Dr. Tecn. Cássio Santos de Carvalho

Coautores:
Valdenir Moreira Junior
Victor Gianordoli

Rochas Ornamentais

da formação geológica ao uso comercial

Realização:
ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES
Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo

Patrocínio:
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Rochas Ornamentais

da formação geológica ao uso comercial

CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Rochas Ornamentais

da formação geológica ao uso comercial

Dr. Tecn. Cássio Santos de Carvalho

Coautores: Valdenir Moreira Junior / Victor Gianordoli

2025

Rochas Ornamentais

da formação geológica ao uso comercial

Editor: RP Indústria Gráfica Ltda
Coordenação do projeto: Vergílio Dalla Pria
Capa/Diagramação: Paulo Martins
Revisão: Marcelo Ferri - Jornalista
Edição: 2025

RP Indústria Gráfica Ltda - Gráfica São Sebastião
Rua Ângelo Fabrini, 377 - Jd. Urupês
CEP - 15051-325 - São José do Rio Preto - SP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C331 Carvalho, Cássio Santos

Rochas Ornamentais / Cássio Santos Carvalho, Valdenir Moreira Júnior, Victor Gianordoli, 2025

120f.

1. Rochas Ornamentais. 2. Extração. 3. Beneficiamento. 4. Comercialização. I Júnior, Valdenir Moreira. II Gianordoli, Victor. III. Título.

Este livro foi financiado por:
CONFEA, CREA-ES e MUTUA

Impresso no Brasil | *Printed in Brazil*

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio, *sem prévia autorização escrita* do autor.

Índice

Agradecimento 13
Mensagem do CONFEA 15
Mensagem do Crea-Es 17
Mensagem da MUTUA 19
Prefácio 21

CAPÍTULO 1 - Formação das Rochas 23
Rochas Ígneas 26
Rochas Sedimentares 28
Rochas Metamórficas 29
Rocha x Mineral 30
Principais minerais formadores de rocha 31
Nomenclatura das Rochas Ornamentais 31

CAPÍTULO 2 - Pesquisa mineral 33
Pesquisa geológica 35
Levantamento e reconhecimento 35
Mapeamento e amostragem 36
Métodos e ferramentas 36
Pesquisa industrial 37
Ensaios geológicos 37
Avaliação estética e comercial 38
Viabilidade técnica e econômica 39
Valor da beleza 39
Critérios para definir uma lavra de rocha ornamental 39
Critérios geológicos 41
Critérios tecnológicos 42

Critérios econômicos e logísticos 42
Critérios ambientais e legais 42

CAPÍTULO 3 - Lavra 45
Planejamento da lavra 47
Preparo para extração 49
Decapeamento, abertura de estrada e construção da infraestrutura 50
Relacionamento legal 51

CAPÍTULO 4 – Métodos de lavra de rochas ornamentais 55
Lavra de rochas ornamentais 57
Lavras de matacões 58
Lavras de maciços 59
Tecnologia de cortes 60
Principais técnicas de corte 60
Sustentabilidade e segurança na extração 61

CAPÍTULO 5 - Beneficiamento 63
Beneficiamento primário 65
Tear multifio diamantado 65
Inovação tecnológica no desdobramento e Rochas Ornamentias 66
Discos diamantados 67
Beneficiamento secundário 68
Desbaste 68
Levigamento 69
Resinagem 69
Polimento 69
Flameamento 70
Apicoamento 71
Jateamento 71
Controle de qualidade 71

Marmoraria e controle de qualidade 72
Corte, montagem e colagem 72

CAPÍTULO 6 - Rejeitos e resíduos 75
Riscos 77
Instituições e responsabilidades 78
Tratamento de resíduos 80
Etapas do tratamento 80
Boas práticas operacionais 81
Utilização de resíduos 82
Principais aplicações dos resíduos de rochas ornamentais 82

CAPÍTULO 7 – Economia circular 85
Conceito e importância da circularidade 87
Práticas circulares no setor de rochas ornamentais 88
Planejamento e gestão integrada de resíduos 89
Inovação e novos destinos para os resíduos 90
Desafios e perspectivas 91

CAPÍTULO 8 - Vendas 93
Mercado interno 96
Mercado externo 97
Comercialização e canais de venda 98
Roteiro técnico de seleção de rochas 98
Práticas laboratoriais 99

CAPÍTULO 9 - Rastreabilidade 101
Conceito e importância da rastreabilidade 103
Etapas e métodos de rastreamento 104
Benefícios e desafios 105
Rastreabilidade e sustentabilidade 106

CAPÍTULO 10 - Aplicação 107
Relação entre os aspectos geológicos das rochas ornamentais e suas aplicações 109
Critérios de escolha e compatibilidade de aplicação 110
Aplicações arquitetônicas e funcionais 111
Integração entre tecnologia, estética e sustentabilidade 112

Referências bibliográficas 115

Benefícios Reembolsáveis
Recursos para impulsionar a sua carreira

Benefícios Sociais
Taxa da anuidade revertida 100% ao(à) associado(a)

Previdência Complementar
Previdência complementar exclusiva dos(as) mutualistas

CUIDAMOS DE **TODOS**
CONSTRUÍMOS **JUNTOS**

mutua
Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Agradecimentos

A Deus, por esta inestimável oportunidade.

À minha família, pelo apoio incondicional e incentivo constante.

Ao meu filho Pedro, que inspira meus sonhos, fortalece minha caminhada e dá sentido às minhas conquistas.

À mulher da minha vida, Mariana, que, com sua presença e dedicação, transformou pensamentos em realidade, me incentivando a concretizar este trabalho.

Ao sistema CONFEA/CREA-ES e MUTUA, pela confiança e investimento no desenvolvimento deste projeto.

Ao meu saudoso orientador de mestrado, em memória Professor Doutor Antonio Carlos Artur, que, embora não tenha testemunhado a conclusão desta obra, foi fundamental em minha jornada acadêmica. Sua memória e ensinamentos permanecem como inspiração.

À minha coorientadora, Professora Doutora Tamar Milca Bortolozzo Galembeck, pelo acolhimento e pela parceria

CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia · CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo · mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

que resultaram em uma Dissertação de excelência.

Ao Presidente da Atecnólogos – Associação dos Tecnólogos do Estado do Espírito Santo, Dario Antonio de Almeida, que abraçou este projeto com entusiasmo e foi essencial na busca por recursos para a realização deste sonho.

Ao Presidente do CREA-ES, Jorge Luiz e Silva, por sua visão e apoio contínuo ao setor de mármore e granito, reconhecendo sua importância estratégica para o desenvolvimento do nosso estado.

Ao Evânio Nicoleit irmão que se fez presente fortalecendo na construção do livro.

Mensagem do Confea

O Confea, em parceria com entidades como a Associação dos Tecnólogos no Estado do Espírito Santo (Atecnólogos-ES), reforça seu compromisso com o fortalecimento da engenharia, agronomia e geociências, promovendo o desenvolvimento sustentável e a proteção da sociedade.

Por meio de apoio financeiro a projetos científicos e técnicos, o Conselho incentiva a produção de publicações que impulsionam a inovação, a pesquisa e a qualificação profissional. Exemplo desse esforço é o livro Rochas Ornamentais: da formação geológica ao uso comercial, voltado a profissionais da engenharia, designers de interiores, paisagistas, estudantes e pesquisadores.

A obra realizada pela Atecnólogos-ES oferece uma compreensão sobre as características tecnológicas, a durabilidade e a sustentabilidade das rochas ornamentais,

integrando ciência e prática em linguagem acessível. Com tabelas, gráficos e estudos de caso, o livro explora desde análises laboratoriais até aplicações em construções e ambientes urbanos, promovendo o uso responsável dos recursos naturais. Mais que um manual técnico, é um guia para transformar projetos em verdadeiras obras-primas, com espaços marcantes e duradouros.

Ao patrocinar iniciativas como essa, o Confea estimula o aprendizado contínuo, fortalecendo a rede de profissionais que impulsiona o progresso sustentável do Brasil.

Eng. telecom. Vinicius Marchese
Presidente do Confea

Mensagem do Crea-ES

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo (Crea-ES) reconhece a importância estratégica do setor de rochas ornamentais para o desenvolvimento tecnológico, científico e econômico do Espírito Santo e do Brasil. Trata-se de uma cadeia produtiva que impulsiona a geração de emprego, renda e inovação, com destaque no cenário estadual, nacional e internacional pela qualidade e diversidade de seus materiais.

A publicação da obra "Rochas Ornamentais: da formação geológica ao uso comercial", de autoria do tecnólogo em rochas ornamentais, Cássio Santos de Carvalho, representa um valioso avanço no conhecimento técnico e científico sobre as rochas silicáticas, especialmente os granitos, tão presentes em nosso estado. Ao reunir teoria e prática, esta obra se torna referência essencial para profissionais, pesquisadores e estudantes,

reforçando a base técnica que sustenta a excelência do setor.

A participação do Crea-ES apoiando este trabalho reafirma nosso compromisso com a valorização da engenharia, da agronomia, da geologia e das demais áreas técnicas que impulsionam o progresso sustentável. Parabenizamos pela contribuição com o segmento por meio de uma obra de tamanha relevância e seriedade.

Engenheiro Agrônomo Jorge Luiz e Silva
Presidente do Crea-ES

Mensagem da Mútua

O conhecimento é a base para transformar recursos naturais em desenvolvimento sustentável. Por isso, a Mútua – Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea – apoia com entusiasmo esta obra dedicada às rochas ornamentais, um setor que combina ciência, tecnologia e mercado, e que contribui de forma decisiva para a economia e para a inovação no Brasil.

Este livro apresenta uma visão completa do ciclo das rochas ornamentais: da formação geológica à aplicação comercial, passando por pesquisa mineral, lavra, beneficiamento, gestão de rejeitos, economia circular, rastreabilidade e comercialização. É um conteúdo que valoriza não apenas a excelência técnica, mas também a responsabilidade socioambiental, indispensável para o futuro da nossa sociedade.

A Mútua acredita que investir em conhecimento é

investir em inovação e qualidade de vida. Reafirmamos nosso compromisso em apoiar iniciativas que fortalecem a engenharia, a geologia e todas as áreas do Sistema Confea/Crea e Mútua, promovendo desenvolvimento sustentável e geração de oportunidades para todo o setor.

Eng. Civ. Joel Krüger
Presidente da Mútua

Prefácio

A história das rochas naturais é, ao mesmo tempo, a própria história da Terra. Cada granito, mármore ou quartzito carrega em si milhões de anos de transformações, pressões e movimentos que moldaram sua estrutura e determinaram suas cores e texturas. Compreender a formação geológica desses materiais é mergulhar num passado profundo, onde a ciência revela como forças naturais gigantescas criaram aquilo que hoje admiramos em construções e obras de arte.

Este livro convida o leitor a percorrer essa jornada desde a origem das rochas até sua presença no cotidiano moderno. Abordaremos, de forma clara e acessível, os processos de extração que unem tecnologia e técnica, respeitando a complexidade do ambiente natural. Exploraremos também as etapas de beneficiamento, momento em que a matéria-prima bruta se transforma em peças refinadas, prontas para aplicações arquitetônicas e industriais.

Por fim, trataremos da dinâmica do mercado de rochas naturais, analisando tendências, desafios e oportunidades de um setor que se expande globalmente. Esperamos que estas páginas ampliem o conhecimento e a admiração por materiais que, antes de serem produtos, são testemunhos silenciosos da longa e fascinante evolução do nosso planeta.

Gleidson Bós
Graduado em Tecnologia de Rochas Ornamentais
Tec Rochas Consultoria em Rochas Ornamentais

Capítulo 1

Formação das Rochas

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Bahia.

Toda rocha tem uma história iniciada há milhões, ou até bilhões de anos, dentro do planeta em que vivemos. Entender como elas se formam é o primeiro passo para compreender por que algumas são valorizadas pela indústria de rochas ornamentais. É também uma maneira de enxergar a Terra como é: um sistema dinâmico, em constante transformação.

O planeta Terra é formado por três grandes camadas: núcleo, manto e crosta terrestre.

