

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
Departamento de Engenharia de Materiais de Construção  
Curso de Especialização em Construção Civil

GIOVANNA CALLEGARI MAURO

**ESTUDO DO PROCESSO PRODUTIVO DOS GRANITOS NO  
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO OBJETIVANDO A APLICAÇÃO  
DESTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

BELO HORIZONTE  
2011

GIOVANNA CALLEGARI MAURO

**ESTUDO DO PROCESSO PRODUTIVO DOS GRANITOS NO  
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO OBJETIVANDO A APLICAÇÃO  
DESTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, com ênfase em Gestão e Avaliações nas Construções. Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Junior.

BELO HORIZONTE  
2011

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, meu irmão e ao Lucas, por todo apoio, carinho e  
compreensão...

Aos meus professores, pela competência e dedicação na transmissão de seus  
conhecimentos...

Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Junior, pela atenção na  
orientação neste trabalho...

A todos os amigos que fiz e vou levar pra toda vida, Eveline, Fábio, Jaqueline e  
Kênia...

A todos que contribuíram para a realização deste estudo de forma direta e  
indiretamente, em especial a Mauro Mármore e Granitos, Granitos Collodetti e  
a CETEM de Cachoeiro de Itapemirim.

## RESUMO

No presente estudo, foi mostrada uma pequena introdução da evolução no uso das rochas ornamentais nos dias atuais, de como ela ganhou espaço na construção civil. Devido à rocha enfocada ser o granito, foi descrito um pouco sobre ela, sua composição, sua formação. O estudo mostra todo o processo de produção da rocha, dos tipos de lavras, das tecnologias de serragem, das variedades de acabamentos e da aplicação dos granitos nos 04 (quatro) grupos: arquitetura e construção, construção e revestimento de elementos urbanos, arte funerária e arte de decoração. Apesar de haver um conjunto de normas que indicam quais os ensaios e testes que devem ser feitos nas rochas, ainda há necessidade de ensaios mais específicos, ensaios para cada tipo de granito. Com isso, facilitaria aos profissionais do ramo indicar o granito certo, para seu melhor lugar de aplicação, assim evitariam muitos problemas patológicos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** rochas ornamentais, granito, normas, problemas patológicos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Granito	13
Figura 02	Observação de lâmina petrográfica em lupa estereoscópica	15
Figura 03	Máquina de desgaste abrasivo Amsler	15
Figura 04	Detalhe de corpo de prova rompido após aplicação de esforços	16
Figura 05	Detalhe de corpo de prova rompido por aplicação de esforços fletores	16
Figura 06	Detalhe de corpo de prova quebrado pela queda da esfera de aço	17
Figura 07	Detalhe de corpo de prova, obtido a partir de rocha beneficiada, rompido após aplicação de esforços.	18
Figura 08	Ilustração da medida de velocidade de propagação de ondas	19
Figura 09	Etapas produtivas e principais produtos da indústria de rochas ornamentais	21
Figura 10	Foto pedreira Sapucaia, Castelo ES	22
Figura 11	Lavra subterrânea	24
Figura 12	Pedreira de matacão	25
Figura 13	Matacão	25
Figura 14	Vista corte da pedreira Sapucaia Castelo ES	26
Figura 15	Detalhe do corte	27
Figura 16	Bloco sendo levantado pelo “pau de carga”	27
Figura 17	Carregamento do bloco para transporte até serraria, para dar início ao processo de beneficiamento primário.	28
Figura 18	Estocagem dos blocos antes da serragem	29
Figura 19	Foto do cargo que irá transportar o bloco até o tear	29
Figura 20	Tear convencional	30

Figura 21	Vista superior do tear	31
Figura 22	Potitriz automática de 20 cabeças	32
Figura 23	Material após fase do polimento fino	33
Figura 24	Material em fase de brilho	33
Figura 25	Material levigado pronto para entrar no forno onde será aquecido à 700°C	34
Figura 26	Linha de resina	35
Figura 27	Material resinado esperando o tempo de “secagem” antes do polimento	35
Figura 28	Material telado	36
Figura 29	Granito jateado	36
Figura 30	Técnica de flameamento	37
Figura 31	Acabamento apicoado	37
Figura 32	Estocagem de chapas	38
Figura 33	Chapa de granito levigado sendo passado o impermeabilizante em uma das suas superfícies	39
Figura 34	Detalhe cortadeira manual	40
Figura 35	Cortadeira manual	40
Figura 36	Serra-ponte	41
Figura 37	Linhas automáticas para peças padronizadas (pisos padrões).	41
Figura 38	Serra mármore meia esquadria	42
Figura 39	Serra mármore comum	42
Figura 40	Furadeira	43
Figura 41	Bancada com furo sem a cuba colada	43
Figura 42	Lixadeira, primeiro processo do acabamento manual a seco	44
Figura 43	Politriz, segundo processo do acabamento manual.	44
Figura 44	Acabamento manual com fresa de bancada	45
Figura 45	Máquina automática de acabamento	45
Figura 46	Bancada de granito pronta	46
Figura 47	À esquerda, o Granito Preto São Gabriel é usado como bancada de cozinha e a direita, o Granito Verde Candeias é usada na parte externa em uma fachada.	47

Figura 48	Pedestal em Granito Branco Ceará	48
Figura 49	Cemitério em Portugal, projeto dos jazigos do arquiteto Pedro dias	48
Figura 50	Aparador	49
Figura 51	Mesa	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Propriedades para escolha das rochas para revestimento	20
Tabela 02	Tempo de serrada do bloco no tear convencional	31



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	12
1.2	METODOLOGIA	12
2.	ROCHAS SILICÁTICAS - GRANITOS	13
3.	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRANITOS	14
4.	ETAPAS DO FLUXO DOS GRANITOS	21
4.1	O PROCESSO DE EXTRAÇÃO	22
4.2	O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO	28
4.2.1	Beneficiamento Primário (Serraria)	28
4.2.2	Beneficiamento Final (Marmoraria)	38
4.2.3	Aplicação dos granitos na construção civil	46
5.	ANÁLISE DO USO DOS GRANITOS A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS	50
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

## 1. INTRODUÇÃO

A pedra é sem dúvida o material de construção mais antigo utilizado pelo homem até a atualidade. O período da idade da pedra é considerado um marco inicial das atividades tecnológicas. São inúmeras as construções da Antiguidade que se preservam até hoje mesmo com a ação das intempéries (água, sol e chuva), ações de catástrofes ambientais, ou até mesmo ações do homem. Inicialmente a pedra foi usada na sua forma bruta. Hoje ela sofre diversos tipos de acabamentos e formas, dando uma maior versatilidade no seu uso.

