineração e as Exigências Legais
Fonte: Chaves (1997)

MÉTODOS DE LAVRA

Lavra a Céu Aberto

Os métodos de lavra utilizados apresentam muitas vezes, diferenciações de rendimento e eficiência em virtude de aplicação de tecnologias inadequadas com condições geológicas e estruturais, acarretando com isso, variações acentuadas nos custos operacionais da extração.

A lavra a céu aberto pode ser realizada através dos cinco principais métodos utilizados e suas principais características (Figura 4): lavra por desmoronamento, lavra seletiva, lavra de matacões, lavra por bancadas; lavra por painéis verticais.

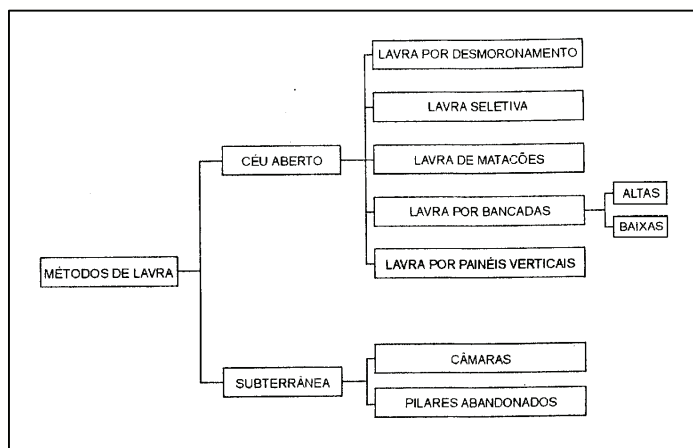


Figura 4 – Métodos de Lavra para Desmonte de Blocos de Rochas Ornamentais
Fonte: Roberto (1998)

a) Lavra por Desmoronamento

Sua aplicação é limitada aos casos em que a rocha apresenta-se sob forma prismática delimitadas por falhas ou planos de estratificação subvertical, dispostos em afloramentos, onde os gradientes topográficos são muito altos (topografia acidentada). O desmonte é realizado através de explosivos, (pólvora negra ou cordel), sem critério. As condições de segurança, são extremamente críticas. Custo de produção: US\$ 50 a US\$ 110/m³e recuperação: < 40%.

b) Lavra Seletiva

Geralmente a configuração geral da pedreira é bem definida em todos os seus componentes, tais como: frentes de lavra, praças, rampas, áreas de manobra, bota-fora, etc. A geometria de cada frente fica condicionada ao andamento das fraturas que limitam a superfície. A produção é pequena, com recuperação muito baixa, necessitando de grandes áreas de “bota-fora”. No corte primário, são utilizados, principalmente explosivos. Para o corte secundário, podem ser empregados outras tecnologias de corte.

c) Lavra de matacões

Os matacões são lavrados em duas etapas com o uso de explosivos (pólvora preta), aproveitando-se o plano de melhor separação e, a seguir, as partes resultantes são subdivididas e esquadrejadas por cunhas no próprio local. É uma lavra de baixo custo operacional e reduzido investimento inicial, possui baixa recuperação e, conseqüentemente, um aumento de produção de estéril, acarretando a necessidade de enormes áreas para a colocação do bota-fora. Custo de produção: US\$ 50 a US\$ 80/m³ e recuperação: 40% a 50%.

d) Lavra por bancadas

Este método é usado quando a pedreira encontra-se nas fases de lavra já bem desenvolvida e assume configurações geométricas regulares com altura de bancadas uniformes, podendo ser baixas ou altas. A geometria da cava é definida pelos seguintes parâmetros: altura dos bancos; largura das bermas; ângulo da face dos bancos e ângulo de talude.

Principais características da lavra por bancadas baixas

Quando sua altura é igual a uma das dimensões do bloco comercializável a jazida possui conformação tabular e planos de descontinuidade paralelas subhorizontais. Neste caso, o desenvolvimento da frente de lavra pode ser extenso e articulado, essencialmente nos casos de elevada produção; temos maior flexibilidade das frentes de lavra em função das feições estruturais presentes; seletividade baixa, com conseqüente redução da produção; maior estabilidade das frentes de lavra; maior segurança do trabalho; e menor impacto visual.