A crosta, onde vivemos e onde se encontram todas as jazidas minerais conhecidas, é sólida. O manto, logo abaixo, também é majoritariamente sólido, mas em escalas de tempo geológicas comporta-se como um material dúctil — se movimenta lentamente, fluindo como uma massa plástica. Já o núcleo, por sua vez, tem uma parte interna sólida e outra externa líquida, formada por metais como ferro e níquel. (1. POPP, J. H, 2017)

Essa estrutura interna é o que mantém o planeta em movimento constante. Em profundidades que variam de cerca de 2.900 a 5.200 quilômetros, o material líquido do núcleo não chega à superfície. No entanto, o calor liberado é suficiente para fundir porções do manto e gerar o magma — uma massa pastosa, incandescente e rica em minerais. (TEXIRA W., 2009).

O magma é o ponto de partida de muitas rochas. Trata-se de um fluido natural em fusão, composto basicamente por silicatos e gases. À medida que resfria, dá origem a diferentes tipos de rochas, dependendo de como e onde o resfriamento acontece.

Nos casos de interesse ornamental, as rochas que se formam a partir desse magma — especialmente granitos e sienitos — ganham propriedades visuais e estruturais durante o lento processo de cristalização no interior da crosta. A velocidade de resfriamento, a composição química e as pressões tectônicas determinam o tamanho dos cristais, o brilho, a cor e a resistência, atributos que definem o valor de uma rocha ornamental no mercado.

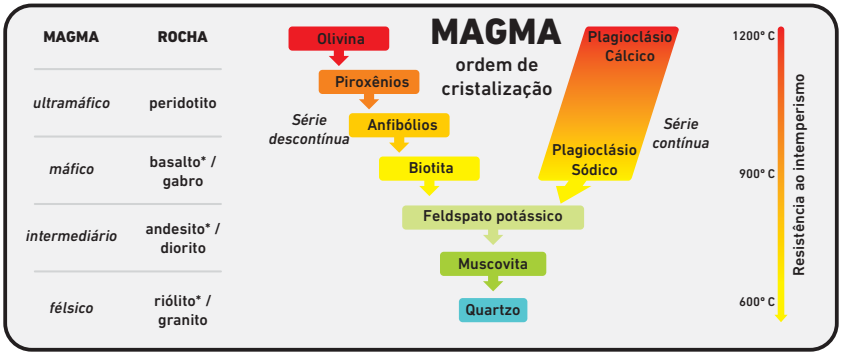


Fig. Magma e ordem de cristalização, serie de reação de Bowen.

Rochas ígneas

As rochas ígneas, ou magmáticas, nascem quando o magma se resfria e se solidifica. O que define o tipo de rocha é basicamente a velocidade e a profundidade em que ocorre o resfriamento.

Quando o processo acontece no interior da crosta terrestre, o resfriamento é lento, isso dá tempo para que os cristais cresçam, formando rochas de textura grossa, chamadas de plutônicas — como os granitos, gabros, sieni-

tos e dioritos. (SIAL, A. N.; MCREATH, I, 1984).

Entre todas, os granitos são os mais conhecidos e explorados comercialmente. A textura granular, a resistência ao desgaste e a variedade de cores vêm da mistura de minerais como quartzo, feldspatos e micas.

Essas combinações produzem desde tons claros e uniformes até desenhos complexos, valorizados pela arquitetura e design. Os sienitos, com cores quentes e homogêneas, e os gabros, de aparência escura e brilho intenso, também encontram espaço no mercado ornamental — embora em menor escala.

Quando o magma chega à superfície, o resfriamento é muito rápido. Nesse caso, os cristais são pequenos e a rocha ígnea formada é chamada de vulcânica, como o basalto ou o riólito. Mesmo que sejam rochas não tão valorizadas ornamentalmente quanto os granitos, têm grande importância em obras de infraestrutura e pavimentação, devido à resistência.

Além do uso prático, o estudo das rochas ígneas permite compreender a história do planeta. Um granito, por exemplo, pode indicar uma crosta continental antiga e estável — Essa formação estável, associada a presença do quartzo garante, muitas vezes, a durabilidade do material usado em fachadas, pisos e monumentos.

Rochas sedimentares

Enquanto as rochas ígneas se formam a partir da fusão dos minerais, as rochas sedimentares nascem da ação do tempo. São o resultado da desagregação, transporte e deposição de fragmentos de outras rochas, ou da precipitação química de minerais dissolvidos na água.

Esses materiais, chamados sedimentos, vão se acumulando em camadas. Com o tempo, o peso das camadas superiores e a ação de fluidos minerais compactam e cimentam esses sedimentos, transformando-os em rocha.

Assim se formam, por exemplo, os arenitos, os conglomerados e os calcários — Estes quando metamorfizado, passam a ter uma grande importância ornamental.

Os travertinos, rochas carbonáticas amplamente empregadas em ambientes internos, são reconhecidos por sua aparência homogênea, pela facilidade de corte e pelo polimento natural. A coloração dessas rochas — que varia do branco ao bege e até tons amarelados — está ligada ao ambiente onde se formaram: mares rasos, lagos ou fontes termais. Em muitos casos, os fósseis presentes no material conferem charme extra, unindo beleza e história geológica.

As rochas sedimentares também são fundamentais para entender o passado da Terra, pois registram antigas condições ambientais. Além disso, abrigam recursos como petróleo, gás natural, carvão e fosfatos, mostrando que o mesmo processo que cria uma bela pedra de revestimento também guarda a energia que move o mundo moderno.

Rochas metamórficas

As rochas metamórficas contam outra parte da história do planeta: a da transformação. Surgem quando uma rocha pré-existente — ígnea, sedimentar ou mesmo outra metamórfica — é submetida a novas condições de pressão e temperatura, geralmente em grandes profundidades.

Esse processo, chamado metamorfismo, reorganiza os minerais originais e cria novas texturas e brilhos.

Existem dois tipos principais: o metamorfismo local, que ocorre próximo a intrusões magmáticas ou falhas geológicas, e o metamorfismo regional, que afeta grandes áreas e está ligado aos movimentos da crosta terrestre.

É nesse grupo que encontramos algumas das rochas mais nobres e desejadas do mercado ornamental: mármores, gnaisses e quartzitos.

O mármore, derivado do calcário, ganha aparência translúcida e toque sedoso graças à recristalização da calcita. Já o quartzito, originado do arenito, forma-se por meio da recristalização dos grãos de quartzo, resultando em uma rocha extremamente dura e resistente — ideal para áreas externas e de alto tráfego.

Essas transformações, invisíveis a olho nu, são responsáveis por criar padrões únicos e texturas que tornam cada rocha uma obra de arte natural.

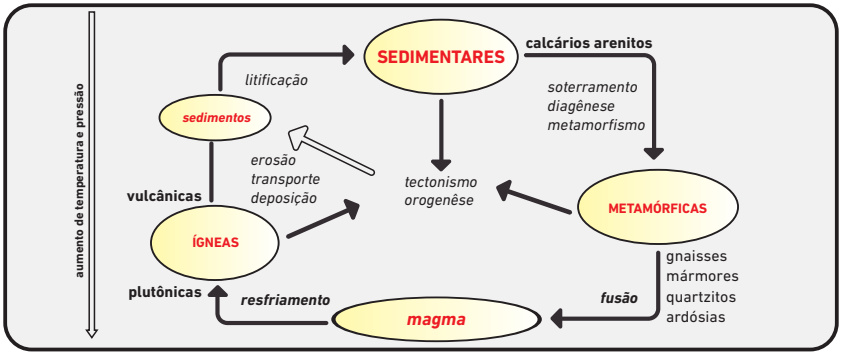


Fig. Ciclo das rochas

Rocha x mineral

Toda rocha é um conjunto de minerais, mas nem todo mineral forma uma rocha.

De forma simples, mineral é uma substância natural, sólida, inorgânica e com composição química bem definida. Já a rocha é o resultado da combinação de um ou mais minerais sob determinadas condições de temperatura e pressão.

No universo das rochas ornamentais, esse conhecimento faz toda diferença. Minerais duros, como o quartzo, garantem resistência ao desgaste e brilho intenso. Já minerais em lâminas, como as micas, podem deixar a rocha mais frágil em ambientes externos.

Por isso, antes mesmo da extração, os técnicos avaliam a composição mineralógica da rocha para prever seu comportamento durante o corte, polimento e acabamento.

Principais minerais formadores de rocha

Os silicatos são o grupo mais importante — representam cerca de 90% da crosta terrestre. Incluem minerais como feldspatos, quartzo, mica, anfibólio e olivina. (CETEM/ABIROCHAS, 2001).

Os feldspatos determinam a cor principal das rochas, o quartzo garante o brilho e a resistência, e as micas criam reflexos sutis que dão personalidade às superfícies polidas.

Outros minerais, chamados não silicáticos, também têm papel relevante — como a calcita e a dolomita, típicas dos mármores e travertinos.

No campo ornamental, o equilíbrio entre esses minerais define o visual e o desempenho da rocha. Um granito com feldspatos rosados, veios escuros de biotita e quartzo translúcido, por exemplo, pode ser tão marcante quanto uma pintura. Por trás dessa beleza, há uma combinação química e física perfeita, moldada pela natureza ao longo de milhões de anos.

Nomenclatura das rochas ornamentais

No mercado de rochas ornamentais, o nome de uma pedra nem sempre revela sua origem geológica.

Por tradição, as rochas eram identificadas pela cor e localidade — como Mármore Branco Cachoeiro ou Granito Verde Ubatuba. Com o tempo, o setor passou a criar nomes comerciais próprios, o que acabou gerando uma profusão de denominações. Inclusive, não é raro encontrar rochas

diferentes com o mesmo nome, ou iguais com nomes distintos.

De modo geral, o mercado divide as rochas em dois grandes grupos:

Granitos: englobam as rochas silicáticas, de origem ígnea ou metamórfica;

Mármores: reúnem as rochas carbonáticas, como calcários e dolomitos, desde que possam receber polimento.

Com o avanço das tecnologias e da diversidade de materiais, surgiram também categorias específicas como quartzitos, pegmatito, meta-arenitos, travertinos e ardósias, todas com normas e especificações próprias.

A padronização terminológica, segundo entidades como Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Sociedade Americana de Testagem e Materiais (ASTM) e Comitê Europeu de Normalização (CEN), é essencial para garantir transparência comercial e segurança técnica no uso e exportação das rochas.

Em resumo, as rochas ornamentais são o resultado visível de processos geológicos invisíveis. Cada granito, mármore ou quartzito carrega uma longa jornada - do magma incandescente ao brilho polido de um piso ou fachada.

Compreender como as rochas se formam é mais do que conhecer geologia: é reconhecer a história da Terra impressa em pedra, e entender por que o setor de rochas ornamentais é, antes de tudo, uma celebração da própria natureza.

Capítulo 2

Pesquisa Mineral

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Minas Gerais.

Antes de um bloco de rocha se transformar em piso, fachada ou obra de arte, existe um trabalho silencioso e essencial. A pesquisa mineral é que revela o potencial de uma área, através da Caracterização tecnológica, e posteriormente definir se o material tem valor comercial e qual a melhor forma de extraí-lo.

No setor de rochas ornamentais, pesquisar é muito mais do que procurar uma jazida de rocha. É compreender a história geológica de uma região, avaliar a qualidade do material e planejar a exploração sustentável de um recurso natural que levou milhões de anos para se formar.

Pesquisa geológica

A pesquisa geológica é a primeira etapa prática do processo. Busca identificar, mapear e compreender as rochas existentes em uma determinada área — origem, composição, estrutura e comportamento.

É o ponto de partida que caracteriza um afloramento aparentemente comum em uma possível jazida ornamental.

Levantamento e reconhecimento

O trabalho começa com estudos no escritório, onde são analisados mapas geológicos, imagens de satélite, dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e registros da Agência Nacional de Mineração (ANM).

Em seguida, vêm as visitas de campo, nas quais os geólogo ou Tecnólogo em Rochas observam os afloramentos, descreve tipos de rocha, estruturas (como fraturas e foliações) e colhe amostras representativas.

Mapeamento e amostragem

O mapeamento geológico detalhado identifica zonas homogêneas e heterogêneas, limites do corpo rochoso e descontinuidades estruturais — informações essenciais para avaliar se a rocha pode ser cortada em blocos com dimensões comerciais.