No final do século XIX e início do século XX, o advento das construções metálicas e o desenvolvimento da tecnologia do concreto impuseram restrições ao seu emprego, devido seu alto custo em relação aos outros materiais. Porém, mais tarde, houve um retorno do seu uso, proporcionando um aspecto estético mais agradável e de qualidade mais duradoura.

Dados levantados por Cid Chiodi Filho (2009), estimavam uma movimentação de US\$ 18 bilhões/ano nos mercados internos dos países produtores, de US\$ 12 bilhões/ano com comercialização de materiais brutos e beneficiados, mercado internacional, bem como de US\$ 10 bilhões/ano para negócios com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e prestação de serviço.

O estado do Espírito Santo destaca-se em nível nacional, tendo suas principais jazidas de mármore na região sul (sendo o principal produtor de mármore e similares) e suas principais jazidas de granitos na região norte (sendo o segundo produtor de granito e similares).

Os avanços tecnológicos permitiram o aproveitamento e difusão de diversas rochas anteriormente não comercializadas, enquanto as novas utilizações viabilizaram soluções estéticas e funcionais muito interessantes e confiáveis na construção civil.

Cerca de 80% da produção mundial dos granitos é atualmente transformada em chapas e ladrilhos para revestimentos, 15% desdobrada em peças para arte funerária e 5% para outros campos de aplicação. Aproximadamente 60% dos revestimentos referem-se a pisos, 16% a fachadas externas, 14% a interiores e 10% a trabalhos especiais de acabamento. (CHIODI, 2009).

## 1.1. OBJETIVOS

### **Objetivo geral**

- Pesquisar sobre o processo produtivo dos granitos no estado do Espírito Santo, com vistas às características tecnológicas dos granitos.

### **Objetivo específico**

- Objetivar a adequada especificação do granito na aplicação na construção civil.

## 1.2. METODOLOGIA

- Revisão bibliográfica
- Estudo do processo de extração por meio de visitas as lavras da empresa Granitos Collodetti, pedreira Sapucaia em Castelo.
- Estudo do processo de beneficiamento de rochas ornamentais por meio de visitas aos pátios de serragem, polimento e marmoraria das em empresas Mauro Mármore e Granitos na cidade de Castelo e Granitos Collodetti em Condurú distrito de Cachoeiro de Itapemirim.
- Visita ao CETEM de Cachoeiro de Itapemirim.

## 2. ROCHAS SILICÁTICAS – GRANITOS

No setor de rochas ornamentais e de revestimento, o termo granito designa um amplo conjunto de rochas silicáticas, abrangendo monzonitos, granodioritos, charnockitos, sienitos, dioritos, basaltos e os próprios granitos.

Na composição mineralógica dos “granitos” é definida por associações de muito variáveis de quartzo, feldspato, micas, anfibólios, piroxênios e olivina. Alguns destes podem estar ausentes, porém quartzo, feldspato, micas e anfibólios estão sempre presentes.

Os maciços graníticos destacam-se na paisagem por possuírem forma ovalada, denominada “pão de açúcar”, ocupando área de centena de quilômetros quadrados.

São muitas as variedades de granitos, onde são diferenciadas na textura (grossa, média ou fina) e na coloração (avermelhada, rosada, amarelada e cinza) que quando polidas ostentam um conjunto harmonioso. Em geral apresenta uma estrutura compacta, uma resistência mecânica relativamente alta e pequena alterabilidade. O granito não pode ser arranhado por um canivete ou uma chave.



Figura 01: Granito

Fonte: [www.geologia.ufrj.br/index.php?module=photoalbum&PHPWS\\_Album\\_id=13&PHPWS\\_Photo\\_op=view&PHPWS\\_Photo\\_id=303](http://www.geologia.ufrj.br/index.php?module=photoalbum&PHPWS_Album_id=13&PHPWS_Photo_op=view&PHPWS_Photo_id=303)

### 3. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DOS GRANITOS

O granito é um produto extraído da natureza na sua forma rústica, numa ampla variedade de cores, proporcionando aos especificadores um leque de soluções estéticas para seu uso e podendo ser submetido a processos de industrialização para seu desdobramento em formas aplicáveis em vários segmentos da construção civil.

Além das feições estéticas dos granitos, a seleção e o seu uso deve levar em conta as características tecnológicas. Estas características irão refletir no comportamento físico-mecânico das rochas nas condições normais de utilização, permitindo diagnosticar problemas estéticos decorrentes da seleção e aplicação inadequada dos materiais.

Para a definição destes parâmetros, recomenda-se que todos os materiais rochosos de ornamentação e revestimento sejam submetidos a ensaios de caracterização tecnológica.

Estes ensaios servem para distinguir os campos de aplicação dos materiais e de seu comportamento frente às solicitações, sendo itens obrigatórios nos catálogos fotográficos dos grandes fornecedores e sendo exigíveis por consumidores.

Os procedimentos e padrões de avaliações dos resultados de ensaios são determinados por normas técnicas. As principais normas são sempre definidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), AFNOR (Association Française de Normalization), dentre outras.

