



Coordenação de Apoio Técnico às Micro e Pequenas Empresas - CATE
Centro de Tecnologia Mineral - CETEM
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI

INTRODUÇÃO

Francisco Wilson H. Vidal
Tecnologista Sênior

Núria Fernández Castro
Tecnologista Pleno

Maria Heloísa B. O. Frascá
Geóloga, Dsc. MHB consultoria.

Rio de Janeiro, junho de 2014

**CCL-0001-00-14 CAPÍTULO DO LIVRO TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS:
PESQUISA, LAVRA E BENEFICIAMENTO. Vidal, F.V.; Azevedo, H.C.A.; Castro, N. F. Rio de
Janeiro: CETEM/MCTI. ISBN: 987-85– 8261-005-3. p 15 - 42**

TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Pesquisa, Lavra e Beneficiamento

EDITORES

**Francisco W. H. Vidal,
Hélio C. A. Azevedo e
Nuria F. Castro**

CETEM
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

CETEM/MCTI
Rio de Janeiro/2014

TECNOLOGIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS: PESQUISA, LAVRA E BENEFICIAMENTO

Editores:

Francisco Wilson Hollanda Vidal - CETEM/MCTI
Nuria Fernández Castro - CETEM/MCTI
Helio Carvalho Antunes de Azevedo - CBPM

Autores:

Adriano Caranassios - CETEM/MCTI (*In Memoriam*)
Angêlica Batista Lima - CPRM/MME
Antônio Rodrigues de Campos - CETEM/MCTI
Carlos César Peiter - CETEM/MCTI
Carlos Rubens Araujo de Alencar - HEAD Participações
Cid Chiodi Filho - ABIROCHAS
Denise Kistemann Chiodi - KISTEMAN&CHIODI Assessoria e Projetos
Eunice Freitas Lima - CETEM/MCTI
Francisco Wilson Hollanda Vidal - CETEM/MCTI
Helio Carvalho Antunes de Azevedo - CBPM
Ilson Sandrini - Consultor
José Roberto Pinheiro - ALVORADA Mineração Comércio e Exportação Ltda.
Júlio Cesar Souza - UFPE
Leonardo Cattabriga - CETEM/MCTI
Leonardo Luiz Lyrio da Silveira - CETEM/MCTI
Luciana Marelli Mofati - CETEM/MCTI
Marcos Nunes Marques - UNIMINAS
Maria Heloísa Barros de Oliveira Frascá - MHB Serviços Geológicos Ltda.
Nuria Fernández Castro - CETEM/MCTI
Roberto Carlos da Conceição Ribeiro - CETEM/MCTI
Roberto Cerrini Villas-Bôas - CETEM/MCTI
Ronaldo Simões Lopes de Azambuja - CETEM/MCTI (*In Memoriam*)
Rosana Elisa Coppedê da Silva - CETEM/MCTI
Vanildo Almeida Mendes - CPRM/MME

Colaboradores:

Abiliane de Andrade Pazeto, Ana Cristina Franco Magalhães, Arquiteto Paulo Barral, Arquiteto Renato Paldés, Carolina Nascimento Oliveira, Davi Souza Vargas, Diego Amador Rodrigues, Douglas Bortolote Marcon, Eder Ferreira Framil, Eduardo Coelho, Eduardo Pagani, Gilson Ezequiel Ferreira, Hieres Vetorazzi, Hudson Duarte, Isabela Rigão, Jefferson Camargo, Julio César Guedes Correia, Marcelo Taylor de Lima, Marcione Ribeiro, Michelle Pereira Babisk, Ronaldo Frizzera Matos, Thiago Bolonini, Victor Ponciano.

Capa: Bruno Dias Ferreira, Roger Ferreira de Lima, Ananda Menali Menezes Rodrigues

Desenhos: Cassiane Santos Tofano, Nuria Castro

Revisão Português: Danielle da Conceição Ribeiro, Verônica Bareicha

Projeto gráfico/Editoração eletrônica: Vera Lúcia do Espírito Santo, Thiene Pereira Alves

Revisão: Carlos Rubens de Alencar

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es)

Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento/Eds. Francisco W. H.

Vidal, Hélio C. A. Azevedo, Nuria F. Castro - Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013.

700p.: il.

1. Rochas ornamentais. II. Beneficiamento de minério. I. Centro de tecnologia Mineral.
II. Vidal, Francisco W. H. (Ed.). III. Azevedo, Hélio C. A. (Ed.). IV. Castro, Nuria F. (Ed.)

ISBN 987-85-8261-005-3

CDD 553

ESTE LIVRO FOI FINANCIADO POR

Secretaria de
Geologia, Mineração e
Transformação Mineral

Ministério de
Minas e Energia

Agradecimentos

ANPO, Andreia Batista Teixeira, Antonio Augusto Pereira Souza (Fuji Granitos), Associação Ambiental Monte Líbano, Alvorada Mineração, Bruno Zanet, Cetemag, Comil Cotaxé Mineração, Decolores Mármore e Granitos, Emanuel Castro (Revista Rochas), Elzivir Guerra (SGM/MME), Enir Sebastião Mendes (SGM/MME), Fernando Vidal, Flamart Acabamentos do Brasil Ltda., Flávia Karina Rangel de Godoi, Flávio José Silva, Fundisa, IEMA, Granfaccin Granitos, Granitos Collodetti, Granitos Zucchi, Ivar Costa, Luiz Zampirolli, Marbrasa Mármore e Granitos, Mauro Varejão, Mineração Corcovado, Mineração Guidoni, Mineração Pagani, Mineração Santa Clara, Mineração Vale das Rochas, Nilza Hagai, Olívia Tirello (Centrorochas), Pedra Mosaico Português Cesar, Pedra Rio, Pemagran, Phillippe Fernandes de Almeida, Prefeitura Municipal de Cachoeiro de Itapemirim, Regina Martins, Rossittis Brasil S.A., Sindirochas, Tracomal Mineração, Volpi equipamentos.

Dedicatória “*in memoriam*”

Nossa eterna gratidão e reconhecimento aos colegas que não chegaram a ver esta obra concluída, mas que em muito contribuíram com a sua elaboração e com o legado nela impresso:

Gildo Sá Cavalcanti de Albuquerque

Adriano Caranassios

Ronaldo Simões Lopes de Azambuja

Sumário

Agradecimentos	
Dedicatória	
Apresentação	
Prefácio	
Prólogo	
Sumário	
Capítulo 1: Introdução	15
Capítulo 2: Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas	43
Capítulo 3: Pesquisa de rochas ornamentais	99
Capítulo 4: Lavra de rochas ornamentais	153
Capítulo 5: Aspectos legais das rochas ornamentais	259
Capítulo 6: Plano de aproveitamento econômico de rochas ornamentais	285
Capítulo 7: Beneficiamento de rochas ornamentais	327
Capítulo 8: Saúde e segurança no trabalho	399
Capítulo 9: Resíduos - tratamento e aplicações industriais	433
Capítulo 10: O setor de rochas ornamentais no Brasil	493
Capítulo 11: A busca da sustentabilidade na produção e uso das rochas ornamentais	529
Anexo	567
Glossário e dicionário	587

Capítulo 1

Introdução

*Francisco Wilson Hollanda Vidal, Eng. de Minas, DSc., CETEM/MCTI
Nuria Fernández Castro, Enga. de Minas, MSc., CETEM/MCTI
Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá, Geóloga, DSc., MHB Serviços Geológicos Ltda.*

1. As rochas ornamentais na história

As rochas ornamentais são materiais rochosos extraídos e beneficiados, em maior ou menor grau, para serem utilizados com funções de revestimento, decorativas ou estruturais. O termo abrange outros como pedras naturais, materiais lapídeos, rochas dimensionadas e rochas de cantaria. Sua utilização tem acompanhado a evolução da humanidade e, graças a sua durabilidade, serve de registro dessa evolução, da cultura e dos costumes ao longo da história. Para a escala de tempo humana, as rochas são eternas, pois começaram a se formar há 4,5 bilhões de anos enquanto que nosso primeiro ancestral bípede apareceu 3 milhões de anos atrás e o homem moderno há, apenas, 100.000 anos. Não é sem motivo que o homem escolheu esse material para construir estruturas e templos com objetivos religiosos ou funerários, de forma a perdurarem muito além da própria vida e até da civilização.

Sob o aspecto de material estético ou estrutural, sua utilização ao longo da história remonta-se aos hominídeos do Paleolítico, quando, pelo menos uns 300.000 anos atrás, nosso antecessor o Homem de Atapuerca (*Homo Heidelbergensis*) cobria seus mortos com pedras ou uns 40.000 anos atrás, nosso primo do Neanderthal (*Homo Neanderthalis*) construía cúpulas funerárias e as cobria com uma lápide de calcário (caverna de La Ferrassie, França). Muito antes, uns 2,5 milhões de anos atrás, nossos antepassados fabricaram os primeiros utensílios conhecidos, em sílex e quartzito.



Figura 1 - Pilar esculpido em Gobekli Tepe.
Foto: Erkcan, 2008.