Principais características da lavra por bancadas altas

Quando sua altura é maior do que 8m, ou seja, é igual a um número múltiplo de uma das dimensões do bloco. Blocos de volumes grandes (1000m³) são subdivididas em volumes menores (100 m³) e estes em blocos comercializáveis de 10m³. Aplicável a rochas com grande heterogeneidade qualitativa e estrutural e de difícil recuperação ambiental.

e) Lavra por painéis verticais

A jazida é dividida em painéis verticais cuja espessura coincide com uma das dimensões do bloco, sendo que o limite inferior coincide com a cota da praça e a altura varia de acordo com o perfil do afloramento.

Lavra Subterrânea

Utiliza o método de câmaras e pilares abandonadas; pequeno impacto visual e não ocupa superfície territorial; controle de difícil estabilidade; formação de grandes vazios subterrâneos; problemas geo-mecânicos; risco maior de acidente de trabalho; e maior custo unitário.

Tecnologias de Lavras

A melhor escolha para a execução baseada nas operações que integram os ciclos operacionais da tecnologia de lavra é em função do tipo de morfologia da jazida, de suas reservas, das características mineralógicas, petrográficas e estruturais da rocha, da infra-estrutura local existente e do valor do mercado do bem mineral.

As tecnologias denominadas como tradicionais, podem ser divididas em dois grupos principais: tecnologias cíclicas e tecnologias de corte contínuo, incluindo as tecnologias avançadas de corte.

a) Tecnologias cíclicas

Ciccu (1989) e Caranassios (1993) explicam que os cortes necessários para isolar um volume de rocha são realizados através da sucessão de diversas operações, algumas parcialmente ou totalmente sobrepostas, que vão constituir as fases de um ciclo. Estas tecnologias baseiam-se, principalmente, na técnica de perfuração, e são caracterizadas por grande versatilidade e poder de adaptação em situações de atividades extrativas, as mais diversas. De modo prático, existe uma completa compatibilidade nos confrontos das diferentes tecnologias de lavra, mas nem sempre é prudente recorrer integralmente à sua utilização, preferindo-se muitas vezes adotar combinações entre elas.

A técnica de corte baseada na utilização de explosivos carregados em furos dispostos próximos entre si e que define um plano de corte encontra-se muito difundida e, de certa forma, preferida pela maioria das empresas voltadas à produção de blocos. Devido a sua versatilidade, facilidade de execução, condições favoráveis da rocha e custos normalmente inferiores, suplantam as técnicas alternativas para o caso de pedreiras cuja produção varia de média a baixa. Esta pode ser comparada técnica e

economicamente com as tecnologias cíclicas de perfuração contínua e massa expansiva. De acordo com os autores Bortolussi *et al.*(1988) e Cardu (1992), na Itália vem-se generalizando o uso do cordel detonante, um explosivo com velocidade de detonação, constituído pelo tetranitrato de penta-critritol (nitropenta), com velocidade variando de 6.800 a 7.200 m/s e possui diferentes gramaturas. Existe no mercado o NP-10 = 10g de nitropenta por metro e assim, sucessivamente NP-5 = 5g, NP-3 = 3g = 2g. NP-10 é o cordel que possui a maior energia de choque e, conseqüentemente, maior capacidade de fraturar a rocha dependendo do tipo da mesma. Recomenda-se sua utilização para granitos SS (acima de 25% de quartzo).

Ito *et al.* comentam que a detonação controlada através de cordel detonante, é uma técnica criada para fazer um acabamento final no desmonte da pastilha, parecendo como se a rocha fosse cortada com a faca, deixando o restante praticamente uniforme, sem “overbreak”. Segundo os autores, através da observação da face criada por esta técnica, uma linha de fissura maior é criada de furo a furo sendo este executados em paralelo no plano projetado do corte.

b) Tecnologia de Corte Contínuo

Segundo Ciccu (1980) e Caranassios (1993), explicam que as tecnologias de corte contínuo constituem-se basicamente naquelas cujas operações são efetuadas sem o uso predominante da perfuração e explosivo, principalmente com relação a rochas de origem carbonatadas (mármore), com destaque para o fio helicoidal e os cortadores a corrente. Outro tipo de tecnologia de corte contínuo é o “flame-jet”, utilizado nas pedreiras de granito para solucionar o problema da abertura de canais e rebaixos onde a falta de superfícies livres inviabiliza o uso de explosivos. A Figura 5 apresenta uma ilustração esquemática do corte com “flame-jet”, com respectivos parâmetros operacionais.