Em rochas ornamentais, a continuidade e a sanidade (ausência de fraturas e falhas) são fatores determinantes na caracterização da rocha. A amostragem inclui desde pequenos fragmentos que são levados para laboratório, onde se verifica a cor, a textura, o polimento e a resistência mecânica, como também blocos-teste.

Métodos e ferramentas

Entre as técnicas mais usadas estão:

- Cartografia geológica e estrutural, conforme as diretrizes da CPRM (2020);
- Levantamentos topográficos e georreferenciados, para delimitar áreas e volumes;
- Geofísica rasa e drones, que auxiliam na leitura de estruturas e variações do terreno;

- Modelagem tridimensional, usada para estimar o volume explorável e planejar a lavra.

As informações são organizadas em um relatório de pesquisa, que é a base para o requerimento de lavra junto à ANM, conforme previsto no Código de Mineração Brasileiro.

Pesquisa industrial

Enquanto a pesquisa geológica descobre e caracteriza, a pesquisa industrial verifica se a rocha pode ser aproveitada comercialmente.

É a transição entre o campo e a indústria: um processo que avalia tecnologia, viabilidade e qualidade estética.

Ensaios tecnológicos

Nesta etapa, são realizados testes em laboratório para determinar as propriedades físicas e mecânicas da rocha, conforme normas da ABNT (NBR 15845 e NBR 12042), da ASTM (C615, C568) e da CEN (12407).(CARVALHO, 2010)

Os resultados permitem prever o desempenho do material em revestimentos, fachadas ou pisos, garantindo segurança e durabilidade.

Os principais ensaios incluem:

I- Ensaios mecânicos:

- Resistência à compressão uniaxial;
- Resistência à flexão três e quatros pontos;
- Resistência ao desgaste por abrasão;

- Resistência ao impacto de corpo duro.

II- Ensaios de caracterização física:

- Propagação de Ondas Ultrassônicas
- Porosidade e absorção de água;
- Determinação do peso específico.

III- Ensaios petrográficos, alterabilidade e de durabilidade:

- Análise petrográfica;
- Ensaios de alterabilidade das rochas;
- Ensaio de congelamento e degelo

Além disso, é importante verificar alguns critérios tecnológicos tais como o comportamento ao polimento e ao corte.

Avaliação estética e comercial

Nas rochas ornamentais, a estética é um fator importante. A coloração, a uniformidade, os veios e o brilho influenciam o valor final do produto. Durante a pesquisa industrial, são analisadas:

- Homogeneidade cromática (uniformidade da cor);
- Facilidade de corte e acabamento;
- Reação ao polimento e à resina;
- Aceitação no mercado (tendências de cor e textura).

Um material tecnicamente excelente pode não ser aceito comercialmente se não atender ao gosto do mercado, enquanto uma rocha com pequenas imperfeições pode se tornar "de grife" por seu padrão visual único.

Viabilidade técnica e econômica

A pesquisa industrial também avalia:
- Espessura e continuidade do corpo rochoso;
- Volume de rocha útil por metro cúbico;
- Logística de acesso e transporte;
- Custos de desmonte e beneficiamento;
- Potencial de exportação e valor agregado;
- Impacto ambiental e social.

Esses fatores determinam se vale a pena transformar o depósito em uma lavra comercial. Muitas vezes, uma pesquisa bem conduzida evita investimentos milionários em áreas que não teriam retorno econômico.

Valor da beleza

Em rochas ornamentais, a beleza natural é considerada um fator importante. Pode multiplicar o valor da rocha por dez ou mais. Um mesmo tipo litológico, com cor e brilho diferentes, pode ter destinos completamente distintos — de calçamento simples a bancadas de luxo.

Critérios para definir uma lavra de rocha ornamental

A definição de uma lavra de rocha ornamental depende da análise detalhada de um conjunto de critérios técnicos, econômicos e ambientais. Não basta identificar a presença de uma rocha — é necessário compreender se ela

tem viabilidade comercial, se pode ser extraída com segurança e se atende às exigências de qualidade do mercado.

Entre os principais fatores considerados estão o aspecto cromático e visual do material, o nível de fraturamento, a presença de defeitos naturais (como veios e manchas), e o volume efetivamente aproveitável. A pesquisa também verifica a existência de áreas de preservação ambiental, terras indígenas ou outras restrições legais que possam limitar a exploração.

Durante essa etapa, o pesquisador realiza contato com o proprietário do terreno, uma vez que qualquer extração depende de autorização e consentimento formal, conforme determina o Código de Mineração. O proprietário, em caso de lavra futura, pode receber compensações ou royalties pela utilização da área.

A coleta de amostras de mão, acompanhada de registros fotográficos e identificação de pontos de energia, acesso à água e logística, é essencial para definir os locais potenciais de abertura de frente de lavra. Em muitos casos, são executados pontos de fogueamento — pequenas detonações controladas que permitem retirar amostras sãs e confeccionar paralelepípedos com todas as faces polidas, utilizados para observar a orientação do material, variações cromáticas e padrões estéticos que mais se ajustam à demanda do mercado.

A sondagem geológica, feita em pontos estratégicos, complementa o estudo ao revelar o grau de fraturamento e a espessura útil do maciço rochoso, permitindo estimar o

volume de material explorável e projetar a vida útil da jazida.

Com todas essas informações consolidadas, é possível definir o método de lavra mais adequado, o volume de extração planejado, e o dimensionamento do maquinário e da equipe necessária — incluindo estruturas de apoio como refeitório, instalações sanitárias e áreas de segurança. Trata-se, portanto, de um processo minucioso que combina avaliação técnica e planejamento prático, transformando um afloramento natural em um empreendimento economicamente sustentável e ambientalmente responsável.

A definição de uma lavra de rocha ornamental depende da combinação equilibrada desses fatores.

Critérios geológicos

- Sanidade estrutural: o corpo rochoso deve apresentar blocos com dimensões comerciais, sem fraturas abertas, falhas ou zonas de alteração.
- Homogeneidade: a rocha deve manter cor e textura regulares ao longo do volume.
- Acessibilidade: o afloramento deve permitir cortes com segurança e facilidade de extração.
- Estabilidade natural: o terreno precisa suportar o desmonte sem riscos de desabamento.

Critérios tecnológicos

Boa resposta ao corte e ao polimento, sem lascas, quebras ou manchas.

Resistência mecânica adequada para o uso pretendido (piso, fachada, escultura etc.).

Baixa porosidade e absorção, para evitar infiltrações e perda de brilho.

Compatibilidade com resinas e acabamentos modernos.

Esses parâmetros são avaliados com base em normas técnicas e ensaios laboratoriais.

Critérios econômicos e logísticos

Volume útil explorável, capaz de sustentar a produção por tempo viável.

Proximidade de infraestrutura, como estradas, energia e transporte.

Custo de extração e beneficiamento compatível com o preço de venda.

Demanda comercial comprovada, tanto no mercado interno quanto externo.

Critérios ambientais e legais

A abertura de uma lavra exige licenciamento ambiental e cumprimento das normas de segurança e recuperação de áreas degradadas. O planejamento sustentável é parte integrante da pesquisa. Empresas que adotam práti-

cas de lavra planejada e reabilitação paisagística ganham vantagem competitiva e melhor aceitação social.

A pesquisa mineral é o alicerce de toda a cadeia produtiva das rochas ornamentais. Sem pesquisa não há lavra segura, nem mercado sólido.

É nesse momento que a geologia encontra a economia, e a ciência dá lugar à arte de transformar pedras em produtos de valor.

No final das contas, pesquisar é conhecer — e conhecer é preservar. Quanto melhor entendermos a origem, a estrutura e o comportamento das rochas, mais chances teremos de explorá-las de forma inteligente, sustentável e duradoura.

Furo sendo feito na rocha com martelo a gasolina. Foto do autor, Bahia.

Capítulo 3

Lavra

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES
Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Espírito Santo.

Depois de identificada uma jazida e comprovado o potencial econômico, chega o momento de transformar o conhecimento da pesquisa mineral em produção. A lavra é a fase em que o recurso mineral sai do subsolo e ganha forma de produto comercial.

No caso das rochas ornamentais, a lavra une ciência, técnica e sensibilidade estética — afinal, extrair um bloco perfeito exige mais que força: exige precisão, planejamento e respeito ao meio ambiente.

Enquanto a mineração tradicional busca teores de minério por tonelada, a lavra de rochas ornamentais busca integridade, beleza e volume aproveitável. O objetivo é retirar blocos inteiros, com mínimo dano à rocha e ao entorno, garantindo a sustentabilidade do empreendimento.

Planejamento da lavra

O planejamento da lavra é o elo entre a pesquisa mineral e a operação em campo. Organiza as informações obtidas nas sondagens, mapeamentos e análises tecnológicas para definir ponto de abertura da lavra, avanço, volume a ser extraído, via de acesso, decapeamento, etc.

Essa etapa começa com a elaboração do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) — documento exigido pela ANM — que demonstra a viabilidade técnica e financeira do empreendimento.

O PAE apresenta a descrição da jazida, o método de lavra, os volumes previstos, a recuperação ambiental e o

cronograma de operação.

No caso das rochas ornamentais, o planejamento considera critérios próprios: orientação das fraturas, homogeneidade da cor, acessibilidade e segurança do talude.

A geometria da lavra — normalmente em bancadas horizontais — é desenhada para permitir cortes limpos e estáveis. O posicionamento dos equipamentos e a sequência de desmontes são estudados para otimizar o aproveitamento da rocha e reduzir perdas.

Além disso, o planejamento envolve aspectos logísticos: distância até estradas, disponibilidade de energia elétrica, abastecimento de água, transporte de blocos e escoamento da produção.

O sucesso da lavra depende de alinhar técnica, economia e meio ambiente — três pilares que garantem produtividade e longevidade à pedreira.

imagem: freepik.com

Preparo para extração

Com o planejamento aprovado e as licenças emitidas, tem início o preparo do terreno. A fase envolve a mobilização de maquinário, marcação da área de lavra, instalação de infraestrutura básica e organização da equipe.

Primeiro é realizada a limpeza da superfície, removendo vegetação e solo superficial até alcançar a rocha sã.

Depois, Tecnólogos, topógrafos e geólogos demarcam as bancadas — níveis horizontais que orientarão o corte dos blocos.

O sentido do fraturamento natural define a melhor orientação dos cortes, pois seguir as descontinuidades naturais evita desperdício e garante blocos maiores e mais regulares.

Os métodos de corte variam conforme o tipo de rocha:

- Granitos e quartzitos exigem técnicas com fio diamantado, perfuratrizes. Os explosivos unicamente para limpeza da praça de trabalho.
- Mármores e Travertino, por serem mais macio, podem ser extraídos com serras e corrente diamantadas, sistema de corte contínuo.

Em todos os casos, o foco é minimizar as trincas, preservando a integridade da rocha.

O uso de explosivos, quando necessário, é regulamentado pelo Exército Brasileiro, que controla a compra, o transporte e o armazenamento de substâncias explosivas.

A etapa de preparo inclui ainda a implantação de

áreas de apoio — oficinas, depósitos de combustível, refeitórios e escritórios — devidamente sinalizadas e licenciadas conforme as exigências do Corpo de Bombeiros e dos órgãos ambientais competentes.

Decapeamento, abertura de estrada e construção da infraestrutura

Antes de cortar o primeiro bloco, é preciso abrir caminho.

O decapeamento consiste na retirada da camada superficial de solo, rocha alterada e blocos fraturados, expondo o maciço sadio que será aproveitado.

Esse material removido é armazenado e, sempre que possível, utilizado na recuperação de áreas degradadas, conforme previsto nas normas ambientais.

Em seguida, são abertas estradas de acesso internas, com rampas suaves que permitam o tráfego seguro de caminhões e equipamentos.

A drenagem é planejada para evitar erosões e o acúmulo de água nas frentes de lavra. O fornecimento de energia, essencial para o corte, e de água, necessária para o resfriamento das serras, correntes, perfuratrizes e fio diamantados, dimensionados no plano de lavra. A água também é utilizada para a umidificação das praças de trabalho e das vias de acesso, reduzindo a emissão de partículas em suspensão.