De fato, a pré-história é dividida em idades, de acordo aos principais materiais utilizados e o mais antigo deles é a pedra, assim, o Paleolítico (do grego, de pedra antiga), período estimado entre 2,5 Ma e 10.000 anos a.C., denomina-se Idade da Pedra Lascada e, o Neolítico (do grego, de pedra nova), estimado entre 10.000 a.C e 4.500 a.C, é conhecido como a Idade da Pedra Polida. Do Paleolítico Superior há registros de pedreiras em diversos lugares do mundo, como é o caso das pedreiras de chert de Nazlet Safaha, no Egito, de 50.000 anos, e da Austrália, onde foram identificadas 144 pedreiras na região oriental, sendo as mais antigas datadas de 40.000 anos atrás (NSW DPI, 2007). Embora novas descobertas surjam a cada dia, a primeira construção em rocha encontrada até hoje é o Templo de Gobekli Tepe, a 15 km da cidade de Sanliurfa, no sudoeste da Turquia. A construção, de aproximadamente 12.000 anos de antiguidade, consiste em uma série de edificações circulares ou ovais, com grandes pilares de calcário (de 3 a 6 metros de altura) terminados em T, talhados e ornamentados com diversos símbolos, cenas e figuras de animais tridimensionais (Figs. 1 e 2).



Figura 2 - Vista do sítio de Gobekli Tepe. Foto: Rolfcosar, 2010.

Foram escavados cerca de 50 desses pilares e detectados, por meios geofísicos, aproximadamente, 200 deles. A pedreira de onde o material foi extraído estava localizada em uma colina próxima (GOBEKLI TEPE, 2012). Acredita-se que essa construção era de cunho religioso, assim como eram os muitos monumentos megalíticos encontrados na Europa (5.000 - 2.000 a.C.), dedicados principalmente a eventos fúnebres, como os de Stonehenge (Inglaterra). A pedra também foi usada para construir outros assentamentos no Oriente Médio, como a cidade bíblica de Jericó, no vale do Jordão na Palestina, aproximadamente 10.000 anos atrás e quase todas as cidades construídas pelo ser humano desde então. Os egípcios se utilizaram largamente de todos os tipos de rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares), provenientes do Vale do Nilo, do Deserto Oriental (e algumas do ocidental), para suas construções e esculturas, desde o ano 3.000 a.C. até o 640 d.C. De acordo com Harrell e Storemyr (2009) já foram localizadas, aproximadamente, 200 pedreiras antigas e devem existir muitas outras. No antigo Egito, os principais materiais utilizados foram calcários e arenitos, nas pirâmides, em templos, tumbas e santuários (Fig. 3).

Anidrita e gesso foram utilizados nos templos e construções ao longo da costa do Mar Vermelho. Já para os ornamentos, os egípcios usaram uma grande diversidade de rochas, além das citadas, como granitos, granodioritos, basaltos, travertinos, arenitos silificados, metagabros, gnaisses, brechas, serpentinitos, pedra-sabão e mármore, que foram aprendendo a trabalhar nesse longo período de tempo. Seus conhecimentos foram transmitidos para os gregos e os romanos.

Na Grécia, onde se desenvolveram estilos arquitetônicos refinados, a pedra começou a ser usada muito tarde. Até meio século antes do VII a.C. não se conhece lavra de pedra, destinada à construção de templos (LÓPEZ JIMENO, 1996, p. 44) e as principais construções, como o Parthenon, datam do século V a.C. em diante. Para essa obra e muitos outros monumentos, utilizaram o mármore Pentelikon, produzido até hoje. Os gregos também utilizaram outros mármores como os de Tassos e Naxos, assim como arenito em suas edificações. No ano 460 a.C., os gregos perfuraram as profundezas de Nápoles para arrancar sua pedra toda amarela, um tufo vulcânico, especialmente apropriado para a construção. O que se retirava do subsolo, se convertia no exterior em templos, termas e residências. Como era fácil de trabalhar, o material para a construção era retirado diretamente das pedreiras subterrâneas debaixo da obra.



Figura 3 - Templo de Horus, Edfu. Foto: Cameron, 2006.

Os romanos aperfeiçoaram as técnicas construtivas dos egípcios e gregos com o uso de argamassas, cimento e concreto e, pela longa duração e extensão geográfica de seu império, deixaram muitos registros em pedra. Deixaram também registros escritos sobre o uso das rochas, como as descrições de Vitruvius em seu tratado "Os dez livros da Arquitetura", do século primeiro anterior à era moderna. No livro segundo desse tratado, há uma parte dedicada aos materiais pétreos utilizados nas edificações e às pedreiras, na qual explica sobre as pedras talhadas e pedras toscas:

"São pedras que possuem muito diversas e distintas propriedades. Umas, em efeito, são macias, como a "pedra vermelha" das proximidades de Roma, as de Pallenes, as de Fidenes e as de Alba; outras são temperadas, como as de Tivoli, Anrterno, Soracte e outras similares; outras pedras são duras como o pedernal." (VITRUVIO POLIÓ, 2012. p.29)

De acordo com Jackson e Marra (2006), as pedras macias às quais Vitruvius faz referência seriam tufos vulcânicos, rochas piroclásticas (do grego *pyro*=fogo + *clástico*=em pedaços) formadas pela consolidação de detritos vulcânicos, extraídas em Roma e suas proximidades. A “pedra vermelha” seria o imbrignito Tufo Lionato, explorada inicialmente no Rio Tiber e as de Pallenes, Fidenes e Alba, os ignimbritos Tufo Giallo, Tufo Rosso e Tufo del Pallatino, respectivamente. São rochas duráveis, mas leves, muito porosas e fáceis de serem cortadas e trabalhadas, embora com composições e resistências diferentes dependendo do processo eruptivo que as originou. As rochas “temperadas” seriam travertinos de Tívoli e calcários de Amiternum, 140 km ao nordeste de Roma e do Monte Soratte, 40 km ao nordeste de Roma e as “duras” seriam lavas solidificadas.

Vitruvius ainda observa que há rochas que podem ser cortadas como se fossem madeira e aconselha não colocá-las em locais abertos, pois “se desmancham devido às geadas”, nem junto à costa, pois “se dissolvem carcomidas pelo salitre e não resistem nem às ondas nem às marés”.

Muitos são os monumentos e edificações romanas que se conservam até hoje ao longo da região mediterrânea, especialmente na Itália, na Espanha e em Portugal, como a cidade de Emérita Augusta (Mérida, Espanha) onde se conservam pontes, aqueduto, arco de triunfo, anfiteatro, teatro, circo, fórum e muralhas da cidade fundada em 25 a.C. (Fig. 4). Os monumentos foram construídos, nos primeiros séculos de nossa era com concreto, granitos e mármore de Vila Viçosa, na próxima região de Extremoz, em Portugal (JUSTINO;COUTINHO, 1999).



Figura 4 - Teatro Romano de Mérida. Foto: CETEM/MCTI, 2012.

O homem continuou desenvolvendo estilos arquitetônicos durante a Idade Média (ou Antiguidade Tardia) e utilizando as rochas, existindo inúmeros registros de construções monumentais no mundo. Do estilo de arquitetura romana foi se passando à arquitetura bizantina, mais sofisticada tecnicamente e cujas principais obras são religiosas, como a Catedral de Santa Sofia (Istambul), de 360 d.C. A religião também foi a responsável pelas grandes construções da arquitetura Carolíngia,

difundida pelo Imperador Carlos Magno, no século VIII; da Otoniana (Itália-Alemanha), no século X; das sóbrias e fortes construções Românicas, nos séculos de XI a XII; das refinadas e trabalhadas Góticas, nos séculos XIII e XIV, e das Barrocas, entre o XVI e XVII (Fig. 5).



Figura 5 - Detalhe da fachada da Universidade de Salamanca (Espanha) de estilo gótico plateresco. Foto: CETEM/MCTI, 2012.

A partir do Renascimento, começaram a se desenvolver estilos próprios de construção em cada país ou região, ainda tendo a rocha como elemento fundamental, como são o Renascimento Francês ou a Arquitetura Manuelina em Portugal (Fig. 6) e, ainda, como nosso primeiro estilo arquitetônico, o Barroco Mineiro. Porém, a partir do século XIX, com a revolução industrial, a rocha passou a ser menos utilizada, devido à introdução do concreto e o metal nas construções. No século XX, a evolução da tecnologia permitiu a elaboração de chapas de pedra para revestimento, que é até hoje sua principal utilização, concorrendo com outros materiais, como a cerâmica ou o vidro.

Embora o uso da pedra na arquitetura tenha sido mais intensivo na Europa, todos os povos fizeram uso dela ao longo da história, principalmente em edificações de cunho religioso por sua durabilidade e em construções defensivas, pela sua resistência.

No Brasil, como em quase toda a América, o uso da pedra na construção só foi iniciado no período colonial e desenvolvido posteriormente. A exceção ocorre na Mesoamérica e região central dos Andes, onde civilizações pré-colombianas usavam a pedra para construir seus centros monumentais e administrativos. Segundo Cañellas (2004), entre 1.200 e 800 a. C. os Olmecas já construam monumentos em pedra, como as cabeças colossais feitas em basalto, com entre 3,80 m e 6,53 m

de circunferência e entre 1,45 e 3,40 m de altura, pesando entre 6 e 25,3 toneladas. Nessas regiões da América, a partir dos primeiros séculos de nossa era, cidades foram construídas com calcários, basaltos e andesitos, principalmente.



Figura 6 - Torre de Belém, Lisboa, Portugal. Arquitetura Manuelina. Foto: Alvesgaspar, 2009.