PARÂMETROS	
Temperatura da chama (°C).....	1.500 -2.000
Largura do corte (cm).....	10
Avanço do corte por passadas (mm)....	6
Velocidade de corte (m ² /h).....	0,5 – 1,5
Inclinação (graus).....	60
Consumo de ar comprimido (m ³ /min)....	10
Pressão do ar comprimido (Mpa).....	0,85
Combustível (m ³ /h).....	0,020 – 0,075

Figura 5: Corte com “Flame-Jet”
Fonte: Vidal (1995)

A técnica do corte com flame-jet, consiste no uso de uma câmara de combustão revestida de material refratário, na qual são inseridos simultaneamente o comburente (ar comprimido ou oxigênio em garrafa) e o combustível (querosene ou óleo diesel) nebulizado, que proporciona uma chama àquela produzida pelo maçarico oxiacetilênico. A temperatura de saída do gás é da ordem de 1.300 °C, ou mais, no caso da utilização de oxigênio como comburente. O processo de corte na rocha, isto é, a desagregação, não se obtém por fusão, mas sim pelo fato de a elevada temperatura promover a dilatação dos minerais, principalmente quartzo, que estando em situação de confinamento, não pode expandir-se deliberadamente, ocasionando, assim, o rompimento de acordo com as superfícies cristalográficas.

Tecnologia avançada de corte

Segundo Ciccu (1989) a atividade de extração das rochas ornamentais tem registrado um crescente progresso, no aperfeiçoamento das tecnologias tradicionais e na proposta de técnicas modernas caracterizadas por ótimas prestações e melhores condições de ambiente do trabalho. Em alguns casos significativos, as tecnologias inovadoras apresentaram custos inferiores e viabilidade econômica, melhorando ainda a precisão do corte e mantendo íntegra a qualidade da rocha. As novas tecnologias de cortes introduzidas a nível industrial nas pedreiras são, de um lado, aquelas baseadas no uso de elementos diamantados (fio e corrente diamantada) e, do outro, aquelas que utilizam jatos d’água a grande velocidade (puros ou com abrasivos).

Capuzzi (1983), descreve o procedimento do corte com fio diamantado na extração de rochas carbonatadas (mármore), apresentando as primeiras máquinas de corte com esta tecnologia e a diferença entre o sistema operacional das máquinas hidráulica e elétrica.

Bertolini *et al.*(1986) comentam a substituição da tecnologia do fio helicoidal através da evolução constante das tecnologias de abrasivos diamantados nas minas de Carrara, Itália, sob o ponto de vista técnico e aplicativo, para os cortes de paredes verticais e pisos horizontais com diferentes tipos de máquinas da época. Os autores destacam a máquina eletrodinâmica como sendo de última geração para o corte com fio diamantado e argumentam a necessidade de muito estudo na família de ligas de materiais com os abrasivos diamantados eletrodepositados e sinterizados, para o uso no corte das rochas silicatadas. A Figura 6 apresenta uma ilustração esquemática do corte com o fio diamantado.

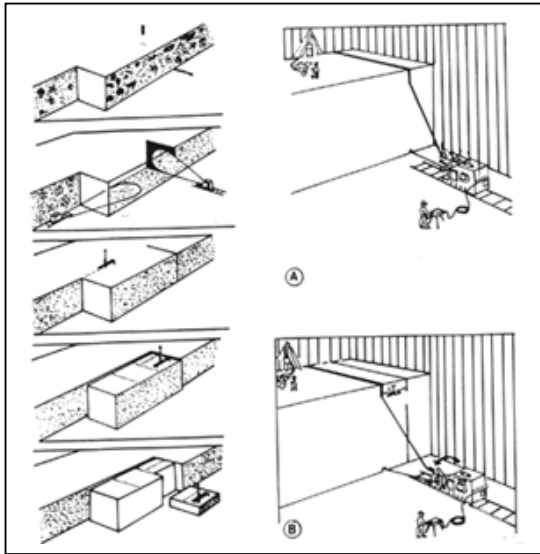


Figura 6 – Ciclo do Corte com Fio Diamantado.