Os ensaios designados como “índices de qualidades” são:

- a) **Petrografia Microscópica:** Este ensaio fornece a natureza, mineralogia e classificação da rocha, com ênfase as feições que

poderão comprometer sua resistência química e mecânica, e afetar sua durabilidade e estética.



Figura 02: Observação de lâmina petrográfica em lupa estereoscópica.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)

- b) **Índices Físicos:** Referem-se às propriedades de massa específicas aparentes seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água, que permitem avaliar indiretamente o estado de alteração e de coesão das rochas.
- c) **Desgaste Amsler:** Indica a redução de espessura (mm) que placas de rochas apresentam após um percurso abrasivo de 1.000 m na máquina Amsler. O abrasivo utilizado é areia essencialmente quartzosa. Este ensaio procura simular, em laboratório, a solicitação em atrito devido ao tráfego de pessoas ou veículos.



Figura 03: Máquina de desgaste abrasivo Amsler.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)

- d) **Compressão Uniaxial:** Determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física.



Figura 04: Detalhe de corpo de prova rompido após aplicação de esforços.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)

- e) **Resistência a Tração na Flexão:** O ensaio de tração na flexão determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores. Permite avaliar sua aptidão para uso em revestimento ou elemento estrutural e também fornece um parâmetro indicativo de sua resistência à tração.

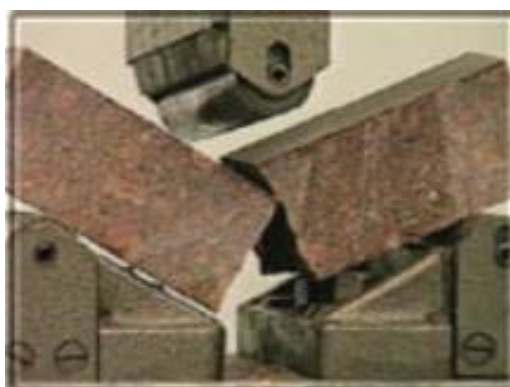


Figura 05: Detalhe de corpo de prova rompido por aplicação de esforços fletores.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)



- f) **Coeficiente de Dilatação Térmica Linear:** É determinado ao se submeter às rochas a variações de temperatura em um intervalo entre 0°C e 50°C. É importante para o dimensionamento do espaçamento das juntas em revestimentos.
- g) **Impacto de Corpo Duro:** Fornece a resistência da rocha ao impacto através da determinação da altura da queda (m) de uma esfera de aço que provoca o fraturamento e quebra de placas de rocha. É um indicativo de tenacidade de rocha.



Figura 06: Detalhe de corpo de prova quebrado pela queda da esfera de aço.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)

- h) **Congelamento e Degelo:** Consiste em submeter à amostra em 25 ciclos de congelamento e degelo e verificar a eventual queda de resistência por meio de execução de ensaios de compressão uniaxial ao natural e após os ensaios de congelamento e degelo. Calcula-se então o coeficiente de enfraquecimento (K), pela relação entre a resistência após os ciclos de congelamento e degelo e a resistência no estado natural. É um ensaio recomendado às rochas que se destinam à exportação para países de clima temperado, nos quais é importante o conhecimento prévio da susceptibilidade da rocha a este processo de alteração.

- i) **Flexão:** O único ensaio rotineiro que é realizado obrigatoriamente em rocha beneficiada é o de resistência à flexão (ou flexão por carregamento em quatro pontos). Nesse, simula-se os esforços flexores (MPa) em placas de rocha, com espessura predeterminada, apoiadas em dois cutelos de suporte e com dois cutelos de carregamento. É particularmente importante para dimensionamento de placas a serem utilizadas no revestimento de fachadas com o uso de sistemas de ancoragem metálica para a sua fixação.



Figura 07: Detalhe de corpo de prova, obtido a partir de rocha beneficiada, rompido após aplicação de esforços.

Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)

- j) **Velocidade de Propagação de Ondas Ultra-sônicas longitudinais:** A determinação da velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais (m/s) permite avaliar, indiretamente, o grau de alteração e de coesão das rochas. É realizada, complementarmente, em todos os corpos-de-prova destinados aos ensaios de compressão uniaxial e de tração na flexão, e auxilia a interpretação dos resultados obtidos nestes ensaios. Os valores relativamente mais altos, num conjunto de corpos-de-prova de uma mesma amostra ou entre amostras petrograficamente semelhantes, indicam um menor grau de alteração e uma maior coesão entre seus minerais formadores. Normalmente para este tipo de ensaios utiliza-se o PUNDIT (Portable Ultrasonic Non Destructive Digital Indicating Test). Sua importância reside em ser um dos poucos ensaios não destrutivos disponíveis para

verificação de propriedades rochosas, sendo assim, também muito empregado na avaliação da degradação de rochas, especialmente nos estudos de recuperação de monumentos históricos em rocha.



*Figura 08: Ilustração da medida de velocidade de propagação de ondas.*

*Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)*

Os ensaios e estudos feitos são concebidos e desenvolvidos para representar as solicitações as quais a maioria das rochas de revestimento estará submetida conforme a situação de uso.

Na tabela abaixo, são exibidos as propriedades a serem necessariamente enfocadas durante a escolha das rochas para determinadas situações de uso. Essas propriedades também são determinadas nos ensaios de caracterização tecnológica.

<b>PROPRIEDADES IMPORTANTES PARA A ESCOLHA E UTILIZAÇÃO DE ROCHAS DE REVESTIMENTO, CONFORME O EMPREGO:</b>						
FUNÇÃO DO REVESTIMENTO	PISOS		PAREDES		FACHADAS	TAMPOS (*)
	Ext.	Int.	Ext.	Int.		
Tipo de rocha	X	X	X	X	X	X
Absorção d'água	X	X	X	X	X	X
Desgaste abrasivo	X	X				
Flexão	X	X			X	
Compressão			X	X		
Dilatação Térmica	X	X	X	X	X	
Acabamento Superficial	X	X			X	
Alterabilidade	X	X			X	X
(*) especialmente pias de cozinha						

*Tabela 01: Propriedades para escolha das rochas para revestimento.*

*Fonte: [www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)*

as.htm

## 4. ETAPAS DO FLUXO DOS GRANITOS

As etapas do fluxo dos granitos consistem em: etapa da extração, etapa dos beneficiamentos e fechando o fluxo com das etapas, segue a área de aplicações dos granitos.