No Brasil, as primeiras construções eram simples e realizadas em madeira com cobertura de fibras vegetais. O uso da pedra na construção foi introduzida pelos colonizadores portugueses, inicialmente em fortificações defensivas ao longo da costa e em edificações religiosas. O Forte de São Tiago, em Bertioga, São Paulo, o mais antigo do país, foi inicialmente construído com uma paliçada de madeira, substituída depois por muros e paredes de alvenaria (CUSTÓDIO, 2011).

A significativa riqueza mineral do Brasil, com considerável variedade de rochas distribuídas em toda a extensão territorial, possibilitou a utilização de muitos tipos de rocha pelos colonizadores que edificavam com materiais locais e alguns trazidos de Portugal. De acordo com o Prof.

Antônio Gilberto Costa, em seu livro “Rochas e Histórias do Patrimônio Cultural do Brasil e de Minas” (2009), além dos calcários portugueses (principalmente o Lioz) que vinham como lastro nos navios, no norte (São Luis e Belém) e no nordeste foram muito utilizados os arenitos e calcários. Rochas de origem vulcânica também foram muito utilizadas para ornamentos das igrejas em Pernambuco. Esses materiais foram largamente usados em todas as cidades da costa até o recôncavo baiano. Já no interior de Sergipe, foi utilizado gnaiss para a construção da Igreja de Goiás, pelos padres Jesuítas. No sudeste e no sul, onde materiais mais duros são os aflorantes, foram esses os mais utilizados. No Rio de Janeiro, principalmente gnaisses, dentre eles o gnaiss facoidal muito encontrado em edificações da cidade (Fig. 7).



Figura 7 - Gnaiss facoidal do Rio de Janeiro. Foto: CETEM/MCTI, 2011.

Em Minas Gerais, foram os quartzitos, a pedra-sabão, os xistos e serpentinitos (muitas vezes confundidos com a pedra-sabão pela sua coloração esverdeada) os mais utilizados e, em menor medida, granitos e gnaisses (Fig. 8). No Sul, basaltos e, principalmente, arenitos. Mesmo assim, e ainda segundo o mesmo autor, no período colonial a pedra não foi tão usada no Brasil como em outras colônias da América.

Os edifícios eram menos suntuosos e se utilizavam materiais menos nobres e resistentes, seja por falta de conhecimento ou de materiais apropriados, ou, mais provavelmente, pela falta de recursos.



Figura 8 - Igreja de Nossa Senhora do Rosário em Ouro Preto - MG. Foto: CETEM/MCTI, 2006.

A escolha do tipo de rocha a ser utilizada variava conforme o serviço a ser executado e a região do país. Assim, nas regiões ricas em calcário era esse o tipo presente nas construções dos edifícios, tanto nas alvenarias como nos elementos decorativos. Certamente, a baixa dureza do material permitiu o uso na execução dos elementos decorativos, cujos resultados foram os primorosos trabalhos escultóricos em portadas, lavabos, altares, taças de púlpito e cimalkas, como se pode observar em exemplares da arquitetura colonial, civil e religiosa nos Estados de Sergipe, Paraíba e Pernambuco. Na Paraíba, existem monumentos totalmente construídos em pedra calcária, devido à predominância e à abundância de jazidas dessa rocha. É o caso da Igreja de Nossa Senhora da Guia que, além da fachada principal em cantaria magnificamente esculpida, apresenta em seu interior

elementos arquitetônicos e bens integrados de excepcional valor artístico, com destaque para o retábulo do altar-mor. Pela facilidade do corte e do esquadrejamento, o calcário foi muito utilizado na execução da alvenaria regular de pedra, em blocos de grandes e médias dimensões, como, por exemplo, no Forte Orange, em Itamaracá (PE), e na Fortaleza de Santa Catarina em Cabedelo (PB).

Em áreas ricas em arenito, oriundo de arrecifes marinhos ou de rios, é este o material dos elementos arquitetônicos e decorativos das fachadas das edificações. Especificamente no Nordeste, destacam-se Penedo, às margens do rio São Francisco, e Recife, cidade litorânea com orla protegida por arrecifes. Este arenito, por oferecer maior resistência, foi substituindo o calcário como pedra decorativa das fachadas.

Em seu livro, Costa (2009) nos aponta para a descrição de Soares (1587) sobre os diversos tipos de rocha utilizados na época na Bahia, para construir muros e fortificações. Soares fala sobre diversas rochas utilizadas, provavelmente vários tipos de calcarenitos como a pedra preta encontrada ao longo do mar e pela terra, fácil de extrair, a pedra cinzenta com que foram construídas as colunas originais da Sé e a pedra branca, que “o tempo nunca gasta” extraída dos arrecifes, mais dura e com restos de moluscos e conchas. Ainda diz que na Bahia há muita pedra Lioz vermelha, no rio de Jaguaripe e, em lugares afastados, pedra mole como tufo.

No litoral sul do estado de Pernambuco, região rica em gnaisses, granito e arenito, observa-se em algumas construções o uso simultâneo dessas três pedras, cada uma delas aplicada conforme sua especificidade: o gnaisse e o granito nas alvenarias ordinárias, e o arenito nas ornamentações das fachadas, cunhais, cercaduras e cimalkas, como pode ser observado no Convento de Santo Antônio em Serinhaém, PE (Fig. 9).



Figura 9 - Convento de Santo Antonio Serinhaém. Foto: Almeida, 2013.

Entre XVI e XVIII foi fortalecida a capacitação para edificar e, além de Portugal, no Brasil foram implantadas Aulas de Arquitetura Militar na Bahia e no Rio de Janeiro. De 1730 a 1770, no auge da produção do ouro, as cidades mineiras experimentam uma explosão das construções: pontes, charfarizes e a adoção da pedra como material de construção em substituição do pau a pique. A praça cívica de Vila Rica com o Palácio do Governador e a Casa de Câmara e cadeia fora erguida por volta de 1745, com blocos de quartzito trazidos da serra de Itacolomy.

A partir de 1740, foi implantada a cantaria nas Minas Gerais, com pedreiros e canteiros portugueses, que aqui adquiriu originalidade com o uso de rochas locais, como o quartzito e a pedrasabão. A extração na pedreira, de blocos regulares de pedra, era feita com métodos manuais rudimentares, com perfuração na pedra e instalação de cunhas. O transporte e o manuseio envolviam grande quantidade de mão de obra (COSTA, 2009).

Até o Século XX, as rochas ornamentais continuaram a ser extraídas em pequenas pedreiras, de forma rudimentar, de norte a sul do país. O mármore era importado, embora já fossem conhecidas diversas jazidas na Bahia, em Minas Gerais, no Rio Grande do Sul e outras províncias do país, não havia um aproveitamento industrial delas. Houve tentativas, como a do Sr. Torrel que, em 1851 instalou na Villa Encruzilhada, RS, uma fábrica de mármore, do tipo Paros, que seria abastecida com material da região. No relatório do Presidente da Província de Rio Grande do Sul, Silva Ferraz, datado de cinco de novembro de 1858, descreve a indústria como uma fábrica que contava com uma “machina movida por agoa a qual actualmente faz trabalhar ao mesmo passo 30 serras. Essa machina póde dar impulso à mais de 50 serras quando seja necessário” [sic]. A marmoraria contava ainda com espaço para 30 operários e trabalhava com mármore da região, os quais, de acordo com mesmo relatório, eram: “sete qualidades: branco estatuário, branco rajado de azul, azul rajado de branco, preto tumular, verde com mistura de azul, roxo e pardo, amarelo com mistura de verde, e finalmente granito verde e roxo”. Porém o relatório destacava também a dificuldade de se desenvolver o negócio: “Esta empresa não progride por falta de recursos. Sente este estabelecimento penúria de braços; pois que apenas dispõe de 2 a 4”.

Os primeiros registros de pedreiras de mármore com produção são os de Mar de Espanha, em Minas Gerais, que se remontam a 1915, na fazenda do industrial Carlos da Silva Rocha, onde foi descoberto um “mármore superior ao italiano e ao grego por sua beleza e resistência” com capacidade para abastecer todo o país por cem anos a um ritmo de 1.000 m³ por mês. Além dessa, outras pedreiras entraram em produção na região que foi a principal produtora de mármore do país por várias décadas. Também começou a produção, logo depois de Mar de Espanha, em Cantagalo e Italva, RJ, e nas regiões de Sete Lagoas e Ouro Preto, MG.

Em 1957, de acordo com Abreu (1960), a produção de mármore no Brasil foi de 38.412 toneladas, três quartos das quais nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. A figura 10 mostra a produção de blocos de mármore, pelo método de perfuração e divisão com cunhas.