A infraestrutura da pedreira inclui áreas administra-

tivas e de convivência: escritório técnico, vestiários, refeitório, oficina mecânica e almoxarifado. As instalações devem seguir as normas de segurança e conforto estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e pelos corpos de bombeiros estaduais.

Durante o decapeamento, é comum realizar sondagens adicionais para confirmar o volume útil da rocha e ajustar o plano de lavra.

Tudo é documentado e acompanhado por um responsável técnico habilitado (geólogo, engenheiro de minas ou tecnólogo em rochas ornamentais), como exige a ANM.

A fase de infraestrutura é o alicerce físico da operação — quanto mais bem planejada, mais eficiente e segura será a extração.

Relacionamento legal

A lavra de rochas ornamentais envolve uma rede de instituições que garantem que a exploração seja legal, segura e ambientalmente correta.

Cada órgão tem atribuições específicas e atua em momentos distintos do processo.

Agência Nacional de Mineração (ANM): regula e fiscaliza o setor mineral. Concede autorizações de pesquisa, guias de utilização e portarias de lavra. Exige o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) e o acompanhamento técnico por profissional habilitado.

Órgãos ambientais estaduais e municipais: condu-

zem o licenciamento ambiental (Licença Prévia, de Instalação e de Operação), fiscalizam o cumprimento das condicionantes e avaliam o plano de recuperação das áreas degradadas (PRAD).

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA): atua em empreendimentos de grande porte ou que interfiram em áreas federais, terras indígenas ou unidades de conservação.

Agência Nacional das Águas (ANA): autorizam o uso de recursos hídricos, como captação de água para resfriamento de equipamentos ou controle de poeira.

Corpo de Bombeiros: analisa e aprova as instalações industriais, sistemas de prevenção e combate a incêndios e planos de emergência.

Exército Brasileiro: controla o uso de explosivos, emitindo certificados de registro e autorização para compra, transporte e armazenamento.

Além disso, outros órgãos podem participar conforme a localização e o tipo de lavra — prefeituras, secretaria municipal de obras, fundações de meio ambiente ou defesa civil.

Cumprir as exigências legais não é apenas obrigação: é forma de assegurar credibilidade, evitar embargos, facilitar exportações, prevenir desastres ambientais e acidentes de trabalho.

Empresas que atuam em conformidade com as normas minerais e ambientais conquistam reputação positiva junto ao mercado e aos consumidores.

No fim, a lavra responsável é aquela que combina

eficiência técnica, respeito ambiental e transparência institucional. Mais do que extrair rochas, trata-se de transformar o potencial natural em valor econômico e social — com planejamento, responsabilidade e compromisso com o futuro.

Capítulo 4

Métodos de lavra de rochas ornamentais

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Minas Gerais.

Depois da pesquisa mineral e da definição da lavra, chega a hora de transformar o potencial geológico em produção real. É na extração que o maciço rochoso dá origem aos blocos que seguirão para o beneficiamento — o ponto de partida de todo o ciclo comercial das rochas ornamentais.

Em uma pedreira de rochas ornamentais, cada corte é uma operação milimetricamente planejada. O objetivo não é apenas retirar o material, mas preservar a integridade estética e estrutural. Diferentemente da mineração de agregados ou metais, o que se busca é o bloco íntegro e não o volume em toneladas.

O processo de extração combina conhecimento geológico, precisão técnica e responsabilidade ambiental. Envolve a preparação da frente de lavra, o desmonte do maciço, o corte, o tombamento dos blocos e o transporte para o pátio.

Cada etapa é conduzida com o mesmo cuidado de quem esculpe uma peça única — afinal, cada bloco pode se transformar em uma fachada, uma escultura ou um piso de alto valor comercial.

Lavra de rochas ornamentais

As rochas ornamentais podem ser extraídas por dois métodos principais, definidos conforme as características geológicas do depósito e o tipo de rocha: as lavras de matacões e as de maciços.

Lavras de matacões

As lavras de matacões ocorrem em áreas onde os blocos rochosos já se encontram naturalmente destacados do maciço. Esses blocos isolados — chamados de matacões — resultam de processos de intemperismo e fraturamento natural, que liberaram partes do corpo rochoso original.

A principal vantagem desse tipo de lavra é o baixo impacto ambiental e operacional: não há necessidade de maquinário sofisticado, nem grandes cortes. Os matacões são selecionados, e cortados de acordo com a qualidade e o volume aproveitável.

Entretanto, o método também tem limitações: o tamanho e a quantidade de blocos dependem diretamente da natureza do afloramento. Por isso, a lavra de matacões costuma ser indicada para produções de pequeno a médio porte, ou para materiais de ocorrência restrita, como granitos muito fraturados ou rochas ornamentais raras.

O processo envolve:

- Limpeza e retirada do solo e da vegetação superficial;
- Identificação e marcação dos matacões aproveitáveis;
- Corte e regularização dos blocos com fio diamantado, marteletes ou perfuratrizes leves;
- Transporte até o pátio de estoque ou para o beneficiamento.

Além da simplicidade operacional, esse método reduz custos iniciais e facilita a reabilitação ambiental da área.

Lavras de maciços

As lavras de maciços são as mais comuns no setor de rochas ornamentais. Neste tipo de operação, o material é extraído diretamente do corpo rochoso, por meio de cortes planejados em bancadas. A meta é retirar blocos grandes, regulares e sem fraturas, mantendo a continuidade da produção ao longo dos anos.

O processo começa com o decapeamento, que consiste na remoção da camada de solo e rochas alteradas. Em seguida, é feita a delimitação da frente de lavra, com definição das dimensões das bancadas, dos cortes verticais e horizontais e das linhas de fratura natural da rocha.

A extração é executada de forma progressiva e controlada. As operações principais incluem:

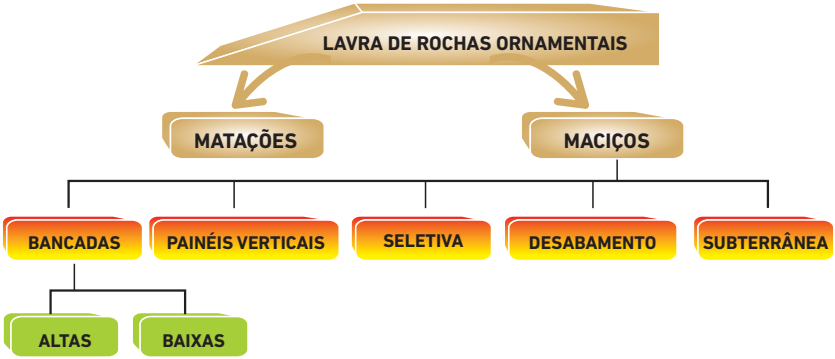
- Perfuração e corte com fio diamantado;
- Desmonte controlado, com cunhas hidráulicas ou pequenas cargas de explosivo (quando permitido);
- Isolamento, tombamento e içamento dos blocos;
- Regularização e transporte até o pátio.

Esse método permite maior controle dimensional e estético dos blocos, além de melhor aproveitamento do maciço. Entretanto, exige investimento em tecnologia, planejamento e infraestrutura, como energia elétrica, equipamentos de corte e vias internas de acesso.

A escolha entre lavra de matacões ou de maciços depende de fatores como o grau de fraturamento da rocha, a topografia, o custo de extração e a viabilidade econômica.

Em ambos os casos, o princípio é o mesmo: maximi-

zar a recuperação da rocha útil e minimizar perdas e impactos ambientais.



Tecnologia de cortes

A tecnologia de cortes é o coração da extração de rochas ornamentais. A eficiência, a segurança e a qualidade final do bloco dependem diretamente das ferramentas e métodos utilizados.

Com o avanço tecnológico, o setor evoluiu de técnicas rudimentares — como o uso de explosivos — para métodos de corte controlado e de alta precisão, que respeitam a integridade da rocha e aumentam o rendimento da lavra.

Principais técnicas de corte:

- Fio diamantado: É a tecnologia mais moderna e amplamente utilizada. Estas ferramentas são compostas de um cabo de aço inoxidável, sobre o qual são dispostos segmentos anulares diamantados (pérolas diamantadas) igualmen-

te espaçadas. As pérolas diamantadas são as partes responsáveis pelo corte, pois por serem feitas à base de um compósito diamantado. (Oliveira et al., 2007; Gelfusa e Turchetta, 2014; Moreira Junior, 2018). Este tipo de tecnologia permite cortes em qualquer direção, reduz perdas e gera superfícies lisas, com mínimo dano ao bloco.

- Cunhas hidráulicas e macacos mecânicos: Usadas para o tombamento e separação final dos blocos após o corte. Permitem o desprendimento sem explosivos e sem danificar a estrutura interna da rocha.

A escolha da tecnologia depende de variáveis como tipo de rocha, dureza, fraturamento, tamanho dos blocos e disponibilidade de energia. Além disso, a eficiência da operação está diretamente ligada à qualificação da equipe técnica e à manutenção periódica dos equipamentos.

A inovação tecnológica também vem se estendendo ao monitoramento digital da lavra. Sensores, drones e modelagem 3D permitem acompanhar o avanço dos cortes e otimizar o aproveitamento do maciço, reduzindo custos e impactos ambientais.

Sustentabilidade e segurança na extração

Toda atividade de extração deve seguir princípios de segurança e responsabilidade socioambiental.

O uso racional da água, o manejo adequado de resíduos, o controle de ruídos e a recuperação progressiva das áreas lavradas são práticas cada vez mais exigidas pelos

órgãos fiscalizadores e valorizadas pelo mercado.

Além disso, o transporte seguro dos blocos, o treinamento dos operadores e a sinalização das frentes de lavra são fundamentais para evitar acidentes e garantir a continuidade da produção.

Reforçando que as empresas que adotam boas práticas ambientais e de segurança — previstas nas normas da ABNT, nas resoluções da ANM e nas exigências dos órgãos ambientais — fortalecem a reputação e ampliam o acesso a mercados internacionais.

É importante ressaltar que um processo eficiente de extração de rochas ornamentais requer profissionais devidamente capacitados para a execução das atividades, de modo a evitar falhas graves no processo, bem como acidentes de trabalho e impactos ambientais. O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) é obrigatório e deve ser rigorosamente seguido por todos os colaboradores envolvidos.

Além disso, a empresa mineradora deve manter um relacionamento transparente e colaborativo com a comunidade local, com o objetivo de identificar, prevenir e mitigar possíveis impactos socioambientais decorrentes das atividades de mineração. Essa prática contribui para a sustentabilidade do empreendimento e para o desenvolvimento responsável do setor.

Capítulo 5

Beneficiamento

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto doada por Gleidson Bós. Espírito Santo.

O beneficiamento das rochas ornamentais compreende o conjunto de operações que transformam os blocos extraídos em produtos comercializáveis — chapas, ladrilhos, peças de revestimento e artefatos especiais. O processo exige precisão técnica, maquinário adequado e controle rigoroso de qualidade, pois é o momento de definir o valor comercial e estético do material.

De modo geral, o beneficiamento é dividido em duas etapas principais: beneficiamento primário, que envolve o corte e o desdobramento dos blocos; e beneficiamento secundário, que compreende o polimento, acabamento, tratamento e valorização estética das peças.

Beneficiamento primário

O beneficiamento primário tem início logo após a lavra, quando os blocos são transportados para as unidades industriais. O objetivo é desdobrá-los em chapas ou peças menores, com espessura e dimensões compatíveis com as exigências do mercado.

Essa etapa é determinante para o aproveitamento racional do material e a minimização de perdas, sendo realizada com diferentes tipos de equipamentos e tecnologias de corte.

Tear multifio diamantado

O tear multifio diamantado representa a evolução tecnológica do beneficiamento primário. No lugar das

lâminas metálicas, utiliza fios de aço revestidos por segmentos diamantados, acionados por sistemas automatizados.

Essa tecnologia proporciona maior precisão de corte, menor geração de lama abrasiva e significativa economia de tempo e energia. Além disso, reduz o desperdício de material e melhora a qualidade superficial das chapas, diminuindo a necessidade de retrabalho nas etapas seguintes.

Inovação Tecnológica no Desdobramento e Rochas Ornamentais

Durante a Feira Internacional do Mármore e Granito (Cachoeiro Stone Fair), realizada em Cachoeiro de Itapemirim (ES) no ano de 2025, a empresa KEDA lançou uma nova tecnologia voltada para o desdobramento de blocos de rochas ornamentais, especificamente mármore.