As aplicações podem ser reunidas em 04 grupos: arquitetura e construção, construção e revestimento de elementos urbanos, arte funerária e arte de decoração.

Em qualquer uma das aplicações, o ciclo produtivo se divide em 04 partes: a pesquisa mineral, extração, beneficiamento primário e beneficiamento final.

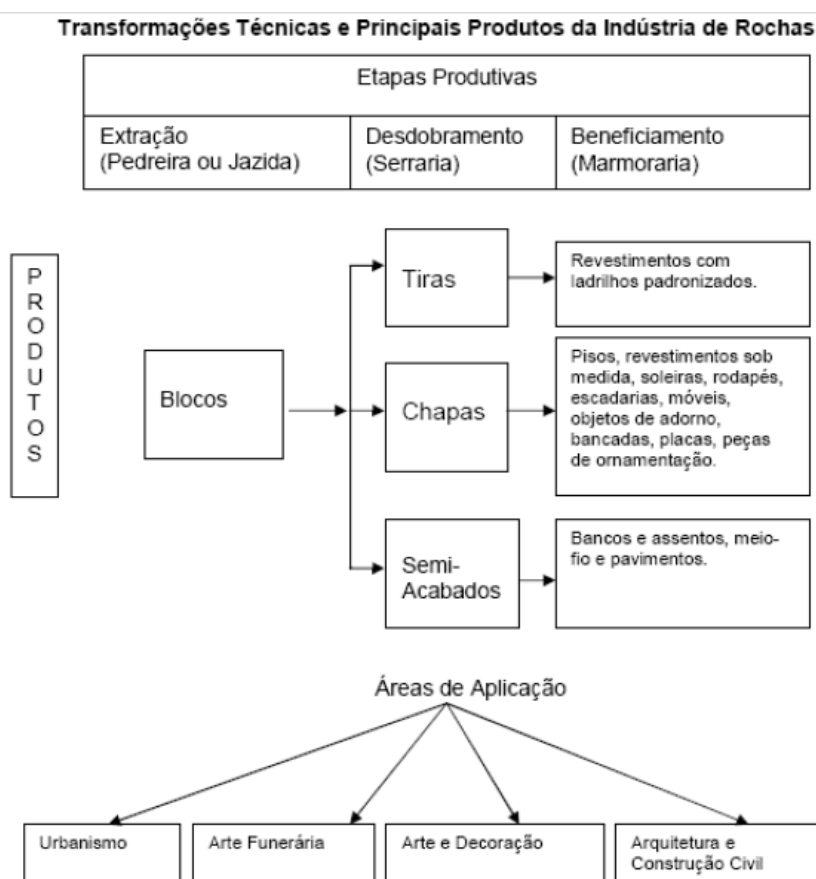


Figura 09: Etapas produtivas e principais produtos da indústria de rochas ornamentais.

Fonte: [www.desenbahia.ba.gov.br/recursos/news/video/%7B3FC152B1-BEAA-4ED5-B748-C370C1559F4B%7D\\_Rochas\\_ornamentarias.prn.pdf](http://www.desenbahia.ba.gov.br/recursos/news/video/%7B3FC152B1-BEAA-4ED5-B748-C370C1559F4B%7D_Rochas_ornamentarias.prn.pdf)

#### 4.1. O PROCESSO DE EXTRAÇÃO

Inicialmente é feita uma pesquisa do solo, onde é feito o levantamento potencial e da qualidade da rocha dentre outras características. Este processo é extremamente importante, pois através deste e do estudo das condicionantes geológicas regionais, o profissional qualificado (geólogo ou engenheiro de minas) dará o parecer técnico se será ou não viável a lavra, ou qual a melhor forma de extração, evitando gastos desnecessários.

As atividades de extração mineral só podem ser exercidas se o empreendedor estiver regularizado perante o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Este órgão é que concede a licença de pesquisa e exploração das atividades mineradoras. Já a concessão para se lavar uma jazida é outorgada pela portaria do ministro de Minas e Energia.

As jazidas rochas podem ser lavradas em maciços rochosos e em matacões, utilizando métodos e técnicas que possibilitam resultados satisfatórios ao custo e benefício. Na fase de planejamento, é importante verificar, se o matacão ou maciço, possui características ideais para serem lavrados, se não há trincas, existência de impurezas, alterações, topografia local, etc.



*Figura 10: Foto pedreira Sapucaia, Castelo ES.*

*Fonte: Edvaldo Jesus Colodetti*

- **Lavras de maciços rochosos:**

- a) **Lavra do tipo fossa:** Apresenta um impacto visual pequeno, pois a área explorada só pode ser vista de níveis mais elevados. Desvantagem é que atinge o lençol freático e o bombeamento da água do interior da cava às vezes deve ser constante. O acesso é à frente através de escadas tipo marinheiro ou guindaste.
- b) **Lavra do tipo poço:** Esse método possui rampas laterais com forte inclinação, servindo de acesso à frente a lavra. É mais oneroso do que o método anterior. Há problemas com inundações e acidentes de trabalho em pedreiras que usam este sistema de lavra são bem comuns.
- c) **Lavras por bancadas baixas:** Método de bancadas horizontais baixas, em que uma das medidas do bloco não pode ultrapassar 3,0m, uma vez que o bloco retirado da cava possui as medidas ideais para ser usado no tear. Método recomendado para materiais homogêneos, sendo muito flexível para a identificação que serão utilizadas nas partes do bloco. Método vantajoso para segurança do trabalho, pois evita e reduz de forma considerável o risco de acidentes graves, além de possibilitar um controle minucioso da lavra.
- d) **Lavra por bancadas altas:** Geralmente é usado quando o maciço possui altura de 6,0m a 16,0m. A abertura das bancadas variam de 3,0 a 6,0m de largura e 40,0m de comprimento, podendo ser utilizado diferentes tipos de tecnologias de cortes, principalmente os de fio diamantado. É caracterizado pela grande incidência de perfuração para fazer subdivisão em blocos com dimensões adequadas à serragem. Por ser um processo que necessita mais de mão de obra, acaba sendo mais oneroso do que o processo de bancada baixa.