O “wat jet” possui como característica principal a alta pressão do jato d’água, que varia de 100 a 300 MPa, sendo a precisão e rendimento proporcionais à pressão. A velocidade de corte pode atingir 3,5m²/hora em rochas silicosas e silicatadas. O mecanismo de corte consiste em fragmentar a rocha em partículas do tamanho aproximado dos grãos minerais, de acordo com as micro-fraturas dos cristais.

Os autores Bortolussi et al. (1989), Caranassios e Ciccu (1992) chamam atenção que, em comparação com as técnicas tradicionais, o fio diamantado garante um aumento na recuperação e uma melhor qualidade do produto, seja pela regularidade geométrica do corte, seja pela redução de danos no material, além de evitar os problemas de meio ambiente devido ao uso de “flame-jet” e de explosivos, principalmente, nos granitos sensíveis aos efeitos das detonações. A Tabela 1 apresenta os parâmetros técnicos entre o corte com fio diamantado e “flame-jet” para rochas tipo graníticas.

Tabela 1 – Parâmetros Técnicos entre o corte com o fio diamantado “flame-jet” para granitos.

Parâmetros Técnicos	Fio Diamantado	“Flame-jet”
Velocidade de corte (m ² /h)	1,5 - 6,0	1,0
Largura do corte (cm)	1,0 - 1,2	6,0 - 10,0
Desvio superficial (cm)	1,0 - 4,0	10,0 - 30,00
Consumo de água (m ³ /h)	3,0	-
Mão-de-obra (nº de homens)	1,0	2,0
Nível do ruído (dB)	70	130

Fonte: Digita - Universidade de Cagliari.

Bortolussi et al. (1998), apresentam uma revisão compreensiva das tecnologias existentes sendo suas aplicações relativas ao mármore e granito, dependentes das condições técnico-econômicas, de operação das etapas de lavra, incluindo sua localização, bem como das características dos produtos intermediários e finais.

A Tabela 2, apresenta uma comparação técnico-econômica das diferentes tecnologias existentes para lavra de granito cuja velocidade de corte média é de 4 m²/h, com o custo de corte unitário médio de US\$ 70.00 /m². Sabe-se que no caso dos mármore a velocidade de corte média é bem maior (11 m²/h) e o custo de corte unitário médio bem mais baixo (US\$ 20.00 /m²).

Segundo Bortolussi et al. (1988), a lavra das rochas ornamentais, em particular o granito, geralmente é feita utilizando combinações de diversas tecnologias com o objetivo de maximizar o resultado econômico e conferir a necessária flexibilidade ao ciclo produtivo. No entanto, métodos mais destrutivos, como aqueles baseados no uso de explosivo e do “flame-jet” são mais adequados para a execução dos cortes primários no que se refere ao destaque da bancada de grande volume, restando os outros métodos para a subdivisão sucessiva, e em particular, as operações de retalho e esquadreamento dos blocos. Parece não muito lógico, por exemplo, utilizar o “flame-jet” como uma técnica única para extração direta dos blocos do maciço, tendo em vista a chance de redução do volume utilizável, levando-se em consideração a extensão da zona danificada. Analogamente, sabe-se que é aconselhável evitar o uso do explosivo para subdivisão de volumes inferiores de 40 a 50 m³.

Tabela 2 – Comparação técnico-econômica das tecnologias existentes para a lavra de granito.