Foto doada por Gleidson Bós, Espírito Santo.

Medição do fio diamantado, confirmando sua espessa de 0,5 milímetros.

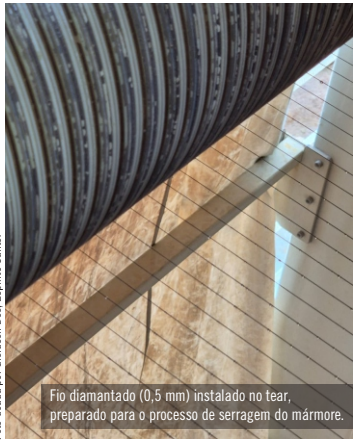


Foto doada por Gleidson Bós, Espírito Santo.

Fio diamantado (0,5 mm) instalado no tear, preparado para o processo de serragem do mármore.

O sistema, denominado "Nanowire KEDA", utiliza um fio diamantado ultrafino, apresentando um diâmetro de 0,55 mm. Este avanço tecnológico visa assegurar a precisão dos cortes e a qualidade superficial do material desdobrado.

A empresa KEDA afirma que o diâmetro reduzido do fio, quando comparado aos teares multifios tradicionais, resulta em uma espessura de corte significativamente menor. Esta otimização é um fator determinante para o incremento do rendimento em volume por bloco processado.

Discos diamantados

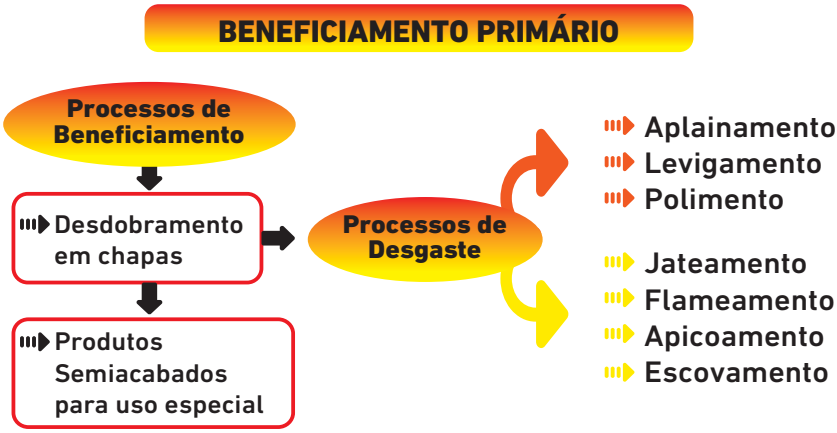
O uso de discos diamantados é indicado para o corte de blocos de menor porte ou para o dimensionamento de chapas e peças específicas, como pisos.

As cortadeiras de disco único ou múltiplo realizam cortes precisos e rápidos, sendo comuns em linhas automatizadas de beneficiamento.

O desempenho do disco depende da rotação, da refrigeração e da dureza do material, fatores que determinam tanto a eficiência quanto o acabamento final.

Essas duas tecnologias coexistem no parque industrial brasileiro, sendo a escolha do equipamento condicionada ao tipo de rocha, à capacidade produtiva da empresa e ao nível de automação desejado.

O beneficiamento primário, quando bem planejado, garante melhor aproveitamento do bloco e menor geração de resíduos, refletindo diretamente na competitividade e sustentabilidade da cadeia produtiva.



Beneficiamento secundário

O beneficiamento secundário compreende as operações que visam trabalhar a superfície e a estética das chapas e peças obtidas no beneficiamento primário. Trata-se de uma fase que combina técnica, arte e precisão, pois confere ao produto final as características que definem seu valor comercial - brilho, textura, uniformidade e resistência.

Desbaste

O desbaste é a primeira operação do processo de polimento. Consiste na remoção das irregularidades e marcas deixadas pelo corte, utilizando abrasivos de granulometria grossa.

O objetivo é nivelar a superfície, eliminando imperfeições e preparando a rocha para as etapas seguintes.

Levigamento

Após o desbaste, realiza-se o levigamento, responsável por proporcionar uniformidade e suavidade à superfície.

Nessa fase, são usados abrasivos progressivamente mais finos, que refinam o plano superficial da rocha. O levigamento é fundamental para o desempenho das etapas de polimento e resinagem.

Resinagem

A resinagem é aplicada após o levigamento, quando necessário, especialmente em materiais porosos ou fraturados.

Consiste na aplicação de resinas epóxi, com o objetivo de preencher microfissuras e aumentar a resistência mecânica e o brilho final.

Após a aplicação, o material passa por uma etapa de cura térmica e, em seguida, é submetido novamente ao polimento.

Nem todos os tipos de rocha demandam resinagem; a adoção depende das características petrográficas e do padrão de comercialização exigido.

Polimento

O polimento é uma das etapas mais importantes do

beneficiamento secundário. A superfície da rocha é submetida a uma sequência de abrasivos de granulometria cada vez menor, até alcançar o brilho desejado.

O processo pode ser realizado de forma automática, em polideiras de cabeçote múltiplo, ou semiautomática de dois ou três cabeçotes.

O grau de polimento obtido varia conforme a composição mineralógica e a dureza da rocha, sendo indicador direto da qualidade do beneficiamento.

Em determinadas situações no processo de beneficiamento de rochas ornamentais, notadamente na etapa de polimento, faz-se necessária a intervenção manual para o retoque e a correção de imperfeições (também denominadas defeitos) superficiais.

Essas anomalias surgem em pontos específicos da chapa após a finalização do processo automatizado de polimento.

Flameamento

O flameamento é um tratamento térmico utilizado principalmente em granitos. Consiste na aplicação de uma chama intensa sobre a superfície, que provoca a dilatação diferencial dos minerais e resulta em uma textura áspera e antiderrapante.

É muito empregado em pisos externos e fachadas, conferindo aspecto rústico e elevada resistência ao desgaste.

Apicoamento

O apicoamento é um tratamento mecânico de superfície, realizado com ponteiros metálicos ou máquinas automáticas que produzem pequenas marcas regulares.

Esse acabamento é tradicional em pisos antiderrapante, área úmidas.

Jateamento

O jateamento consiste na projeção de grãos abrasivos (como areia, granalha ou microesferas) sob pressão sobre a superfície da rocha.

Esse processo remove impurezas, homogeneíza a textura e gera um acabamento acetinado ou fosco, frequentemente usado em aplicações arquitetônicas de alto padrão.

Controle de qualidade

Durante o beneficiamento, o controle de qualidade é essencial. A avaliação envolve parâmetros como espessura das chapas, planicidade, brilho, tonalidade e integridade estrutural.

A verificação contínua em todas as etapas evita retrabalhos e desperdícios, garantindo a padronização exigida pelo mercado nacional e internacional.

O beneficiamento das rochas ornamentais combina tecnologia, precisão e sensibilidade estética. Desde o corte até o acabamento final, cada etapa requer conhecimento

técnico e domínio dos materiais, refletindo a importância crescente da inovação no setor.

O domínio das técnicas de beneficiamento primário e secundário é o que transforma uma rocha natural em um produto de alto valor agregado, símbolo da integração entre geologia, engenharia e design.

Marmoraria e controle de qualidade

A marmoraria representa o ponto final da cadeia de beneficiamento das rochas ornamentais. É onde o material, antes bruto e técnico, ganha forma, função e expressão estética. Nesse ambiente, a precisão industrial se alia ao olhar artístico — cada corte, encaixe e acabamento revela o diálogo entre natureza e criação humana.

O trabalho da marmoraria vai muito além de cortar e polir. É um processo de interpretação do projeto, no qual se busca valorizar a rocha conforme as características cromáticas, texturais e estruturais.

É onde o profissional transforma chapas em produtos finais — bancadas, pisos, escadas, tampos ou elementos decorativos — que precisam unir beleza, resistência e segurança.

Corte, Montagem e colagem

A montagem e colagem é uma das etapas mais críticas do processo, exigindo atenção e domínio técnico em cada fase. O objetivo é garantir união perfeita entre as peças,

sem falhas ou desalinhamentos.

Preparação das superfícies: antes da colagem, as áreas devem estar limpas, planas e secas. Poeira ou umidade comprometem a adesão e podem causar desplacamentos.

Marcação e posicionamento: as peças são alinhadas conforme o projeto, respeitando o sentido dos veios e o padrão cromático, o que assegura continuidade estética.

Aplicação do adesivo ou resina: são utilizadas resinas epóxi, poliéster ou mastiques apropriados ao tipo de rocha e à sua porosidade.

Ajuste e união: após a aplicação do adesivo, realiza-se a união das partes sob leve pressão, garantindo contato total e nivelamento.

Cura do adesivo: o tempo de cura deve seguir rigorosamente as especificações do produto, evitando movimentações que possam gerar falhas.

Acabamento das juntas: uma vez curadas, as juntas são polidas e niveladas, recebendo o mesmo acabamento da superfície.

Verificação final: confere-se nivelamento, alinhamento e brilho, assegurando que o conjunto atenda aos padrões técnicos e estéticos exigidos.

Controle de qualidade: Checagem de bordas e encaixes

O controle de qualidade é o momento em que se assegura que toda a precisão do beneficiamento resulte em um produto impecável. A checagem de bordas e encaixes é uma das etapas mais importantes da verificação.

São observados a regularidade dos cortes, o paralelismo, o ângulo das quinas e a ausência de lascas ou microfissuras. Bordas mal acabadas prejudicam o encaixe e comprometem o aspecto visual do conjunto.

Nos encaixes, verifica-se o nivelamento e a continuidade entre peças, garantindo que a instalação seja perfeita e o rejunte uniforme. Em bancadas e tampos, essa checagem é essencial para que emendas, recortes e quinas fiquem invisíveis, reforçando a qualidade e o valor estético do trabalho.

Mais do que uma etapa técnica, o controle de qualidade é uma postura profissional. Em uma marmoraria, cada detalhe — do brilho da superfície à precisão do corte — comunica cuidado, competência e respeito à matéria-prima.

Foto doada por Gleidson Bós, Espírito Santo.

Material recortado sob medida, e embalado para transporte.

Capítulo 6

Rejeitos e resíduos

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES
Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Espírito Santo.

Foto do autor, Espírito Santo.

Em toda atividade mineral, o aproveitamento da matéria-prima envolve também a geração de materiais que não seguem o mesmo destino nobre do produto final. No caso das rochas ornamentais, o contraste é ainda mais evidente: enquanto um bloco de granito ou mármore revela a beleza polida e valorizada no mercado, parte significativa do volume extraído se transforma em resíduos ou rejeitos.

Esses materiais, embora muitas vezes subestimados, contam uma parte essencial da história da mineração moderna — a que busca conciliar produtividade com responsabilidade ambiental.

A gestão de rejeitos e resíduos é, portanto, um dos pilares do desenvolvimento sustentável no setor. Exige planejamento desde a pesquisa mineral até o beneficiamento final, com ações voltadas à redução da geração, reutilização de materiais e tratamento adequado dos descartes inevitáveis.

Estima-se que, para cada metro cúbico de rocha comercializada, outros dois metros cúbicos de material são descartados em diferentes estágios da cadeia produtiva. Essa proporção revela tanto o potencial de perdas quanto as oportunidades de inovação e reaproveitamento.

Riscos

O acúmulo desordenado de resíduos e rejeitos representa um dos maiores desafios da indústria de rochas ornamentais. Os riscos ambientais e operacionais se mani-

festam de várias formas: desde a alteração do relevo natural e o assoreamento de cursos d'água até a formação de poeiras e o comprometimento da qualidade do ar e do solo.

A lama de serragem, por exemplo — resultado do corte e do polimento das chapas —, contém partículas muito finas de minerais e abrasivos que, quando não corretamente tratadas, podem escoar e atingir corpos hídricos. Já os blocos fraturados, cascalhos e sobras de corte, se mal dispostos, degradam visualmente a paisagem e dificultam a recuperação ambiental das áreas de lavra.

Do ponto de vista humano, há riscos à saúde ocupacional dos trabalhadores, principalmente pela exposição prolongada à poeira de sílica, que pode causar silicose.