- e) **Lavra por desabamento:** Pode ser feito por painéis horizontais ou verticais. Os horizontais são recomendados quando o relevo tem inclinação baixa e os verticais são recomendados necessariamente deve ser íngreme. É um método que exige pouco conhecimento técnico. Uma das principais vantagens são o baixo custo e baixo investimento inicial.
- f) **Lavra subterrânea:** É ainda pouco utilizada. Seu uso só é justificado em jazidas de rochas de qualidade excepcional, com alto valor no mercado. A maior vantagem de uma lavra subterrânea é um impacto ambiental pequeno. Por outro lado, apresenta grande dificuldades operacionais, problemas geomecânicos, maior probabilidade de ocorrer acidentes e ainda o custo da lavra mais caro.



*Figura 11: Lavra subterrânea.*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI-RJ.*



▪ **Lavra de matacões:**

Os matacões são originados dos maciços rochosos onde ocorreu fraturamentos de origem tectônicas, ou de alívio de pressão, ou da alternância de dias quentes e noites frias ao longo de milhões de anos.

A lavra é um método menos oneroso por não necessitar de mão de obra qualificada, por apresentar custos baixos para abertura de acessos e custos operacionais reduzidos. Porém, com ela é gerado grandes problemas ambientais, devido às impurezas e alterabilidade dos minerais, o que dificulta a recuperação da área, além da geração de um grande volume de rejeito.



Figura 12: Pedreira de matacão.

Fonte: [granitonews.blogspot.com/2007\\_09\\_12\\_archive.html](http://granitonews.blogspot.com/2007_09_12_archive.html)

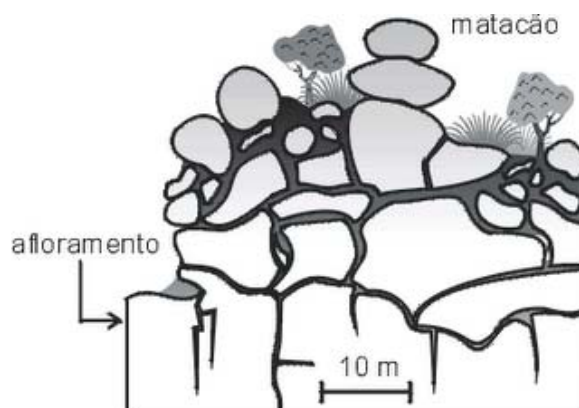


Figura 13: Matacão.

Fonte: [granitonews.blogspot.com/2007\\_09\\_12\\_archive.html](http://granitonews.blogspot.com/2007_09_12_archive.html)

▪ **Tecnologia do corte:**

A tecnologia do corte a ser empregada nas atividades de lavra será de acordo com vários fatores, tais como: o tipo de rocha a ser extraída, suas características estruturais e petrográficas, o valor do material no mercado, o meio-ambiente, a disponibilidade financeira da empresa, dentre outros.

Hoje, há um grande progresso nas tecnologias de cortes das lavras, tanto nas tradicionais quanto nas avançadas. Isso ocorre devido à grande demanda das rochas para as áreas da engenharia, arquitetura e construção civil.

As técnicas mais avançadas são:

- Corte por fio diamantado;
- Waterjet;
- Correia diamantada.



*Figura 14: Vista corte da pedreira Sapucaia Castelo ES.*

*Fonte: Edvaldo Jesus Colodetti*



*Figura 15: Detalhe do corte.*

*Fonte: Edvaldo Jesus Colodetti*



*Figura 16: Bloco sendo levantado pelo "pau de carga".*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI – RJ.*



*Figura 17: Carregamento do bloco para transporte até serraria, para dar início ao processo de beneficiamento primário.*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI – RJ.*

## 4.2. O PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

Na industrialização dos granitos, o próximo processo após a lavra é o beneficiamento, que irá preparar o material para a comercialização. O objetivo é dar um tratamento final da rocha, adequando as chapas às especificações de dimensões e acabamento superficial que o produto deve apresentar. Essa etapa de beneficiamento é dividida em duas partes: beneficiamento primário e beneficiamento final.

### 4.2.1 Beneficiamento Primário (Serraria)

O beneficiamento primário é conhecido também por desdobragem e serragem, processo que é feito na serraria, e que corresponde ao corte do bloco em chapas com espessuras que variam principalmente de 1,5cm, 2cm e 3cm. É também na serraria que ocorre o processo de polimento/beneficiamento das chapas.

Inicialmente é feita a escolha do bloco que será serrado. Em seguida, ocorre o preparo do cargo (tear) onde será feita a serragem. Depois de serrado o bloco é feito a lavagem e retirada do cargo, onde a descarga é feita pelo carro porta bloco.



Figura 18: Estocagem dos blocos antes da serragem.

Fonte: [www.granitoscollodetti.com.br](http://www.granitoscollodetti.com.br)



Figura 19: Foto do cargo que irá transportar o bloco até o tear.

Fonte: Foto tirada pela autora.

No Espírito Santo há dois tipos de teares que são utilizados nas serrarias: tear convencional e tear de fio diamantado.