Ainda não havia produção significativa no Espírito Santo que hoje é o maior produtor, com os mármorees da lente do sul do estado, na região de Cachoeiro de Itapemirim. Foi a partir da exploração dos mármorees do Espírito Santo que se desenvolveu a indústria de rochas ornamentais do país e foi na cidade de Cachoeiro de Itapemirim que começou se desenvolver a indústria para o beneficiamento, primeiro para mármore e depois para granito. De acordo com Castro *et al.* (2011), a extração de blocos de mármore foi realizada pela primeira vez há pouco mais de 50 anos, em Prosperidade, distrito de Vargem Alta, por Horácio Scaramussa, com métodos rústicos e transporte dos blocos para serem serrados no Rio de Janeiro e São Paulo. Em 1967, teve início a consolidação da

indústria de rochas no Espírito Santo, quando se instalou, em Cachoeiro de Itapemirim, a primeira unidade de beneficiamento, com dois teares fabricados em São Paulo (COSTA, 1991 *apud* QUALHANO, 2005). A partir daí, surgiram na região diversas indústrias de rochas que, segundo Qualhano (*op. cit.*), atuavam tanto na exploração de blocos nas minas como no desdobramento dos blocos em chapas brutas nas indústrias. As chapas eram vendidas principalmente para os mercados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo ali beneficiadas, polidas e revendidas ao consumidor final.



Figura 10 - Pedreira de Mármore em Mar de Espanha. Foto: Guerra e Jablonsky, 1958.

Na década de 1970, começou a produção também de blocos de granito na região sul, em Cachoeiro de Itapemirim e outros municípios do entorno, e na região norte, em Nova Venécia e Colatina; nestes últimos com muito pouca produção. A partir dos anos de 1980, a demanda mundial pelo granito - material com grande diversidade cromática e maior resistência que os mármorees - se intensificou, e a região sul do Espírito Santo não possuía jazidas de destaque deste material. Iniciou-se assim a expansão das atividades de produção no norte do estado que é caracterizado por contar com imensas reservas de granito.

A produção experimentou um grande crescimento nos anos 1990, seguindo a tendência mundial, o que foi facilitado pela introdução do corte com fio diamantado nas pedreiras. O final do último século e início deste também representou para o Brasil a mudança de exportador de blocos (material bruto) a exportador de chapas polidas (material beneficiado de maior valor agregado). O beneficiamento de quase toda a produção do Espírito Santo ocorre em Cachoeiro de Itapemirim, com o qual o aumento da demanda internacional pelos granitos brasileiros acarretou também a consolidação e expansão da indústria de beneficiamento no aglomerado sul e a consequente necessidade de empresas fornecedoras de equipamentos e insumos e prestadoras de serviços para seu parque industrial.

2. As rochas ornamentais hoje

No Brasil, embora já existisse essa atividade de forma pontual, desde o século XVI em várias regiões, seu desenvolvimento tecnológico ocorreu a partir dos anos 60 do século passado e, somente a partir do final da década de 1980 começou se destacar como atividade de mineração. Hoje, esse setor é considerado um dos mais importantes na pauta de exportação; foi responsável por 4% do saldo positivo da Balança Comercial Brasileira em 2012, contando com umas 400 empresas exportadoras. Estima-se que aproximadamente umas 10.000 empresas da cadeia produtiva do setor movimentem mais de quatro bilhões e meio de reais por ano e empreguem 120.000 pessoas. Estas e outras informações do mercado brasileiro e mundial são tratadas no Capítulo 10.

As rochas ornamentais e de revestimento, como se verá no Capítulo 2, abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados e beneficiados em formas variadas. Seus principais campos de aplicação são os revestimentos internos e externos em forma de chapas ou ladrilhos, ou ainda em lajes de pedra natural, para a construção civil, mas incluem também a confecção de peças isoladas para decoração como esculturas, tampos, balcões e pés de mesa, e lápides e esculturas para a arte funerária.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define, na norma NBR 15012:2013, rocha ornamental como "material pétreo natural utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas, elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária".

O termo rocha para revestimento é definido pela ABNT como "rocha ornamental submetida a diferentes graus ou tipos de beneficiamento e utilizada no revestimento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas".

As rochas ornamentais, aquelas comercializadas na forma de chapas ou ladrilhos polidos, de espessura regular, são subdivididas comercialmente em dois tipos principais: "mármore" e "granito". Tal terminologia não é geologicamente correta, pois para o comércio "mármore" é toda rocha carbonatada, de origem sedimentar (calcário ou dolomito) ou metamórfica (mármore stricto sensu); e o "granito" é considerado como qualquer rocha não-calcária, capaz de receber corte e polimento e passível de ser usado como material de revestimento (incluindo grande variedade de rochas ígneas e metamórficas, a saber: basalto, gabro, granito, gnaiss, migmatito, granulito, alguns quartzitos e outros). Outros tipos comerciais são as ardósias e as chamadas "pedras naturais", rochas de tipo quartzito, arenito, calcário e até gnaiss, comercializadas em placas rústicas, de espessura irregular e sem polimento.

Por ser utilizado como ornamento ou revestimento, este tipo de material é escolhido em função, principalmente, de suas características estéticas, seguido das características técnicas e da disponibilidade comercial. À diferença de outros bens minerais, *commodities*, com valor definido pelo mercado, o valor comercial das rochas ornamentais será determinado em função dessas características e, por isso, diferente para cada tipo de material e, ainda, variável para um mesmo tipo de rocha quando sua anisotropia proporcione aspecto visual variado à sua superfície.

O fato de ser a estética o fator mais determinante para escolher uma rocha ornamental ou outra, pode criar problemas a *posteriori* pela especificação ou aplicação inadequadas, já que os profissionais que especificam, normalmente arquitetos, desconhecem o material construtivo "rocha ornamental". Há, no país, escassez de recursos e materiais didáticos para orientar esses profissionais, como mostra o estudo da Dra. Risale Neves de Almeida (2012), professora de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. O trabalho que investigou conteúdos de ensino no país todo para saber "em quê", "o quê" e "como" arquitetos brasileiros dedicados à prática de projetos do edifício usam as rochas, destaca a "falta de conhecimento dos arquitetos sobre as rochas e a tendência desses profissionais considerarem uma miscelânea de atributos subjetivos na hora de especificar e aplicar tais materiais".

Um resultado positivo do trabalho foi o início, na UFPE, em 2013, da disciplina de rochas ornamentais para arquitetos, a primeira do tipo a constar da grade curricular de Arquitetura no Brasil.

2.1. Características estéticas

O aspecto estético é o primeiro fator que chama a atenção para a possibilidade comercial de um material. De fato, o mercado de rochas prioriza a estética, colocando outras características (frequentemente de forma incorreta) em segundo plano. Por outro lado, a estética constitui em geral, o elemento de caracterização de uma determinada variedade de material, usado a princípio com uma função ornamental e em alguns poucos casos como um elemento estrutural legítimo.

O aspecto estético de uma rocha ornamental é resultado da interação de três componentes fundamentais e inerentes a suas características petrográficas: cor, textura e granulometria.

Cor

A cor, que depende da composição química dos minerais constituintes e de seu estado de alteração, é, em geral, o mais importante aspecto estético, a ponto de decidir a possibilidade comercial de uma rocha em detrimento de outros parâmetros. O resultado é que, em muitos casos, a característica de mercado das rochas difere principalmente devido à cor.

Textura

Textura refere-se aqui ao termo estético e não ao termo petrográfico, embora seja dependente deste último. É caracterizada pela distribuição espacial dos minerais que constituem a rocha. A textura é homogênea quando, na escala de chapa ou ladrilho, a distribuição dos minerais não possui direção preferencial e a rocha é visualmente isotrópica. O desenho homogêneo não muda com a direção de corte.

A textura vejada indica como sugere o nome, a presença de veios que cortam a massa rochosa, conferindo ao material uma orientação bem definida. A textura orientada aparece quando os componentes da rocha têm uma direção preferencial definida na escala de chapa ou ladrilho. A textura

orientada difere da vejada porque todos os componentes da rocha visíveis a olho nu “correm” na mesma direção sobre uma superfície definida e não são limitados a elementos isolados, mas a todos os que formam a massa rochosa.

Há outras texturas que ocorrem principalmente nos mármore, tais como: brechado, arabescado, nebuloso e outros.

Granulação

A granulação (ou granulometria) refere-se aos tamanhos dos grãos minerais e, em alguns casos, à forma dos cristais ou outros elementos pétreos que constituem uma rocha. Em função disso, classificam-se normalmente como de granulometria fina, média ou grossa.

2.2. Características técnicas

As rochas ornamentais, quando em uso, serão submetidas a uma série de solicitações físicas, químicas e mecânicas, que deverão suportar para não comprometer a estrutura da construção, a segurança das pessoas ou a durabilidade da obra. Para se garantir isso, existem análises e ensaios de laboratório normatizados, que simulam as condições de trabalho desses materiais de forma a medir sua resistência. No Brasil, isto é normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, mas existem diversas outras como as normas ASTM (EUA) ou as EN (Comunidade Europeia). Embora importante e, em alguns casos, fundamental, a caracterização tecnológica das rochas não costuma ser considerada pelo mercado, o qual leva a muitos conflitos entre produtores e consumidores quando o material escolhido para um determinado local não é apropriado ou é inadequadamente colocado, apresentando manchas, quebras e até comprometendo a obra. Este assunto é tratado com detalhe no Capítulo 2.

2.3. Características comerciais

Como materiais dimensionais, aproveitados em volume, as rochas ornamentais e de revestimento têm valor comercial muito significativo diante de outras matérias-primas minerais. Seu valor varia muito entre materiais e, para os mesmos materiais, dependendo da estética. Por exemplo, um bloco de granito pode variar de US\$100 a US\$1500, sendo os mais baratos os blocos de cores ou aspecto menos valorizados, como os de cor cinza e os mais caros aqueles considerados exóticos principalmente quartzitos e granitos movimentados. Esses valores não dependem só da oferta que pode se considerar sempre baixa por se tratar de materiais naturais e, portanto, únicos, mesmo que tenham assemelhados; dependem mais da moda e a estética, embora, algumas vezes, os empresários diminuam a produção como forma de aumentar o preço.