Além disso, falhas no manejo de rejeitos podem afetar comunidades vizinhas, causando danos socioambientais e prejuízos à imagem das empresas envolvidas. Por isso, a legislação brasileira estabelece uma rede de responsabilidades que abrange todos os agentes da cadeia mineral.

Instituições e responsabilidades

A gestão ambiental das atividades minerárias é compartilhada entre diferentes órgãos e níveis de governo:

- Agência Nacional de Mineração (ANM) – regula a atividade mineral e define critérios técnicos para a disposição e o aproveitamento de rejeitos;
- IBAMA – executa a política ambiental federal e concede

licenças para empreendimentos de grande porte;
- Órgãos ambientais estaduais e municipais – conduzem o licenciamento local e monitoram o cumprimento das condicionantes;
- Corpo de Bombeiros - Corpo de bombeiro - serve para comprovar oficialmente que a empresa atende às normas de prevenção e proteção contra incêndio e está apta a funcionar com segurança.;
- Exército Brasileiro – fiscalizam o uso e armazenamento de explosivos, garantindo a segurança nas operações;
- ANA – fiscaliza o uso de recursos hídricos e autoriza o reuso de água nos processos industriais.

A integração entre essas instituições garante que a produção de rochas ornamentais avance de forma regular e sustentável.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece princípios claros: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada.

Na mineração, esses princípios são aplicados desde a lavra até o beneficiamento, e o não cumprimento pode resultar em sanções administrativas, multas e até suspensão de atividades.

A responsabilidade ambiental na mineração não termina quando o bloco é extraído. Ela continua no destino dado a cada fragmento, a cada pó que retorna à terra.

Tratamento de resíduos

O tratamento dos resíduos minerais é uma etapa crítica para o funcionamento sustentável de pedreiras e marmorarias.

A gestão moderna busca não apenas minimizar impactos, mas transformar o descarte em recurso útil — seja pela recuperação de água, reaproveitamento de materiais ou pela geração de novos produtos.

Etapas do tratamento

Segregação na origem – Os resíduos são separados de acordo com sua natureza (lama, cascalho, fragmentos, efluentes). Essa triagem facilita o controle e o tratamento posterior.

Decantação e filtragem – A lama gerada nos teares é conduzida a tanques decantadores, onde as partículas sólidas sedimentam. Sistemas de filtro prensa reduzem a umidade do material, permitindo a recuperação de até 90% da água utilizada no processo.

Armazenamento controlado – As áreas de disposição são impermeabilizadas e dotadas de drenagem, evitando contaminação do solo e infiltração em lençóis freáticos.

Reuso da água clarificada – A água resultante do processo de filtragem é devolvida ao sistema produtivo, reduzindo o consumo hídrico e o descarte de efluentes.

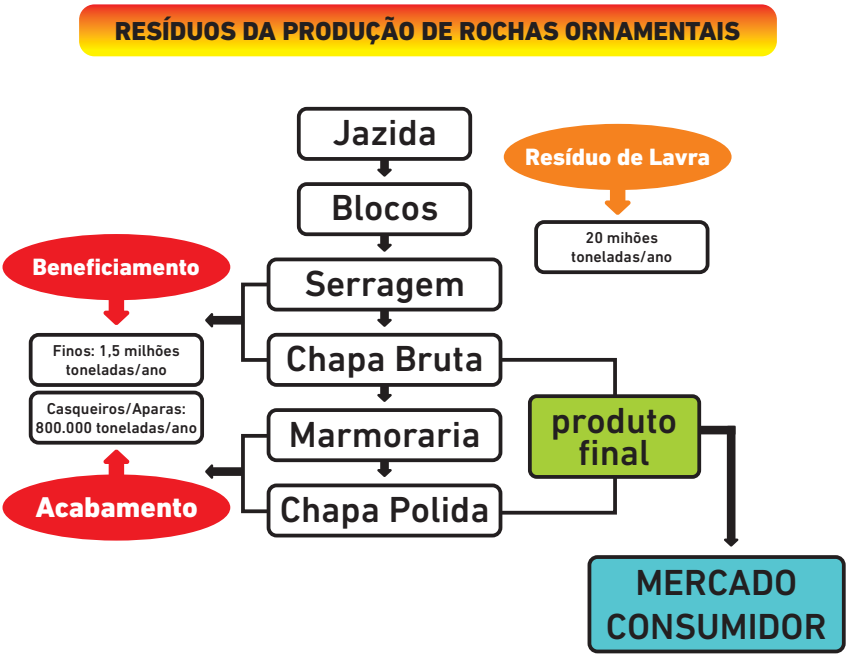
Monitoramento ambiental – Empresas responsáveis

devem apresentar relatórios periódicos aos órgãos competentes, garantindo rastreabilidade e conformidade legal.

Boas práticas operacionais

O uso de tecnologias limpas — como circuitos fechados de água, equipamentos de baixo consumo energético e controle automatizado de resíduos — já é uma realidade em marmorarias modernas.

Além de reduzir custos operacionais, essas práticas valorizam a imagem institucional e abrem portas para certificações ambientais e selos de sustentabilidade.



Utilização de resíduos

A reutilização de resíduos é hoje um dos campos mais promissores do setor. Com investimento em pesquisa, esses materiais têm se mostrado valiosos para diferentes ramos da economia — da construção civil à agricultura e até à indústria química.

O aproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais pode gerar produtos de alto valor agregado, como pó de rocha para remineralização de solos, agregados para concreto ecológico, cerâmicas técnicas e artefatos decorativos.

Principais aplicações dos resíduos de rochas ornamentais

- Construção civil: uso de britas, cacos e pós como agregados para pavimentos, blocos e argamassas.
- Recuperação de áreas degradadas: revestimento de taludes e controle de erosão com fragmentos e cascalhos.
- Remineralização agrícola: aplicação de pós de rocha ricos em silicatos e carbonatos para reposição mineral do solo.
- Indústria cerâmica e de pigmentos: aproveitamento da granulometria fina para formulações de massas e esmaltes.
- Design e mobiliário: aproveitamento artístico de fragmentos e lascas em produtos de valor cultural e estético.

Além do potencial econômico, o aproveitamento dos resíduos reduz a necessidade de extração de novas jazidas, prolonga a vida útil das pedreiras e melhora a aceitação

social das atividades minerárias.

A gestão de rejeitos e resíduos nas rochas ornamentais é mais que uma exigência ambiental: é um indicador de maturidade empresarial. O setor vem evoluindo rapidamente, impulsionado por normas mais rígidas, tecnologias limpas e uma nova consciência coletiva sobre o uso dos recursos naturais.

Transformar resíduos em oportunidades é o caminho natural de uma indústria que aprendeu que o verdadeiro valor de uma rocha não está apenas na aparência, mas também na forma ética e responsável como é produzida.

A sustentabilidade é o novo brilho das rochas ornamentais — um reflexo que vem não do polimento, mas da consciência.

Foto do autor, Bahia.

Fase inicial de lavra, com acúmulo de rejeitos na porção inferior da frente de extração.

Capítulo 7

Economia circular

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor, Mimoso do Sul - ES.

A mineração de rochas ornamentais, historicamente associada à extração bruta e ao consumo intensivo de recursos, vem passando por uma transformação profunda.

Nas últimas décadas, o setor tem incorporado novos conceitos de sustentabilidade, eficiência produtiva e reaproveitamento de materiais. Entre os conceitos, a Economia Circular desponta como pilar promissor, ao propor que o valor da matéria-prima se renova em um ciclo contínuo de uso e reuso.

Na cadeia das rochas ornamentais, a circularidade significa olhar para cada etapa — desde a lavra até o beneficiamento — e identificar oportunidades de reduzir perdas, aproveitar rejeitos e prolongar a vida útil dos recursos naturais. A mudança de paradigma combina inovação tecnológica, gestão ambiental e planejamento industrial, transformando o que antes era considerado resíduo em produto secundário ou insumo reciclado.

Conceito e importância da circularidade

A economia circular aplicada ao setor mineral é um modelo que busca "fechar o ciclo" dos materiais, minimizando o desperdício e promovendo a reutilização dos recursos.

Na prática, significa substituir o conceito linear de "extrair, produzir e descartar" por um sistema integrado, onde cada subproduto tem destino útil.

Nos processos de lavra e beneficiamento, o aproveitamento racional do maciço rochoso já representa uma

forma de circularidade.

Mais do que um ideal ambiental, a circularidade pode se tornar um fator econômico estratégico. Reduz custos de descarte, amplia a eficiência dos processos e melhora a imagem das empresas perante o mercado e os órgãos reguladores.

O mercado atual, obedecendo ao novo perfil de consumidor, não busca produtos apenas por valor estético. Hoje em dia o valoriza-se também a forma de extração, o beneficiamento, as condições de trabalho dos colaboradores e o impacto ambiental envolvido.

Ou seja, o consumo não é mais baseado só no resultado final do produto, mas em todo o ecossistema de produção que respeita as pessoas e o planeta.

Práticas circulares no setor de rochas ornamentais

A adoção de práticas circulares varia conforme o porte da empresa e o estágio tecnológico da região produtora, mas já é possível identificar avanços consistentes, principalmente em polos de beneficiamento consolidados, como Espírito Santo, Ceará, Bahia e Minas Gerais.

Entre as práticas mais difundidas estão:

- Um percentual muito pequeno de resíduos sólidos, como blocos defeituosos, cascalhos e fragmentos, são reaproveitados em calçadas, muros, pisos rústicos e elementos de paisagismo;

- Reuso de água nos processos de corte e polimento, com implantação de sistemas fechados de decantação e filtragem;
- Reutilização de paletes, embalagens e insumos industriais, reduzindo o consumo de madeira e de materiais plásticos;
- Otimização de cortes e redução de perdas em serrarias, com apoio de softwares de modelagem tridimensional e simulação de desmonte.

Essas ações reforçam o conceito de "mineração inteligente", ou seja, aquela que alia produtividade e sustentabilidade.

Planejamento e gestão integrada de resíduos

A circularidade não ocorre de forma espontânea. Depende de planejamento técnico e de gestão integrada de resíduos.

Cada etapa da cadeia deve ser planejada de forma sistêmica — desde o controle do volume de rejeitos na lavra até o transporte, armazenamento e destinação final dos resíduos gerados no beneficiamento.

Empresas mais estruturadas adotam Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Isso permite rastrear o destino de cada material, reduzir passivos ambientais e atender exigências de licenciamento junto aos órgãos ambientais municipais, estaduais e federais.

O sucesso dessa gestão está diretamente ligado à

cooperação institucional. Órgãos como ANM, IBAMA, secretarias ambientais e entidades setoriais atuam de forma complementar — a ANM regula o uso do bem mineral; os órgãos ambientais controlam o impacto e a recuperação de áreas degradadas; e as entidades setoriais incentivam boas práticas e capacitação técnica.

Inovação e novos destinos para os resíduos

Os resíduos de rochas ornamentais — especialmente a lama proveniente do corte e do polimento — possuem potencial tecnológico elevado. Estudos indicam que, após tratamento adequado, esse material pode ser utilizado na produção de cimento, concreto, argamassas, vidros e cerâmicas técnicas.

Outros projetos exploram o uso dos resíduos finos em camadas de pavimentação, revestimentos acústicos e até materiais compósitos.

O aproveitamento local desses resíduos podem reduzir custos logísticos, cria oportunidades de emprego e contribui para o desenvolvimento regional — transformando o que antes era um problema ambiental em uma cadeia de valor circular.

Um dos caminhos pesquisados consiste na formulação de pó fluxante para o processo de lingotamento contínuo do aço, considerando que a composição química dos resíduos de mármore e granito apresenta similaridade com a de fluxantes comerciais. Essa característica possibilita a

reintegração desses resíduos a uma cadeia industrial de maior valor agregado, contribuindo para a redução de custos e para a sustentabilidade do setor siderúrgico. (ALVES et al., 2018).

Desafios e perspectivas

Apesar dos avanços, a plena implementação da economia circular nas rochas ornamentais ainda enfrenta desafios.

Faltam políticas de incentivo claras, infraestrutura adequada em pequenas marmorarias e mecanismos eficientes de integração entre o setor produtivo, universidades e poder público.