O tear mais utilizado ainda é o tear convencional, devido o tear de fio diamantado ainda possuir um valor aquisitivo mais caro (preço cerca de R\$ 1.700.000,00, enquanto o convencional tem valor de aproximadamente R\$ 470.000,00), pois ele ainda não é fabricado no Brasil e sim na Itália.



*Figura 20: Tear convencional.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

O material utilizado na serrada feita por um tear convencional é a granalha, lâmina e o cal. O resíduo formado durante a serrada é uma lama sólida, altamente ofensiva para a natureza, não podendo ser lançada em qualquer parte do meio ambiente, pois ela contamina o lençol freático. O tempo de serrada tem em média de 150 horas, variando com o tipo do granito.

Já no tear de fio diamantado, o material utilizado na serrada é somente água e o fio. O resíduo produzido por ele é uma lama que através do processo de decantação, a água é separada do pó, onde a água pode ser reutilizada na serraria e o pó depois de seco, pode ser jogado em qualquer parte do meio ambiente. O tempo de duração da serrada tem em média 30 horas, variando com o tipo de granito.



Figura 21: Vista superior do tear.

Fonte: Foto tirada pela autora.

Abaixo segue uma tabela com o tempo de serrada de um bloco de granito em um tear convencional:

<b>DUREZA DO GRANITO</b>	<b>HORAS DE SERRADA</b>
ALTA	72hs a 144hs
MÉDIA	60hs à 78hs
BAIXA	48hs à 60hs
MACIA	24hs à 40hs

Tabela 02: Tempo de serrada do bloco no tear convencional.

Fonte: Dados passado em entrevista com gerente de produção da empresa Granitos Collodetti, Douglas Francisco Alves.

Depois da serrada é feito a lavagem das chapas, para tirar qualquer resíduo delas.

Então, é feito um tratamento de oxidação nestas chapas. Para tratamento anti-granalha é passado o oxilene. Já para tratamento mineral (pois alguns granitos

devido sua formação, automaticamente oxidado com o tempo) é passado um antioxidante com duração de 48 horas.

- **Polimento e beneficiamento das chapas:**



Figura 22: Politriz automática de 20 cabeças.

Fonte: [www.granitoscollodetti.com.br](http://www.granitoscollodetti.com.br)

Nesta fase há diversos tipos de beneficiamentos que uma chapa pode sofrer.

a) **Material polido:** O material polido é feito através de uma politriz. Em uma politriz de 20 cabeças serão utilizados 21 diferentes tipos de abrasivos. São 03 etapas de utilização de abrasivos:

- grosso: para o corte;
- fino: para o fechamento;
- brilho: para o lustre.





*Figura 23: Material após fase do polimento fino.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 24: Material em fase de brilho.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

- b) **Material levigado:** Este processo é destinado a eliminar irregularidades e rugosidades da superfície das chapas geradas do processo de serragem. Para fazer o material levigado é passado na chapa só a primeira fase do polimento, que consiste na fase grossa.

- c) **Material resinado ou telado:** A aplicação da resina ou tela na chapa será feita no material levigado. Para a aplicação da resina, depois do material levigado, é retirado da politriz sendo colocado para secar naturalmente. Depois de seco a chapa irá para o forno a 700°C onde irá abrir os “poros” do granito para a resina penetrar. Depois de aplicada a resina o material volta para a politriz para terminar as duas etapas faltantes do polimento (fino e brilho). O tempo em que a chapa fica com a resina antes do polimento varia. Pode ser 24 horas, 48 horas ou até 72 horas, sendo que o tempo de 24 horas o material ficará com uma coloração mais escura e o de 72 horas a coloração ficará mais próxima do natural. A utilização da resina é para materiais com fissuras, buracos ou trincas (este mais nos exóticos). A resina serve somente para preenchimentos destes vazios, tornando o material impermeável por causa da camada protetora formada na sua superfície, porém material não ficará mais resistente. A tela é utilizada em materiais muito frágeis, principalmente nos exóticos. Ela serve para fazer com que os materiais sejam mais resistentes. A tela é colada com a resina. Depois de colada a tela, o material é resinado no outro lado dando continuidade ao processo de polimento.



*Figura 25: Material levigado pronto para entrar no forno onde será aquecido à 700°C.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 26: Linha de resina.*

*Fonte: [www.granitoscollodetti.com.br](http://www.granitoscollodetti.com.br)*



*Figura 27: Material resinado esperando o tempo de “secagem” antes do polimento.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 28: Material telado.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

- d) **Jateamento:** É feito no material ainda bruto uma limpeza com uma bomba de pressão e ácido onde é formada uma superfície lisa, porém ainda rústica e sem brilho. É muito usado em pisos como anti-derrapantes e bordas de piscina.



*Figura 29: Granito jateado.*

*Fonte: [granitobhacabamento.blogspot.com](http://granitobhacabamento.blogspot.com)*

- e) **Flameamento:** Esse processo é feito na chapa bruta. Utilizando água e um maçarico de chama com alta pressão e temperatura de 1.500°C sobre a superfície que atea oxigênio e acetileno na superfície do granito. Esse choque térmico faz com que a superfície seja “agredida” provocando uma descamação dando bons resultados.



Figura 30: Técnica de flameamento.

Fonte: [granitobhacabamento.blogspot.com](http://granitobhacabamento.blogspot.com)

- f) **Apicoamento:** Esse processo consiste em criar uma superfície de aparência encrespada. É feito na politriz, onde é utilizado um abrasivo especial e através de uma operação básica de “martelamento” regular e repetido sobre a superfície da chapa, faz com que o impacto da ferramenta retire pequenos fragmentos da superfície, tornando-a áspera.



Figura 31: Acabamento apicoado.

Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI- RJ.



Figura 32: Estocagem de chapas.