MODALIDADE OPERACIONAL E PRESTAÇÃO	PARÂMETROS TÉCNICOS					
	EXPLO	FH	FD	CC	PC	CMH
Velocidade de corte (m ² /h)	-	1-2	3-4	1-3	-	-
Largura do corte (mm)	-	80-100	11-12	30-50	-	-
Rugosidade (cm)	5-8	4-6	2-4	1-2	2-3	4-8
Espessura da zona de desperdício (cm)	5-10	10-20	-	-	-	-
Dedução comercial (cm)	10-18	14-26	2-4	1-2	2-3	4-8
Custo de corte unitário (US\$/m ²)	23-30	75-90	60-90	35-60	35-40	25-31
Valor perdido (*) (US\$/m ²) de acordo com a Qualidade da rocha: valor						
200 (US\$/m ²)	20-36	28-52	4-8	2-4	4-6	8-16
400 (US\$/m ²)	40-72	52-104	8-16	4-8	8-12	16-32
800(US\$/m ²)	80-144	104-208	16-32	8-16	16-24	32-64

Fonte: BORTOLUSSI et al. (1988)

Legenda:

EXPLO = Desmonte com explosivo

FH = Fio helicoidal

FD = Fio diamantado

CC = Cortador à corrente

PC = Perfuração contínua

CMH = Cunha mecânica ou hidráulica

(*) Coeficiente de utilização para uma área de corte de 50%

Principais Pedreiras

O Ceará, desde 1994 tem se destacado no mercado, por sua diversidade de litotipos, pois conta com cerca de 50 (cinquenta) tipos diferentes de rochas ornamentais e de revestimentos sendo os mais produzidos atualmente, de granitos: Branco Ceará, Branco Cotton, Branco Cristal Quartzo, Rosa Iracema, Verde Meruoca, Verde Ceará, Verde Ventura, Casa Blanca, Giallo Falécia, Red Dragon, Gree Galaxy, Juparaná Montiel; mármore: Bege Capri, Blue Marine, Bege San Marino, Nero Marquina e Pedra Natural: Calcário Laminado do Cariri, conhecido comercialmente como Pedra Cariri.

No Estado do Ceará observa-se que o NNW responde por 85% da extração de granitos e o Sul do Estado 10% pela Pedra Cariri. O Ceará é o 6º maior produtor de blocos e o 4º maior produtor de acabados no país.

COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

No Estado do Ceará pode-se destacar como tecnologia mais utilizadas a de corte por "flame-jet", por fio diamantado (a mais usada nas pedreiras) e ainda, corte através de perfuração e explosivos. Recentemente, algumas pedreiras vêm utilizando a tecnologia de massa expansiva no desmonte de rochas ornamentais, uma técnica de produto expansivo, aplicado no interior dos furos, que funciona através de reação química, quando misturado com água.

As empresas cearenses que estão adotando a tecnologia de corte com fio diamantado, como é o caso da GRANISTONE (Santa Quitéria), tiveram melhor desempenho e produtividade nas pedreiras. No caso da GRANOS (Meruoca), além da aplicação do fio diamantado, está sendo utilizada a técnica da argamassa expansiva obtendo uma recuperação de 82%, na pedra do granito "Meruoca Clássico". No caso particular desse granito com bancadas baixas, a tecnologia da massa expansiva é a melhor alternativa em substituição à perfuração com explosivos. No entanto, para o caso de bancadas altas esta alternativa de massa expansiva fica inviável técnica e economicamente.

CONCLUSÕES

Com base na pesquisa realizada, a partir dos dados levantados, através de bibliografias e estudo de campo, as principais conclusões, advindas do presente trabalho, são as seguintes:

- Inexistência ou desconhecimento de tecnologia que permita condicionar a rocha ornamental ao insumo mineral especificado pela indústria;
- Inexistência de adequada infra-estrutura (estradas, energia, água, escolas, posto de saúde, etc.) para implantação e/ou ampliação dos empreendimentos minerais no Estado;
- Elevados riscos financeiros, especificamente, para as rochas ornamentais comercializadas no

mercado internacional, que se caracterizam pela grande e contínua oscilação nos preços;

- Pequena disponibilidade de recursos financeiros;
- Incentivos fiscais inexistentes ou de pouco impacto, numa região que não permite ao minerador cearense concorrer com a produção ofertada de outras regiões;
- Deficiência no fomento e fiscalização da produção mineral por insuficiência de pessoal técnico nos órgãos oficiais;
- Recessão na construção civil (o principal mercado consumidor dos produtos de rochas ornamentais (cerca de 75%) - em pisos revestimentos e trabalhos estruturais e da utilização na arte funerária (15%);
- Descapitalização das empresas;
- Pequena oferta de matéria-prima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, C. R. A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. Tecnologia de lavra e beneficiamento de rochas ornamentais. Fortaleza: FIEC/IEL, vol. 3, p.11-15, 1996.