Conforme levantamentos realizados, ilustra-se o quadro setorial brasileiro pela produção de cerca de 1.200 tipos comerciais de rochas, entre granitos, mármore, ardósias, quartzitos, conglomerados, serpentinitos e pedra-sabão, entre outras, e em torno de 1.000 jazidas em atividade. Como se verá no Capítulo 10, o país tem uma capacidade de produção estimada de 78 milhões de metros quadrados de chapas polidas e conta com umas 6.000 marmorarias para trabalhos de acabamento final.

Atualmente o setor exporta mais de um bilhão de dólares e, desde 2010, vem apresentado crescimento de 20-25%, apesar da crise do mercado imobiliário americano entre os anos 2008 e 2009, que afetou muito o setor, e a recessão da economia mundial agravada recentemente. O consumo

interno per capita, nos últimos anos, cresceu de 14 kg/hab para 22 kg/hab, em parte pelo crescimento econômico do país e a redução da pobreza e, em parte, porque os empresários, durante a crise, se voltaram para o mercado interno como saída para sua produção.

3. Condicionamento geológico

A geologia do território brasileiro apresenta condições bastante propícias à existência de jazimentos de rochas ornamentais e de revestimento, o que evidencia uma ampla vantagem competitiva para o país, no mercado internacional, devido não só à excepcional diversidade dos tipos litológicos encontrados, como também pela grande variedade cromática e ocorrência de tipos de materiais raros e de alta cotação comercial. A crescente participação das rochas ornamentais e de revestimento na economia brasileira e na sua pauta de exportações, ocorrida a partir de 1990, pode ser considerada como um dos acontecimentos mais marcantes da produção mineral do país.

Este extraordinário crescimento, além dos investimentos privados na exploração de novos depósitos transformados em jazidas, teve por base os acontecimentos advindos dos trabalhos de pesquisa geológica iniciados na década de 1980 pelas empresas estaduais de mineração, com destaque para a CBPM – Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, a Minérios de Pernambuco, a Ceminas – Companhia Cearense de Mineração, dentre outras, e, na área federal, aos trabalhos de geologia básica, desenvolvidos pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil e de fomento pelo DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral.

Embora o país não disponha de conhecimento geológico detalhado de todo o seu território, em escala adequada, permitindo indicar sua real potencialidade mineral, a recente disponibilização à sociedade, pela CPRM, do Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente, escala 1:2.500.000, digital e estruturado em Sistemas de Informação Geográfica – SIG - a partir de bases escalares 1:1.000.000, representa uma contribuição efetiva para o reconhecimento das áreas de maior potencial em rochas ornamentais. Além disto, a nação dispõe de sínteses geológicas atualizadas e estruturadas em SIG em diferentes escalas (1:1.000.000, 1:750.000, 1:500.000, 1:250.000 e 1:100.000) das diferentes províncias geológicas e regiões do país.

A integração geológico-metalogenética desses estudos revela uma ampla diversidade geotectônica, cuja história evolutiva estende-se do Arqueano (mais de 2,5 bilhões de anos) ao Recente (menos de 10.000 anos). Sua evolução é marcada por uma grande mobilidade tectônica com alternância de regimes compressivos e distensivos. A consolidação de seu embasamento e a consequente geração de jazimentos de rochas com fins ornamentais ocorreram de maneira progressiva e cíclica, em pelo menos quatro eventos tectonomagmáticos, relacionados ao Arqueano (4,5 – 2,5 Ga), Paleoproterozoico (2,5 – 1,8 Ga), Mesoproterozoico (1,8 – 1,0 Ga) e Neoproterozoico (1 Ga – 570 Ma). Esses eventos favoreceram a consolidação dos núcleos de grande extensão de idade arqueana com fragmentos menores, envolvidos por faixas dobradas proterozoicas.

Do ponto de vista litoestrutural, o território brasileiro acha-se dividido em oito Províncias Geológicas, todas passíveis de conter jazimentos de rochas ornamentais. A Província Mantiqueira, contendo os estados do Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, possui jazimentos significativos em exploração, sendo responsável por mais de 60% da produção nacional. A segunda em importância, com 30% da produção, a Província São Francisco é composta pelos estados da Bahia e Minas Gerais. Todas as outras províncias: Borborema (Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e pequena porção norte da Bahia), Tocan-

tins (Goiás e Mato Grosso do Sul), Amazonas Norte e Amazonas Sul, Paraná e Parnaíba, respondem por 10% da produção do país.

O Brasil está totalmente contido na Plataforma Sul-Americana, embasamento cristalino, e sua evolução geológica foi muito complexa, remontando ao Arqueano. Teve a sua consolidação completada entre o período Proterozoico Superior e o início do período Paleozoico, com o encerramento no ciclo Brasileiro (570 Ma).

Esse embasamento acha-se extensamente exposto em grandes escudos, separados entre si por coberturas fanerozoicas (< 570 Ma), cujos limites se estendem aos países vizinhos. Destacam-se os escudos das Guianas, Brasil Central e Atlântico. O escudo das Guianas compreende o norte da bacia do Amazonas. O escudo do Brasil-Central, ou Guaporé, estende-se pelo interior do Brasil e sul dessa bacia, enquanto o escudo Atlântico expõe-se na porção oriental atingindo a borda atlântica. Esses escudos estão expostos em mais de 50% da área do Brasil.

Sobre essa plataforma desenvolveram-se, no Brasil, em condições estáveis de ortoplateforma, a partir do Ordoviciano-Siluriano (450 Ma), as coberturas sedimentares e vulcânicas que preencheram espacialmente três extensas bacias com caráter de sinéclise: Amazonas, Paraíba e Paraná. Além dessas bacias, diversas outras bacias menores, inclusive bacias costeiras e outras áreas de sedimentação ocorrem expostas sobre a plataforma. Muitos eventos tectnomagmáticos afetaram, principalmente, as bordas do cráton, que ficaram registrados na forma de metamorfismo, intrusões ígneas e erupções vulcânicas. Por isso, a maior parte dos materiais (com qualidades ornamentais) extraídos no território brasileiro são originados de rochas ígneas e metamórficas (granitos, gnaisse quartzitos, ardósias e mármore), e apenas uma pequena parcela de rochas sedimentares (arenitos e calcários). Destacam-se as bacias sedimentares do Apodi, Araripe e, no Cráton São Francisco, a Formação Caatinga do Grupo Uma e Supergrupo São Francisco, caracterizada pelo calcário secundário do tipo "calcrete" ou "caliche". As reservas são muitas, como mostra a tabela 1 que apresenta as reservas de rochas ornamentais do Anuário Mineral Brasileiro 2010, ano Base 2009.

Tabela 1 - Reservas de rochas ornamentais e de revestimento aprovadas pelo DNPM.

Substância	Reserva (m ³)			
	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
Granitos e afins	22.378.347.693	12.751.080.722	7.271.081.285	4.154.545.544
Mármore e afins	1.714.408.736	1.069.057.753	1.451.222.615	986.608.808
Quartzito ornamental	1.697.021.327	2.470.260.862	4.770.595.244	1.434.164.715
Arenito ornamental	3.751.627	542.464	967.728	3.605.772
Ardósia	1.398.749.409	2.291.906.704	2.620.396.268	761.271.771
Total	27.192.278.792	18.582.848.505	16.114.263.140	7.340.196.610

Fonte: DNPM - Dados atualizados até 31/03/2009.

Como será detalhado nos Capítulos 3 e 6, para aproveitar todo este potencial é necessário realizar estudos de pesquisa geológica regional e local, estudos de mercado e testes tecnológicos, de forma que possa se comprovar a viabilidade econômica de transformar uma ocorrência em pedra em produção.

4. Produção de rochas ornamentais

As rochas ornamentais são submetidas às mais variadas solicitações físicas, mecânicas e químicas, desde o momento em que são extraídas dos maciços rochosos. Estas surgem a partir da etapa de lavra (extração), no decorrer do beneficiamento primário (serragem) e final (resinagem, polimento e corte) até a aplicação final nas obras e, posteriormente, ao longo do uso. Por isso haverá necessidade de aplicar testes tecnológicos que avaliem sua resistência.

As solicitações são causadas pelo impacto com outros corpos, pelo desgaste e atrito provocados pelo uso, pelas ações intempéricas (ventos, chuvas e sol), pelo ataque químico gerado por produtos de limpeza e outros líquidos corrosivos e, até mesmo, pela poluição ambiental. As aplicações das rochas ornamentais podem ser consideradas abrangentes pela infinidade de usos e utilizações, principalmente pela combinação de suas qualidades estruturais e estéticas, mas podem ser reunidas em quatro grupos: arquitetura e construção, construção e revestimento de elementos urbanos, arte funerária e arte e decoração. O ciclo produtivo desses produtos finais tem quatro etapas bem definidas: pesquisa mineral, extração, beneficiamento e acabamento, conforme esboçado na figura 11. Estes itens estão detalhados nos capítulos de 4 a 9.