Fonte: [www.granitoscollodetti.com.br](http://www.granitoscollodetti.com.br)

#### 4.2.2 Beneficiamento Final (Marmorarias)

As marmorarias tendem a se especializar no atendimento a demanda de rochas ornamentais de produtos mais específicos, para unidades residenciais ou comerciais e para trabalhos que requerem acabamentos mais elaborados. A maioria é voltada para o mercado interno e produzindo, em geral, peças sob medida, tais como:

- Ladrilhos para revestimento, pavimentação e escadas;
- Peitoril, soleiras, rodapés, rodameio, filetes, contramarco;
- Bancadas de pia e mesa, balcões;
- Lápides, divisórias, móveis, etc.

Não há como fazer um fluxograma exato para o funcionamento de uma marmoraria, pois ao contrario de uma serraria, o serviço da marmoraria varia a cada cliente, a cada projeto, e não segue um padrão, uma rotina.

Antes de iniciar o processo de corte dos materiais, a chapa, seca, recebe uma demão de impermeabilizante nas suas superfícies. Esse processo varia de cada marmoraria, pois o impermeabilizante pode ser passado depois do

produto já acabado, porém lembrando que o material deverá sempre estar seco.



*Figura 33: Chapa de granito levigado sendo passado o impermeabilizante em uma das suas superfícies.*

*Fonte: foto tirada pela autora.*

▪ **Processo de corte:**

O processo de corte é realizado com disco diamantado. Os equipamentos são:

- a) Cortadeira manual;
- b) Serra-ponte;
- c) Linhas automáticas para peças padronizadas;
- d) Serra mármore meia esquadria;
- e) Serra mármore.



*Figura 34: Detalhe cortadeira manual.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 35: Cortadeira manual.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*





*Figura 36: Serra-ponte.*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI-RJ.*



*Figura 37: Linhas automáticas para peças padronizadas (pisos padrões).*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI-RJ.*



*Figura 38: Serra mármore meia esquadria.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 39: Serra mármore comum.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

- **Processo de furação:**

Outro processo da marmoraria é o de furação. É utilizado para fazer o furo nas bancadas de pias, lavatórios e torneiras.

O equipamento usado é a furadeira e a broca diamantada.



*Figura 40: Furadeira.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 41: Bancada com furo sem a cuba colada.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

- **Processo acabamento e colagem:**

O acabamento das bordas das peças cortadas filetes, bacandas e a colagem das cubas darão a forma final do produto.

Os acabamentos se dividem em:

- Manual: seco e úmido: este se divide em duas etapas, cada um com um funcionário diferente, pois são máquinas diferentes para fazer o acabamento.



*Figura 42: Lixadeira, primeiro processo do acabamento manual a seco.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 43: Politriz, segundo processo do acabamento manual.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

- Manual com fresa de bancada: em uma única máquina é feito tudo, só troca as fresas;



*Figura 44: Acabamento manual com fresa de bancada.*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI-RJ.*

- Automático: o processo é feito em uma única máquina.



*Figura 45: Máquina automática de acabamento.*

*Fonte: Foto extraída da apresentação do geólogo Marcelo Barone por SENAI-RJ.*

E para finalizar o processo de beneficiamento final, segue abaixo uma foto de uma bancada já pronta, onde passou por todos processos: corte, furação, acabamento e colagem.



*Figura 46: Bancada de granito pronta.*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

#### **4.2.3 Aplicação dos Granitos na Construção Civil**

As rochas ornamentais são materiais nobres, com uma longa lista de características que valorizam o seu uso. Pode-se destacar seu efeito estético, sua durabilidade, resistência mecânica, flexibilidade no uso e facilidade de conservação. Mesmo com todas essas qualidades, é importante ressaltar que é necessário observar as propriedades dos granitos antes de indicá-los em determinados locais na obra.

Como já foi dito anteriormente, as 04 (quatro) divisões da aplicação são: arquitetura e construção, construção e revestimento de elementos urbanos, arte funerária e arte de decoração.

- a) **Área de arquitetura e construção:** Neste setor entram os revestimentos sob medida (pisos e peças para fachadas), bancadas, soleiras, rodapés, escadarias, filetes, contramarco, rodameios, etc.



Figura 47: À esquerda, o Granito Preto São Gabriel é usado como bancada de cozinha e a direita, o Granito Verde Candeias é usada na parte externa em uma fachada.

Fonte: Fotos tiradas pela autora.

- b) **Construção e revestimento de elementos urbanos:** Espessores acabados, placas, peças de ornamentação.



Figura 48: Pedestal em Granito Branco Ceará.

Fonte: Foto tirada pela autora.

c) **Arte funerária:** Espessores acabados, placas, peças de ornamentação.



Figura 49: Cemitério em Portugal, projeto dos jazigos do arquiteto Pedro dias.

Fonte: [pedrodias-arquitecto.blogspot.com](http://pedrodias-arquitecto.blogspot.com)



d) **Arte e decoração:** Móveis, objetos de adorno, bancadas.



*Figura 50: Aparador*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*



*Figura 51: Mesa*

*Fonte: Foto tirada pela autora.*

## 5. ANÁLISE DO USO DOS GRANITOS A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EMPÍRICAS

Os granitos sofrem solicitações naturais e artificiais que provocam desgaste, perda de resistência mecânica, fissuração, manchamento, formação de crostas (eflorescência de sais) e mudança de coloração.

As solicitações naturais estão relacionadas ao intemperismo geológico, deformação (tectônica e atectônica) e erosão. As solicitações artificiais estão ligadas à lavra, beneficiamento, manuseio e uso/aplicações.

De modo geral, sabemos que há um estudo que avalia as características tecnológicas dos granitos. Porém, falta um estudo mais específico de cada material. O que acontece que a indicação do granito que deve ser usado em determinado local acaba sendo mais por prática do que propriamente um estudo laboratorial.