O conhecimento técnico, no entanto, já existe e a aplicação depende principalmente de gestão empresarial e conscientização ambiental.

No futuro, a competitividade do setor não será medida apenas pela qualidade estética ou resistência das rochas, mas também pela capacidade de reduzir impactos e gerar valor a partir do que antes era descartado.

A economia circular, nesse sentido, representa não apenas uma estratégia de sustentabilidade, mas um novo modelo de negócio — onde a beleza das pedras começa na responsabilidade de quem as extrai, passando pelo compromisso de quem as transforma e terminando na consciência de quem usa.

Capítulo 8

Vendas

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

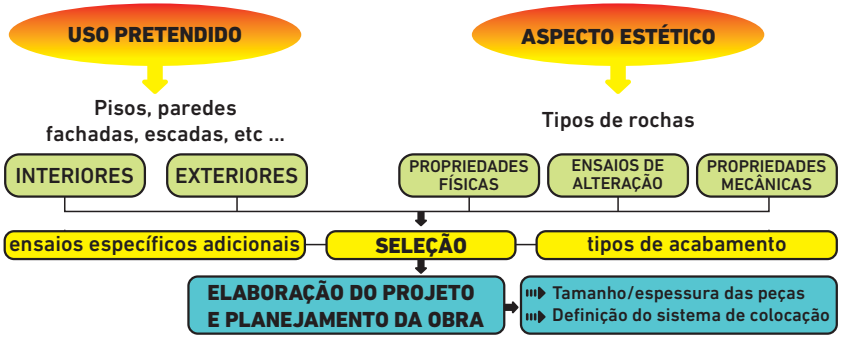
Foto doada por Gleidson Bós, Espírito Santo.

A comercialização das rochas ornamentais é o ponto de convergência entre ciência, técnica e sensibilidade estética. É quando o resultado de anos de história geológica se transforma em produto, valor e identidade. A beleza das rochas não é apenas natural — é também tecnológica, pois o modo como são extraídas, beneficiadas e apresentadas define o destino no mercado.

O processo de venda, nesse setor, é fortemente influenciado pela qualidade técnica e pela confiabilidade do material, fatores determinados desde a fase de caracterização laboratorial até o desempenho nas obras. O comprador — seja ele arquiteto, engenheiro ou exportador — busca mais do que aparência: busca segurança, durabilidade e performance.

Assim, compreender a dinâmica de vendas das rochas ornamentais exige considerar o ciclo completo da cadeia produtiva: pesquisa, lavra, beneficiamento, caracterização tecnológica e seleção para uso.

ROTEIRO PARA ESCOLHA E SELEÇÃO DE ROCHAS PARA REVESTIMENTO



Mercado interno

O mercado interno de rochas ornamentais no Brasil é caracterizado pela diversidade de materiais e aplicações. Granitos, mármores, quartzitos e outras rochas ornamentais estão presentes em fachadas, pisos, bancadas e revestimentos, tanto em edificações residenciais quanto comerciais.

A demanda interna é fortemente guiada por tendências arquitetônicas, pelo custo do beneficiamento e pela disponibilidade logística.

Outro fator relevante é a proximidade entre pólos produtores e centros consumidores, o que reduz custos e facilita a personalização de pedidos. Estados como Espírito Santo, Ceará, Bahia e Minas Gerais concentram a maior parte das empresas fornecedoras, com destaque para o Espírito Santo, principal centro de beneficiamento e distribuição do país.

As empresas mais competitivas mantêm estoques organizados por lote, qualidade e acabamento, permitindo rápida resposta aos pedidos. Nesse contexto, o domínio técnico sobre as propriedades do material — brilho, dureza, resistência à abrasão, entre outros — torna-se um diferencial comercial decisivo.

Mercado externo

O mercado internacional das rochas ornamentais brasileiras se consolidou como um dos mais importantes do mundo, com exportações que alcançam mais de uma centena de países. O Brasil figura entre os maiores produtores e exportadores globais, destacando-se pelo amplo espectro cromático e pela qualidade dos acabamentos.

Nos EUA, Europa e Ásia, os produtos brasileiros são reconhecidos pelo alto padrão de polimento e pela diversidade geológica, que confere exclusividade estética. A competitividade internacional, contudo, exige conformidade técnica com normas e certificações de qualidade, além de padronização dimensional e rastreabilidade da produção.

As empresas exportadoras seguem procedimentos rigorosos de inspeção, embalagem e documentação, garantindo que o material chegue ao destino final com integridade física e identidade comercial preservadas.

Essa padronização é sustentada por práticas laboratoriais que confirmam a conformidade dos lotes com as normas técnicas internacionais, como as da ASTM e da EN (Norma Europeia).

Em mercados de alto valor agregado, a história do material — origem, processo de beneficiamento e características petrográficas — é um componente do marketing. O apelo narrativo da rocha, associado à autenticidade, reforça o valor simbólico e comercial do produto.

Comercialização e canais de venda

A comercialização de rochas ornamentais envolve uma cadeia complexa, que conecta mineradores, beneficiadores, distribuidores, marmorarias e consumidores finais. Cada elo agrega valor, desde a seleção inicial do bloco até a entrega do produto acabado.

No comércio interno, as vendas ocorrem de forma direta entre empresas e consumidores ou por meio de representantes regionais. Já no mercado externo, destacam-se as feiras internacionais a Marmomac (Itália) e a Marmomac Brasil (antiga Vitória Stone Fair, que foi transferida para o Estado São Paulo e Incorporada a Marmomac Brasil), que funcionam como vitrines mundiais do setor.

A negociação é técnica e sensorial. O comprador avalia amostras, examina laudos de caracterização, visita estoques, extração e acompanha testes de desempenho.

A decisão de compra depende tanto da qualidade estética quanto da compatibilidade tecnológica da rocha com o uso pretendido.

Roteiro técnico de seleção de rochas

A seleção de uma rocha adequada deve considerar um conjunto de critérios que combinam aspectos geológicos, tecnológicos e estéticos.

O processo inicia-se pela caracterização petrográfica e física — determinando composição mineralógica, estrutu-

ra, porosidade e resistência mecânica. Em seguida, avaliam-se o tipo de tratamento a ser aplicado, e se necessário aplica-se resina e/ou tela, com o intuito de impermeabilizar e aumentar a resistência mecânica ao material.

Superada a etapa técnica, entram os critérios estéticos e comerciais: uniformidade de cor, presença de veios, brilho, aceitação de mercado e disponibilidade de blocos em dimensões adequadas. Por fim, realiza-se a compatibilização entre o tipo de rocha e a aplicação final (piso, fachada, bancada, escultura, etc.), garantindo segurança, durabilidade e valor estético.

Trata-se de um roteiro que sintetiza a lógica que une ciência e mercado: o material só é comercialmente viável se for tecnicamente confiável.

Práticas laboratoriais

A etapa laboratorial é o elo que assegura credibilidade técnica à venda. O processo envolve um conjunto de ensaios e medições que confirmam o comportamento da rocha sob condições de uso.

Esses resultados são compilados em relatórios que subsidiam decisões comerciais, assegurando que o material atenda aos parâmetros técnicos exigidos por normas da ABNT (NBR 15845, NBR 12042), ASTM (C615, C568) e EN (12407).

O laboratório tem a função técnica, a de caracterizar o material, servindo de base para exportação e homologa-

ção de materiais. O diálogo entre laboratório e mercado é, portanto, permanente — um garante a confiabilidade do outro.

Vender rochas ornamentais é mais do que negociar blocos ou chapas: é comunicar o encontro entre a natureza e a técnica. Cada peça carrega não apenas um padrão de cor, mas uma história geológica e industrial.

A comercialização bem-sucedida é aquela que traduz essa história em valor de mercado — com dados confiáveis, qualidade comprovada e narrativa coerente. É assim que o setor das rochas ornamentais brasileiras se afirma: unindo tradição geológica, inovação tecnológica e credibilidade científica.

Capítulo 9

Rastreabilidade

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES
Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor. Espírito Santo.

A rastreabilidade é uma ferramenta fundamental para o controle de qualidade, a gestão produtiva e a sustentabilidade da cadeia das rochas ornamentais. Trata-se da capacidade de acompanhar, de forma sistemática, todo o percurso da rocha — desde a extração na pedreira até a aplicação final em obras civis, arquitetônicas ou de design.

Esse acompanhamento garante que cada lote de material mantenha a identidade, permitindo a verificação de origem, características tecnológicas, conformidade com normas e desempenho em uso.

Conceito e importância da rastreabilidade

Na indústria de rochas ornamentais, a rastreabilidade não se restringe a uma exigência documental. O processo representa uma prática de gestão integrada. Ao permitir a identificação da origem geológica e do processo produtivo, a rastreabilidade assegura a consistência entre os parâmetros tecnológicos declarados e o comportamento efetivo do produto no mercado.

A rastreabilidade está diretamente ligada à caracterização tecnológica das rochas e à padronização das etapas de beneficiamento. Um mesmo tipo comercial pode ter variações significativas em composição mineralógica, textura, porosidade e resistência mecânica, dependendo da frente de lavra de onde foi extraído.

Sem controle de procedência, essas diferenças podem comprometer a uniformidade estética e o desempe-

nho técnico dos produtos finais.

A rastreabilidade também tem papel estratégico no atendimento às normas técnicas (como as da ABNT e da ASTM), além de estar alinhada aos princípios de sustentabilidade e transparência produtiva. Ao possibilitar a documentação do percurso da rocha, cria-se uma cadeia confiável de informação, que respalda o controle de qualidade, a certificação de origem e a conformidade ambiental.

Etapas e métodos de rastreamento

De forma geral, a rastreabilidade pode ser dividida em três grandes etapas, correspondentes às principais fases da cadeia produtiva:

- Origem e extração na pedreira

A rastreabilidade inicia-se ainda na lavra. Cada bloco extraído deve receber uma identificação única — geralmente composta por código alfanumérico — que contenha dados sobre o nome da pedreira, data e frente de lavra. Essa marcação é feita com tinta, pela praticidade e durabilidade.

O registro de procedência é o ponto de partida do controle de qualidade, pois permite correlacionar variações petrográficas e estruturais ao desempenho observado nos testes de laboratório e nas etapas de beneficiamento.

- Beneficiamento primário e secundário

Durante as etapas de desdobramento dos blocos de rochas ornamentais, polimento e corte, é essencial que as chapas e peças mantenham vínculo com o bloco de origem.

Em unidades organizadas, o controle é realizado por meio de planilhas, etiquetas adesivas ou códigos de barras, garantindo que cada lote de chapas possa ser rastreado até a pedreira.

Além do controle de produção, essa rastreabilidade interna permite a análise de produtividade e o gerenciamento de perdas, integrando-se a sistemas informatizados de controle industrial.

- Comercialização e aplicação final

Na etapa comercial, a rastreabilidade assegura que os produtos sejam entregues com especificações técnicas e origem documentada. Isso é particularmente relevante em obras públicas e exportações, nas quais a conformidade com normas e certificações ambientais pode ser requisito contratual.

Empresas exportadoras de rochas brasileiras vêm adotando sistemas eletrônicos de rastreamento, que associam lotes a bancos de dados de ensaios tecnológicos, certificados de qualidade e relatórios petrográficos.

Benefícios e desafios

A adoção plena da rastreabilidade traz benefícios diretos para toda a cadeia produtiva:

- Melhoria da qualidade e confiabilidade dos produtos comercializados;
- Redução de perdas por seleção incorreta ou incompatibilidade de lotes;

- Maior controle sobre variabilidade natural de materiais heterogêneos;
- Transparência comercial e ambiental, fortalecendo a imagem do setor perante o mercado e órgãos reguladores.

A implementação, entretanto, ainda enfrenta desafios. Muitas pequenas e médias empresas de beneficiamento carecem de sistemas informatizados e de padronização de registros. No entanto, a integração entre pedreiras, marmorarias e distribuidores é essencial para garantir a continuidade da informação ao longo de toda a cadeia.

Outro obstáculo é a ausência, em alguns casos, de exigência formal de rastreabilidade nos contratos de fornecimento, o que limita o incentivo à sua adoção sistemática.