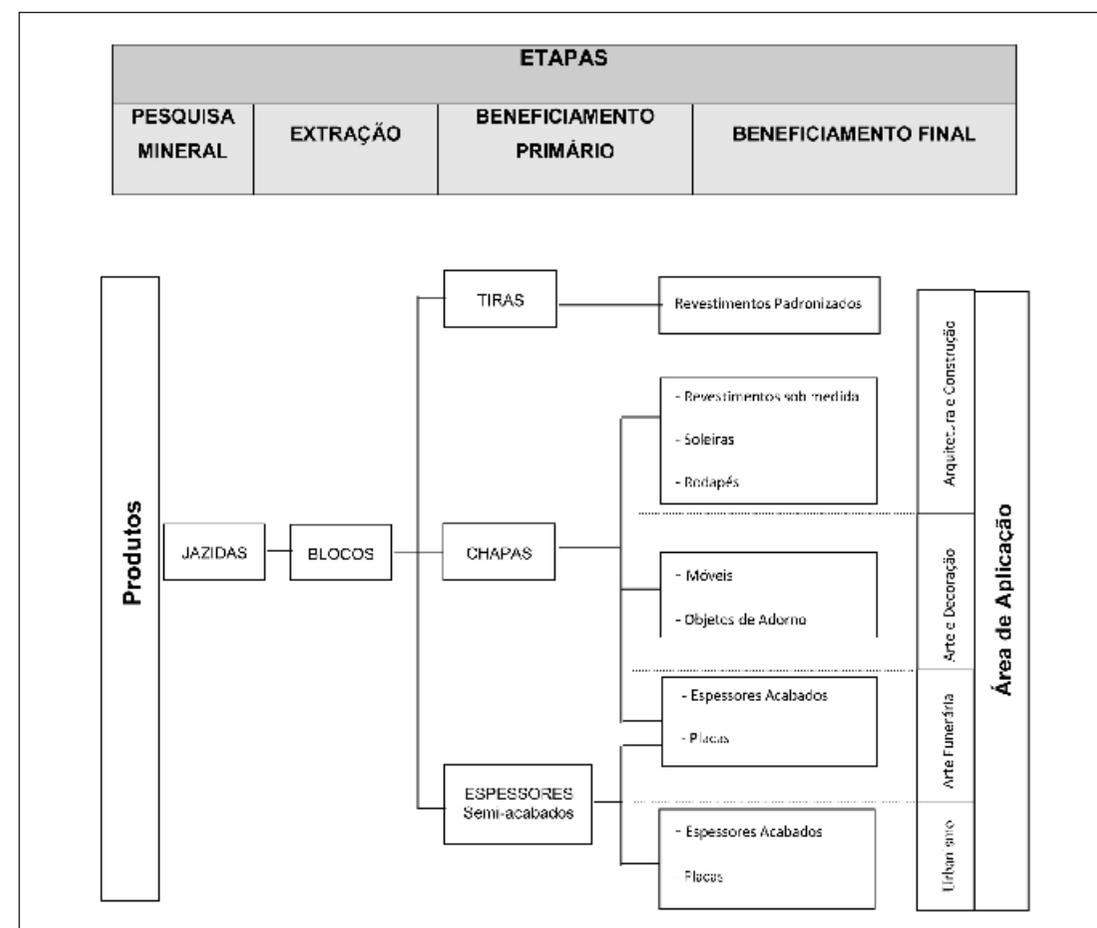


Figura 11 - Fluxograma esquemático do setor, com os principais produtos dos segmentos do ciclo de produção de rochas ornamentais e de revestimentos. Extraído de Peiter et al, 2001.

4.1. Lavra

Existem vários métodos de lavra das rochas, com rendimentos e eficiência variáveis, em virtude de aplicação das tecnologias mais adequadas, dentre as existentes, de acordo com as condições geológicas e estruturais, acarretando, com isso, variações acentuadas nos custos operacionais da extração. A figura 12 apresenta os diferentes métodos de lavra para desmonte de blocos de rochas ornamentais.

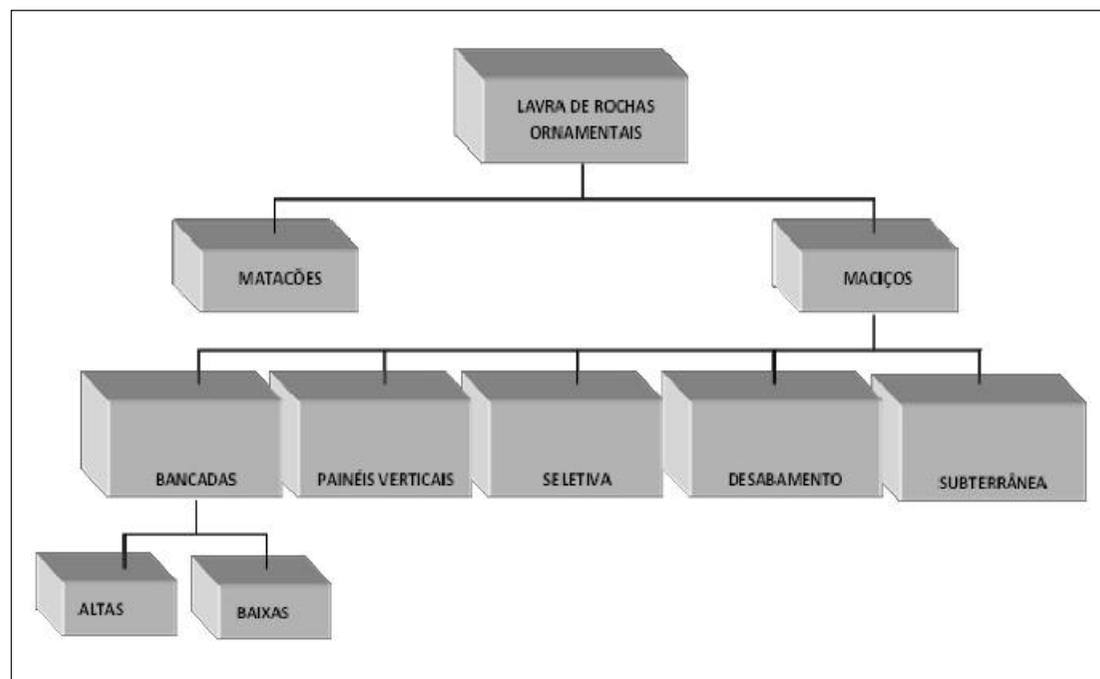


Figura 12 - Métodos de lavra de blocos de rochas ornamentais. Extraído de Roberto, 1998 em Vidal *et. al.*, 2005.

O método mais utilizado no Brasil é o de lavra de maciço em bancadas altas, e esse combinado com o de painéis verticais, embora existam exemplos de todos os outros. A principal tecnologia de extração é o corte com fio diamantado, tanto para cortes primários, o isolamento de grandes volumes de rocha do maciço, quanto para secundários, a subdivisão desses volumes em pranchas e muitas vezes para o esquadrejamento de blocos, que é o corte das pranchas em blocos de rocha de volumes de 9 a 12 m³, tamanho necessário para poder produzir chapas polidas no beneficiamento.

Além do fio diamantado, utilizam-se para o granito: explosivos, para alguns cortes de desmonte de estéril do maciço e para o esquadrejamento de blocos; perfuração e inserção de cunhas para cortes secundários e esquadrejamento; e argamassa expansiva, para cortes de desmonte e alguns primários. O fio diamantado ocupou o espaço de tecnologias antes usadas como o maçarico, *Jet-flame*, o fio helicoidal e não permitiu a entrada de outras como o corte com água a pressão, *Water-jet*, no Brasil.

No caso do mármore também está se utilizando preferencialmente o fio diamantado, mas há ainda fio helicoidal em alguns lugares e também cortadora de corrente, que é uma serra com discos diamantados em sua periferia e com formato alongado de grandes dimensões (mais de dois metros

de comprimento). A escolha da tecnologia dependerá de custos, disponibilidade de mão de obra e fornecedores de peças, insumos ou serviço de manutenção na região. Na pedreira, em cada local, dependerá do espaço disponível para aplicar uma ou outra tecnologia, se bem que o fio diamantado com sistemas de polias adequadamente colocadas é o equipamento mais versátil e rápido.

4.2. Beneficiamento

A preparação do bloco para a etapa de serragem, normalmente, é um simples aparelhamento, ou seja eliminar bordas deixando superfícies laterais lisas, e, às vezes, é feito o envelopamento do mesmo com resinas especiais, quando se trata de materiais com trincas acentuadas, muito alterados ou frágeis por natureza, geralmente, tipos considerados exóticos no mercado das rochas ornamentais. Esses e os processos mais usuais de beneficiamento (serragem, polimento, acabamento superficial) são detalhados no Capítulo 7.