BORTOLUSSI, A. et al. Escavazione e preparazione du blocchi di granito. MARNI GRANITI, PIETRE, Carrara, n. 162, p. 17-33. 1989.

CHAVES, P. Arthur. Gerenciamento de Projetos de Mineração, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CICCU, Raimondo; VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. Extração de rochas ornamentais. Módulo do Curso de Especialização em Tecnologia de Extração & Beneficiamento de Rochas Ornamentais. Fortaleza, 1999.

CICCU, Raimondo; Coltivazione e Valorizzazione dei lapidei silicei quarrying and processing of eruptive rocks. ATTI DELLE GIORNATE DI STUDIO, Convegno Internazionale Su: Situazione e Prospettive Dell'Industria Lapidea, A.N.I.M., Cagliari, 1989. Anais, Cagliari, 1989, p. 165-177.

DUARTE, Giovanni William. Método de lavra determina a eficácia do rendimento. Rochas de Qualidade, São Paulo, n. 138, p. 91 -110, 1998.

ROBERTO, Fernando Antonio da Costa. Rochas ornamentais do Ceará. Geologia, Pesquisa, Lavra, Beneficiamento e Mercado. Fortaleza, 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Ceará – UFCE.

SOUSA, W. Triqueiro de. - Impactos dos Métodos de Lavra a céu aberto no Meio Ambiente, Curso de Controle Ambiental na Mineração. DNPM/CNPq/UFOP, Ouro Preto. 1995.

SOUZA, Petain Ávila de. - Avaliação Econômica de Projetos de Mineração – Análise de Sensibilidade e Análise de Risco, Belo Horizonte, 1995.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; STELLIN JÚNIOR, Antonio. A indústria extrativa de rochas ornamentais

no Ceará, USP, São Paulo, p. 1, 1995. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VIDAL, Francisco Wilson Holanda. Perspectiva do Setor Mineral de rochas ornamentais. Fortaleza, 1994.

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda. Estudo dos elementos abrasivos de fios diamantados para a lavra de granitos do Ceará. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, p.5-6, 1999.

BERTOLINI, R. *et al.* Le moderne tecnologie nella estrazione lapidea nazionale ed. internazionale. Convegno internazionale la cava nel 2000. Tra innovazione tecnologica e nuove dinamiche di mercato. In: FEIRA INTERNAZIONALE MARMI E MACCHIN CARRARA, 7., 1986, Carrara.

BORTOLUSSI, A. *et al.* Improved Technology and Planning in Modern Stone Quarrying. In: SYMPOSIUM ON MINE PLANNING AND EQUIPMENT SELECTION, 1988, Balkema. Anais... Rotterdam, 1988. p. 107 – 119.

CARANASSIOS A. Applicazione di tecnologie avanzate per il taglio del granito. 1993. 368f. Tesi (dottorato) - Università Degli Studi di Cagliari, Cagliari, 1993.

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

CAPUZZI, Q. Una tecnologia nella escavazione dei marmi apuani: Le Tagliatrici a filo diamantato. Atti delle Giornate di Studio, Il CONVEGNO NAZIONALE SU: LE ATTIVITA ESTRATTIVE E LA PROBLEMATICA DEL TERRITORIO, A.N.I.M., Bergamo, 1983. Anais... Bergamo, 1983 24-26, novembro 1983.

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

ITO, I. *et al.* Rock breakage bu smooth blasting. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, 2, Belgrade, 1970. Proceedings. Paper n. 5-6.

CARDU, M. Il Método della miccia detonante per il taglio del granito: In: CONFERENZA EUROPEA SULLE CAVE - EUROCAVE, A.N.I.M., 1., 1992, Saint Vincent. Anais... Saint Vincent, 1992. p. 184 - 187.

PEITER, C & CHIOLDI FILHO, C. Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ABIROCHAS, 2001.