Rastreabilidade e sustentabilidade

A rastreabilidade é também um instrumento de sustentabilidade. Ao documentar o ciclo de vida do material, viabiliza o monitoramento de práticas ambientais na extração e no beneficiamento, incluindo o controle de efluentes, a destinação de resíduos e o consumo de energia e água.

Além disso, a rastreabilidade permite a valorização de produtos com menor impacto ambiental comprovado, associando qualidade técnica à responsabilidade socioambiental — um diferencial crescente no mercado global de rochas ornamentais.

Rastrear é conhecer. Conhecer é controlar. E controlar é evoluir para uma produção mais eficiente, segura e sustentável.

Capítulo 10

Aplicação

ATecnólogos ES
SINDTecnólogos ES
Sindicato dos Tecnólogos do Espírito Santo
CONFEA Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA-ES Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo
mútua Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Foto do autor. Espírito Santo.

As rochas ornamentais, desde a Antiguidade, são utilizadas como elementos de expressão estética, durabilidade e valor simbólico. Contudo, na contemporaneidade, o uso vai além da dimensão artística: envolve critérios tecnológicos, econômicos e ambientais.

A aplicação adequada de uma rocha depende do conhecimento da origem geológica, das propriedades físico-mecânicas e dos resultados obtidos em ensaios laboratoriais, que asseguram desempenho e segurança no uso final.

A escolha correta do material, portanto, é o elo que conecta geologia, tecnologia e arquitetura — síntese do percurso que este livro procurou construir.

Relação entre os aspectos geológicos das rochas ornamentais e suas aplicações

A aplicação de uma rocha ornamental está diretamente vinculada à natureza geológica. Cada tipo de rocha — ígnea ou metamórfica — apresenta características texturais e estruturais próprias, que condicionam o comportamento frente aos agentes de desgaste e às solicitações mecânicas e térmicas.

Rochas ígneas, como granitos, sienitos e dioritos, são reconhecidas pela alta resistência à compressão e baixa porosidade, o que as torna ideais para áreas externas, pavimentações e fachadas expostas às intempéries.

Rochas metamórficas, como mármores, quartzitos e

ardósias, exibem maior variação de dureza e resistência, dependendo da intensidade do metamorfismo e da orientação foliada dos minerais. São amplamente utilizadas em revestimentos internos e elementos decorativos.

A compreensão dessas diferenças geológicas é fundamental não apenas para a seleção estética, mas também para o dimensionamento técnico dos revestimentos e elementos estruturais.

A heterogeneidade natural das rochas exige que o profissional responsável conheça a origem, a textura e as descontinuidades do material, de modo a evitar falhas em projeto e instalação.

Critérios de escolha e compatibilidade de aplicação

A escolha e seleção de rochas para revestimento obedece a uma sequência lógica para a especificação técnica das rochas ornamentais:

- Identificação do tipo de rocha – observação petrográfica e classificação geológica;

- Caracterização tecnológica – avaliação das propriedades físicas e mecânicas por ensaios laboratoriais;
- Adequação ao uso – definição de compatibilidade entre desempenho e ambiente de aplicação (interno, externo, piso, fachada, bancada etc.);
- Critérios estéticos e de acabamento – análise de cor, brilho, textura e padrão visual, considerando uniformidade e manutenção;
- Custo e disponibilidade comercial – verificação da viabilidade técnica e econômica de fornecimento;
- Sustentabilidade e origem – consideração dos aspectos ambientais e da rastreabilidade do material.

O roteiro sistematiza o processo decisório, permitindo que arquitetos, engenheiros e especificadores selecionem materiais com base em parâmetros técnicos, e não apenas estéticos.

A aplicação prática desses critérios resulta em projetos mais duráveis, seguros e coerentes com o desempenho esperado.

Aplicações arquitetônicas e funcionais

As rochas ornamentais podem ser aplicadas em uma ampla gama de produtos e contextos construtivos, que vão desde o revestimento de pisos e fachadas até mobiliários e elementos de design. As principais categorias de aplicação incluem:
- Revestimentos internos: pisos, paredes, bancadas e escadas. Exigem acabamento fino e baixa porosidade;

- Revestimentos externos: fachadas, calçadas e pavimentações urbanas, que requerem resistência à abrasão e ao intemperismo;
- Elementos estruturais: colunas, pilares e monumentos, nos quais a resistência mecânica e a estabilidade dimensional são determinantes;
- Aplicações especiais: peças escultóricas, mobiliário urbano, painéis ventilados e superfícies compostas, que demandam integração entre tecnologia e estética;

A especificação adequada deve sempre considerar o ambiente de uso, o tipo de acabamento superficial e a manutenção prevista, assegurando longevidade ao material.

Integração entre tecnologia, estética e sustentabilidade

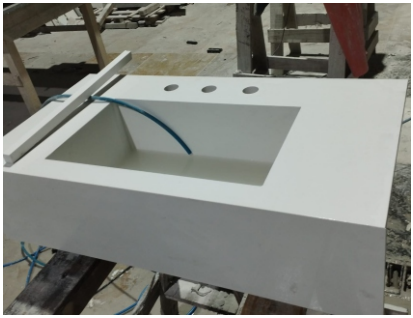
A aplicação contemporânea das rochas ornamentais busca o equilíbrio entre desempenho técnico, valorização estética e responsabilidade ambiental.

Projetos arquitetônicos modernos têm incorporado critérios de sustentabilidade, como o uso de materiais com rastreabilidade comprovada, reaproveitamento de resíduos e controle de emissões no beneficiamento.

Nesse contexto, a caracterização tecnológica e o conhecimento geológico tornam-se ferramentas essenciais para o uso racional das rochas, garantindo que a beleza natural dos materiais se una à eficiência técnica e à conser-

vação ambiental.

O ciclo produtivo das rochas ornamentais só se completa plenamente quando o material encontra sua aplicação final, traduzindo em forma, textura e durabilidade o resultado de uma cadeia que começa na geologia e termina na obra.



Fotos doada por Reoenison da Silva Herculano, Cachoeiro de Itapemirim - Es.

Referências bibliográficas

ALVES, Leticia Miranda.; VOLTZ, Hiury.; CARVALHO, Cássio Santos de.; NASCIMENTO, Altemar Dettogne do.; VIEIRA, Estéfano Aparecido . Use of ornamental rock residues for mould flux development. **REM - International Engineering Journal**, v. 71, p. 403-410, jul. 2018.

MOREIRA JUNIOR, Valdenir.; CARVALHO, Cássio Santos de. Implantação da Educação Ambiental na Mineração. **Rochas de Qualidade**, São Paulo, SP, v. 208, p. 136-137, set./out. 2009.

MOREIRA JUNIOR, Valdenir. **Fabricação de pérolas diamantadas para teares de multifios**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência e Tecnologia, Campos dos Goytacazes, 2018.

CARVALHO, Cássio Santos de. **Estudo do comportamento tecnológico e de alterabilidade das rochas ornamentais silicáticas Verde Amazonas, Preto Cajugram e Bege Ipanema (ES)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Geociências e Ciências Exatas, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, L. J.; BOBROVNITCHII, G. S.; FILGUEIRA, M. Processing and characterization of impregnated diamond cutting tools using a ferrous metal matrix. **International Journal of Refractory Metals and Hard Materials**, v. 25, p. 328-335, jul. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026343680600076X>. Acesso em: 10 nov. 2025

GELFUSA, G.; TURCHETTA, S. Cutting force and tool wear of single diamond coated bead. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 72, p. 1063-1072, mar. 2014.

POPP, J. H. Geologia Geral. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 332 p. ISBN 978-85-216-3122-4.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 624 p. ISBN 978-85-04-01439-6.

SIAL, A. N.; MCREATH, I. **Petrologia Ígnea: os fundamentos e as ferramentas de estudo**. v. 1. Salvador: SBG/CNPq/Bureau, 1984. 181 p.

CETEM/ABIROCHAS. **Rochas Ornamentais no Século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras**. Rio de Janeiro: CETEM, 2001. 160 p. ISBN 85-7227-144-9.

Sugestões de leitura

VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A. .; CASTRO, Nuria F. (Eds.). **Tecnologia de rochas ornamentais**: pesquisa, lavra e beneficiamento. – Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. 700p.

MEDEIROS, Vladimir Cruz de.;ROSA-COSTA, Lúcia Travassos da (org). **Guia de procedimentos técnicos** volume 1 – cartografia geológica. Brasília : CPRM, 2020. 170 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/21749/1/ guia_de_procedimentos_tecnicos_cartografia_-geologica.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2025.

COSTA, Flavia Compassi da.; OLIVEIRA, Fabricia Benda de.; CIPRIANO, Ricardo Augusto Scholz (org.). **Mineralogia e gemologia**. Dados eletrônicos. Alegre, ES: CAUFES, 2022. v. 1. Disponível em: <https://dspace5.ufes.br/server/ api/core/bitstreams/ebad6071-6803-4d5a-a4bf-6ec9954b07a3/content>. Acesso em: 07 nov. 2025.

KLEIN, C.; DUTROW, B. **Manual de Ciência dos Minerais**. 23. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 724 p. ISBN 978-85-7780-963-9.

WINTER, J. D. **Principles of Igneous and Metamorphic Petrology**. 2. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2010. 704 p. ISBN 978-0321592576.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; MONTICELI, J. J. (Eds.). **Geologia de Engenharia e Ambiental**. São Paulo: ABGE, 2018. v. 3. ISBN 978-85-7270-073-3.

CPRM. **Manual de mapeamento geológico e de recursos minerais**. 2. ed. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2009. 362 p. Disponível em: rigeo.sgb.gov.br. Acesso em: 7 dez. 2025.

LUIZ, José Gouvêa. **Geofísica na Prospecção Mineral**: Guia para Aplicação. Rio de Janeiro: SBGf,2013. ISBN978-85-88690-17-2.

HUSTRULID, William A.; BULLOCK, Richard L. (Eds.). **Underground mining methods:** engineering fundamentals and international case studies. 3. ed. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME), 2013. 718 p. ISBN 978-0873351935.

SILVEIRA, L. L. L. da. **Beneficiamento de rochas ornamentais**. In: VIDAL, F. W. H. et al. (Eds.). Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. p. 327-398. ISBN 978-85-8261-005-3.

ABNT. NBR 15845: **Rochas para revestimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. NBR 15575: **Edificações habitacionais** – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ABNT. NBR 15012: **Rochas para revestimentos de edificações** – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. ISBN 978-85-07-04457-4.

ABNT. NBR 12042: **Rochas para revestimento** – Determinação da resistência à compressão uniaxial. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ALENCAR, C. R. A. (coord.). **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo**: rochas ornamentais. Cachoeiro de Itapemirim: IEL, 2013.

SÁNCHEZ, L. E.; LOBO, H. A. S. **Guia de boas práticas de recuperação ambiental em pedreiras e minas de calcário**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 176 p. ISBN 978-85-7270-053-5.

Contrate sempre um profissional registrado. confea.org.br
CREA
Folheando o que aí, hein?!
Relaxa, essa fiscalização a gente não faz.
O agente fiscal do Confea/Crea garante que só profissionais registrados atuem onde a segurança não pode falhar.
Sem palpite. Fiscalização é segurança.
CONFEA
Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA
Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia
mútua
Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

CONFEA
Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CREA-ES
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Espírito Santo

mútua
Caixa de Assistência dos Profissionais do Crea

Dr. Tecn. Cássio Santos de Carvalho

A carreira do autor Cassio Santos de Carvalho tem como marca a integração entre teoria e prática.

A formação superior em Tecnologia em Rochas Ornamentais (2005 a 2007 - FACI), o conduziu diretamente ao setor de mármore e granito.

A incursão acadêmica teve sequência com o mestrado em Geociências (2008 a 2010 - Unesp) e o doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais (2011 a 2014 - UENF), ambos com foco em rochas ornamentais e fabricação de ferramentas.

No pós-doutorado (2015 a 2020 - IFES), contribuiu para pesquisas em metalurgia e materiais, orientando mestrados, desenvolvendo patentes e publicando diversos artigos científicos.

Foi docente em instituições como Senai, IFPI, UFES e IFES e compartilhou conhecimento em palestras técnicas e cursos especializados.

Paralelamente, prestou serviços técnicos desde a pesquisa mineral até as vendas e atuou no Crea-ES.