Existem, basicamente, três tecnologias de beneficiamento primário para a serragem ou desdobramento de blocos em peças de dimensões mais aproximadas daquelas que terão os produtos finais: serragem ou desdobramento com tear de lâminas de aço para granitos (tear multilâmina ou convencional) e diamantadas para mármore (tear diamantado), talha-blocos de discos diamantados e tear de fios diamantados (multifio). Novamente, a tecnologia de corte com fio diamantado está substituindo às outras paulatinamente, sendo estimado que em 2020 um terço dos teares convencionais do parque industrial brasileiro terão sido substituídos por teares multifio. O tear multifio, mesmo com custo de aquisição do dobro daquele de lâminas (aproximadamente dois milhões de reais para o primeiro e um milhão para o segundo), tem uma produtividade seis vezes maior; os únicos insumos que requer são os fios diamantados, que duram várias serradas e água enquanto o outro precisa de lâminas, que também duram várias serradas, granalha de aço, cal ou bentonita e água. O tear multifio, além de processar o corte muito mais rápido que o convencional, gera um resíduo constituído de pó de rocha e água, motivo pelo qual pode ser instalado na pedreira, reduzindo os custos de transporte.

As chapas, após serem serradas, seguem para a etapa de acabamento superficial para eliminar a rugosidade na superfície proveniente do processo de desdobramento. Os principais tipos de acabamento superficial estão relacionados a seguir, com suas finalidades.

Levigamento

Parte do processo destinada a eliminar irregularidades e rugosidades da superfície das chapas geradas ao longo do processo de serragem. Nesta etapa são utilizados elementos abrasivos de grãos grossos com dureza maior que a rocha e de grande poder de desbaste, resultando assim, em superfície plana e de espessura regular. O processo é a úmido e a água tem a função de refrigerar os equipamentos e remover os resíduos gerados no levigamento.

Polimento

O processo de polimento confere brilho à superfície da rocha e consiste na abrasão dessa, por meio do atrito de constituintes abrasivos de dureza superior aos minerais presentes na rocha. Dessa forma, o polimento é obtido pelo fechamento da rugosidade deixada durante o levigamento, produzindo uma superfície espelhada que irá exibir, de forma mais intensa, o brilho desejado da rocha. O abrasivo, mais utilizado no polimento, é o carbetto de silício, usado em diferentes

granulometrias (fina a extrafina) e formas cristalográficas, aglomerados de tipos e geometrias distintas. No processo de polimento também é utilizada bastante água para auxiliar no brilho e refrigerar os equipamentos.

Flamejamento

O flamejamento é resultado do processo de acabamento da superfície da chapa bruta, utilizando água e maçarico de chama com alta pressão e temperatura da ordem de 1.500°C sobre a superfície, obtida com a mistura de oxigênio e acetileno. O choque térmico dos grãos minerais provoca uma descamação da superfície que confere bons resultados quando o material contém sílica (quartzo), a exemplo de granitos em geral.

Apicoamento

Esse processo consiste em criar uma superfície com aparência encrespada, por meio da operação básica de “martelamento” regular e repetido sobre a superfície da chapa com a ferramenta especial, fazendo com que o impacto da ferramenta sobre a chapa retire pequenos fragmentos, obtendo-se assim, uma superfície áspera.

Corte Longitudinal/Transversal

O processo de corte é constituído basicamente de máquinas que cortam as chapas polidas, primeiro em tiras longitudinais e, em seguida, transversalmente, dando origem assim, ao produto acabado, o ladrilho. As grandes empresas possuem ainda unidades automáticas que calibram os ladrilhos, deixando-os com espessuras uniformes e bem-acabados.

Após a etapa de acabamento superficial, as chapas são transportadas de duas maneiras: em posição vertical, com auxílio de cavaletes, ou horizontalmente, intercaladas com massa de gesso. Em ambos os casos, as chapas são devidamente presas ao veículo transportador.

Os ladrilhos são acondicionados em caixas de madeira ou papelão, com proteção às suas extremidades. Caminhões comuns transportam o produto final até o mercado consumidor.

Marmoraria

Este segmento do setor, apesar de apresentar um relativo grau de diversificação em sua linha produtiva, tende a se especializar no atendimento a demanda por rocha ornamental em produtos específicos, para unidades residenciais individuais ou trabalhos que requeiram acabamentos mais elaborados. No Brasil existem cerca de 6 mil marmorarias, cuja produção é, majoritariamente, voltada para o mercado interno, produzindo, em geral, peças sob medida, como:

- Ladrilhos para revestimento, pavimentação e escadas;
- Tiras (peitoril, soleira, rodapé, rodameio, filetes, contramarco etc.);
- Bancadas (tampos de pia e mesa, balcões); e
- Outros: lápides, divisórias, móveis etc.

Atualmente, a realidade do setor de marmoraria é bastante distinta, já que o processo produtivo (beneficiamento final) está restrito a serviços de pequena monta, normalmente para obras de pequeno e médio porte, onde os serviços ainda são de menor complexidade e volume.

A figura 13 apresenta um fluxograma esquemático dos processos operacionais na marmoraria. Ressalta-se que nem sempre se reproduz nas empresas que realizam o beneficiamento final exatamente o fluxograma modelo apresentado, inicialmente neste capítulo, na figura 11. Podem ocorrer

variações em função da disponibilidade de recursos tecnológicos que permitam a supressão de etapas ou fusão de outras, sobretudo nas fases de corte e acabamentos de superfície e borda nos ladrilhos. Na produção de padronizados (ladrilhos e revestimento interno e externo), o processo apresenta algumas diferenças em relação ao modelo citado.

De modo geral, as etapas do processo produtivo na marmoraria podem ser realizadas conforme apresentadas na figura 13, destacando-se, na parte inferior, o processo de fabricação de tampos de pia para cozinhas e banheiros.

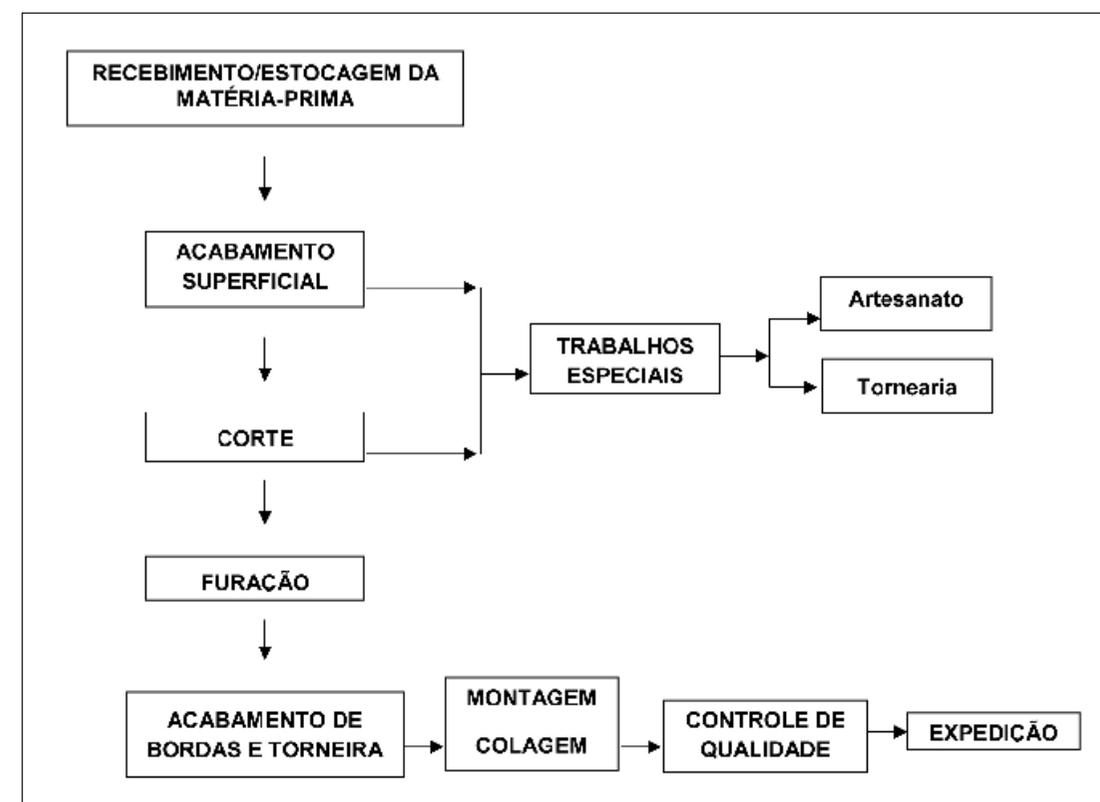


Figura 13 - Fluxograma esquemático dos processos operacionais na marmoraria. Extraído de Vidal et al., 2005.

5. Sustentabilidade

A imagem da mineração, até o início deste século, praticamente, era a de uma atividade totalmente agressiva ao meio ambiente. Isto era devido, em grande parte, à falta de iniciativa das empresas e de soluções tecnológicas adequadas para diminuir ou compensar os impactos ambientais produzidos. Com o reconhecimento mundial, em todas as esferas e setores econômicos, da necessidade de cuidar do meio ambiente, a mineração ficou exposta como uma das grandes vilãs da destruição ambiental. Podem-se identificar, no setor de mineração brasileiro, três grandes fases, a saber: a primeira fase até os anos 1960, caracterizada por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente naqueles relacionados

mais estreitamente à saúde humana, como o controle de águas e as condições no ambiente de trabalho; a segunda, dos anos 1970 e 1980, iniciada com a ocorrência e discussão de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, culminando com a visão de futuro relativo ao meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira, a partir dos anos 1990, que posicionou o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar o desenvolvimento econômico e social com a preservação dos ecossistemas.