Sabemos que a qualidade da rocha, ou seu desempenho em serviço será melhor, quanto menor for: a presença e os teores de minerais alterados ou alteráveis, friáveis ou solúveis, que possam comprometer seu uso, durabilidade e o custo de manutenção; a porosidade e capacidade de absorção e retenção d'água; o desgaste por atrito; etc. E, quanto maior for sua resistência mecânica (à compressão, flexão etc.). Sendo assim, procuram-se essas características nos materiais antes de sua aplicação.

A dureza na hora da serragem do bloco de granito varia da macia a alta. A tendência dos materiais pretos é de dureza macia e dos materiais brancos dureza alta, porém sempre lembrando que há exceções em todos os casos.

Granitos de tonalidade preta, com menor dureza, são mais sensíveis ao desgaste superficial. Sendo assim, não são recomendados para pisos, pois devido sua menor resistência a abrasão, logo ficam desgastados e sem brilho.

Em relação a bancadas, peitoril de janelas, rodapés, os granitos pretos podem ser indicados sem problemas.

Os granitos brancos são mais próximos da dureza média e alta, porém nem todos são bons. Materiais como o Amarelo Samoa, Branco Marfim e Branco Itáunas são materiais muito bonitos, porém problemáticos devido à oxidação (principalmente o Itaúnas). Essa oxidação é mineral e mesmo com o tratamento dado nas serrarias com o antioxidante, esses materiais costumam dar manchas com o tempo. No Branco Marfim, aparecem também buraquinhos na sua superfície, que em contato com a água abrem cada vez mais. Com isso, não é aconselhável usar este granito em áreas molhadas nem em fachadas. O Granito Branco Ceará e Branco Siena são granitos de durabilidade alta, baixa absorção d'água, dureza média a alta, ótimos para usar em bancadas, em pisos.

Os granitos verdes, apesar de a maioria ter que ser resinado por causa de suas fissuras, geralmente são materiais muito bons, podendo ser utilizados em quase todos os lugares. Uma restrição (mais lembrando que sempre há exceções) é na fachada. O verde, exemplo Verde Labrador, em contato com o sol, com um tempo, muda sua coloração, ficando num tom mais amarelado. O granito Verde Candeias pode ser usado sem problemas, pois além de não mudar sua coloração ele também não absorve muita água.

Na região de Castelo no Espírito Santo, há muito granito na tonalidade cinza devido haver muitas jazidas nesta região. É normal encontrar na cidade fachadas destes materiais. Eles não muito aconselháveis na fachada devido à absorção d'água ser alta, fazendo com que a fachada fique a maior parte do tempo com aparência de úmida. Para sua utilização neste caso, o ideal é impermeabilização e uma argamassa especial no assentamento.

Nos cemitérios, os granitos melhores para a utilização são os com a massa mais compactada como: Amarelo Maracujá, Amarelo Capri, Cinza Castelo, Cinza Andorinha e Branco Ceará. Nos granitos Preto São Gabriel, Vermelho Brasília, Cinza Corumbá há o surgimento de buraquinhos, trincas e fissuras,

além da aparência queimada, devido à ação das intempéries (sol e chuva), em tempo integral.

São vários os tipos de granitos existentes e suas tonalidades, por isso fica difícil fazer um estudo de cada um. Mas cabe aos profissionais da área sempre tentarem se atualizar em relação às características dos granitos que estão vendendo/indicando para dar mais segurança e qualidade no serviço final de seu cliente.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O estado do Espírito Santo é destaque nacional no setor de rochas ornamentais.
- O avanço tecnológico permite o melhor aproveitamento de rochas antes não comercializadas e viabilizam soluções estéticas e funcionais para a construção civil.
- As características tecnológicas são essenciais, pois irão refletir o comportamento físico-mecânico das rochas nas condições normais de utilização, permitindo diagnosticar problemas estéticos decorrentes da seleção e aplicação inadequada dos materiais. Os procedimentos e padrões de avaliações dos resultados de ensaios são determinados por normas técnicas.
- As etapas do fluxo dos granitos consistem em: etapa da extração, etapa dos beneficiamentos e de aplicações dos granitos, sendo as aplicações podem ser reunidas em 04 grupos: arquitetura e construção, construção e revestimento de elementos urbanos, arte funerária e arte de decoração.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FRAZÃO, Ely Borges. **Tecnologia de Rochas na Construção Civil**. São Paulo: BGE, 2002.

SOUZA, José Gonçalves de. **Análise Ambiental do Processo de Extração e Beneficiamento de Rochas Ornamentais com Vistas a uma Produção mais Limpa: Aplicação em Cachoeiro de Itapemirim-ES**. Juiz de Fora: UFJF, 2007. 42 p. TCC (trabalho conclusão de curso) – Curso de Especialização em Análise Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

MORAES, Ingrid V. M. de. **Mármore e Granito: Lavra, Beneficiamento e tratamento de Resíduos**. Rio de Janeiro: BRT, 2006, 21 p. Dossiê Técnico, Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BARONE, Marcelo. **Cadeia Produtiva dos Mármore e Granitos**. Trabalho apresentado no SENAI, Rio de Janeiro, 2003.

MATTOS, Irani C. **Uso/Adequação e aplicação de Rochas Ornamentais na Construção Civil – Parte 1**. Disponível em: <[http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Uso\\_Adequacao1.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Uso_Adequacao1.htm)> Acesso em: 13 jul. 2011.

FRASCÁ, Maria Heloisa B. de O. **Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais e de Revestimento: Estudo por meio de Ensaio e Análises e das Patologias Associadas ao Uso**. Disponível em: <[http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos\\_palestras/Curso\\_Caracterizacao\\_TecndeRochas.htm](http://www.fiec.org.br/sindicatos/simagran/artigos_palestras/Curso_Caracterizacao_TecndeRochas.htm)> Acesso em: 13 jul. 2011.

REIS, Renato C. **Métodos de Lavras de Rochas Ornamentais**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672003000300011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672003000300011&script=sci_arttext)> Acesso em: 23 jul. 2011.

CHIODI FILHO, Cid. **Conheça as Rochas Ornamentais.** 2009