As Conferências sobre Desenvolvimento de Meio Ambiente das Nações Unidas, realizadas em 1992 (Rio de Janeiro) e 2002 (Johannesburgo), consolidaram a visão de que desenvolvimento sustentável demanda a preservação dos recursos naturais, de modo a garantir para as gerações futuras iguais condições de desenvolvimento e de acesso a recursos que as existentes hoje.

A realidade atual da mineração é outra, principalmente em decorrência das severas e rigorosas legislações ambientais, cada vez mais eficientes e priorizadas pelo poder público, com forte fiscalização. A consciência empresarial também é outra, assim como a da sociedade como um todo, com grandes empresas de mineração realizando expressivos investimentos para a proteção ambiental e social.

A produção de rochas ornamentais, como a de outros produtos minerais, causa impactos visuais, gera poeira e ruído, e também impactos sociais pelo uso do solo e o transporte de cargas pesadas, além de muitos resíduos de rocha, pois as taxas de recuperação das pedreiras são baixas. Nas serrarias também são produzidos ruído, poeira, e muito resíduo de rocha que, neste caso é fino, na forma de lama a qual também contém restos dos insumos de corte e polimento (cal, granalha, resinas). Na linha do pensamento sustentável, então, aproveitar resíduos supõe utilizar menores quantidades de recursos não renováveis, como são as rochas e minérios, e também reduzir problemas ambientais originados pelo acúmulo dos resíduos. Por esses motivos, o incentivo ao aproveitamento do resíduo da mineração deve ser uma parte importante de qualquer política ambiental.

Em 1987, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT publicou a Norma NBR 10.004, contendo a classificação de resíduos sólidos, ou mais precisamente, “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Tais resíduos, segundo a versão revisada em 2004, são distribuídos em três classes: I – Perigosos, II A – Não perigosos e não inertes, II B – Não perigosos e inertes. Dentre os resíduos inertes, menciona, como exemplo, as rochas. No entanto, diversos estudos de classificação ambiental dos resíduos chegaram à conclusão de que os finos resultantes do beneficiamento das rochas ornamentais são resíduos não perigosos, mas não inertes, devendo ser depositados em aterros especiais para esse tipo de resíduo.

Tem sido e continuam sendo estudadas diversas alternativas para o aproveitamento desses resíduos, como será visto no Capítulo 9, e deve se destacar que o setor de rochas está procurando soluções tanto para a destinação econômica ou social de seus resíduos quanto para a recuperação ambiental das áreas degradadas pela atividade.

Por outro lado, as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil foram também estabelecidos na Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em 2002. Nesta são definidos: resíduos da construção civil; agregado reciclado; reutilização; reciclagem; e, finalmente, beneficiamento.

A lei nº. 12.305, de 02/08/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispendo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Nesse contexto, a visão de desenvolvimento sustentável surge em decorrência da percepção da incapacidade do modelo de desenvolvimento vigente se perpetuar de modo a garantir a sobrevivência da espécie humana. O avanço do conhecimento sobre os efeitos de poluentes demonstram que a preservação da natureza vai exigir uma reformulação mais ampla dos processos produtivos e de consumo, ou seja, uma reformulação radical da visão do impacto das atividades humanas ao meio ambiente.

O paradigma do desenvolvimento sustentável como sendo o grande desafio para equacionar o desenvolvimento econômico e social, se fortaleceu nos meados dos anos 1990 com a necessidade de criação dos mecanismos legais e institucionais de defesa do meio ambiente. A existência dos passivos ambientais gerados pela atividade mineira no passado se deve à falta dos mecanismos legais.

A motivação da Lei, do mercado e da sociedade constitui um marco para que a indústria mineira se comprometa com a gestão ambiental e com a responsabilidade social visando as futuras gerações: a proteção do meio ambiente em termos de minimização dos impactos, melhoramento contínuo de processos, proteção da biodiversidade e educação ambiental para a comunidade.

Nos últimos anos as empresas de mineração vêm dando prioridade à gestão ambiental, desenvolvendo uma política com o objetivo de manter relações harmoniosas com as comunidades (interessados diretos) e o seu entorno (os que ficam próximos as suas operações ou unidades de produção), sendo este importante relacionamento conhecido como a “política da boa vizinhança”.

O desenvolvimento sustentável das atividades de mineração compreendendo a geologia de exploração, lavra e beneficiamento de minérios e, o cuidado intensivo com o meio ambiente, permitirá a “aprovação” da comunidade e de seu entorno a atividade, o que podemos denominar de: licença social.

Portanto, conhecer a base concreta onde ocorrem os fenômenos físicos, econômicos, sociais, culturais, políticos e outros tantos decorrentes do processo civilizatório é o principal desafio estratégico para a promoção do desenvolvimento sustentável. Daí a importância fundamental do uso de indicadores, a fim de verificar a influência da mineração nessas dimensões clássicas do desenvolvimento sustentável. No Capítulo 11, discorre-se sobre os conceitos de desenvolvimento sustentável, os indicadores e sua aplicação às rochas.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem as valiosíssimas contribuições dos colegas e queridos amigos: Rosana Elisa Coppedê, Paulo Barral e Risale Neves.

7. Bibliografia e referências

A ÉPOCA. P. D’Almeida Godinho. As minas de mármore de Mar de Hespanha: O aproveitamento de uma grande riqueza nacional. Rio de Janeiro: 1919, Ed. Anno VIII, 31 de julho, p.24

ABREU, Sylvio Fróes. Instituto Nacional de Tecnologia. Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio. Recursos minerais do Brasil. Vol. I: Materiais não metálicos. Rio de Janeiro: 1960. 471 pp.

ALENCAR, C.R.A.; CARANASSIOS, A.; CARVALHO, D. Tecnologias de lavra e beneficiamento: estudo econômico sobre rochas ornamentais. Fortaleza: Instituto Euvaldo Lodi, 1996. v.3, 225p.

ALMEIDA, Risale Neves. Usos de rochas na arquitetura: Contribuições ao processo da especificação. Tese de Doutorado. Departamento de Geociências. Área de Hidrogeologia e Geologia Aplicada. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife: 2012. 163 pp. II.

ALMEIDA, Risale Neves. Recorte no patrimônio Arqui Geológico de Pernambuco e inquietudes sobre o contemporâneo. Workshop Brasileiro de Patrimônio Geológico Construído. Ouro Preto, 24-28 de setembro de 2013. Anais.... Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2013.

ALVESGASPAR. A Torre de Belém, Lisboa, Portugal. [Imagem: Torre Belém April 2009-4a.jpg|thumb|180px|Legenda] 2009. Disponível em:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Torre_Bel%C3%A9m_April_2009-4a.jpg

Acessado em 10/06/2013

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral. Brasília, 2010.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário mineral. Brasília, 2012.

CAMERON, STEVE FE.; Approach and first pylon - Temple of Horus @ Edfu, 2006. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/File:S_F-E-CAMERON_EGYPT_2006_FEB_00289.JPG. Acessado em 22 fev 2013

CAÑELLAS, Elisabeth Casellas. El contexto arqueológico de la cabeza colosal olmeca número 7 de San Lorenzo, Veracruz, México. 2004. 543 f. Tesis (Doutorado) - Curso de Facultat de Lletres, Departamento de Prehistoria, Univarsitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2004. Disponível em: <http://ddd.uab.cat/pub/tesis/2004/tdx-1125105-174042/ecc1de1.pdf>. Acesso em: 19 out. 2012.

CASTRO, N. F. ; MARCÓN, D. B. ; CATTABRIGA, L. ; LIMA, E. F. ; ALMEIDA, P.F. . Impacto do APL de Rochas Ornamentais do Espírito Santo nas comunidades. In: Francisco Rego Chaves Fernandes; Maria Amélia Rodrigues da Silva Enríquez; Renata de Carvalho Jimenez Alamino. (Org.). Recursos Minerais & Sustentabilidade Territorial: arranjos produtivos locais. 1ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011, v. II, p. 139-176.

CICCU, R.; VIDAL, F.W.H. Curso de especialização em tecnologia de extração e beneficiamento de rochas ornamentais. Fortaleza: [s. n.], 1999. 71p. Apostila.

COSTA, Antônio Gilberto. Rochas e Histórias do Patrimônio Cultural do Brasil e de Minas. Rio de Janeiro: Bem-te-vi, 2009. 291 p. ISBN 978-85-88747-31-9.

CUSTÓDIO, José de Arimathéia Cordeiro. A arquitetura de defesa no Brasil Colonial. Discursos Fotográficos, Londrina, v. 7, n. 10, p.173-194, 01 jan. 2011. Semestral. Disponível em: www.uel.br/revistas/uel/index.php/discursosfotograficos/.../7848. Acesso em: 19 out. 2012.

ERKCAN, Wikimedia. GOBEKI- TEPE-HEYKL. JPG – The sculpture of an animal at Gobekli Tepe. Sanliurfa: 2008. Imagem domínio público. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GobeklitepeHeykel.jpg>. Acessado em: 01/03/2013

GUERRA, A. T & JABLONSKY, T.: Jazida de mármore em Mar de Espanha (MG). Acervo dos Trabalhos Geográficos de Campo. Fotografia em p&b. Negativo 6802. IBGE, 1958.

HARRELL, J.A. AND STOREMYR, P. Ancient Egyptian quarries—an illustrated overview. In Abu-Jaber, N., Bloxam, E.G., Degryse, P. and Haldal, T. (eds.) QuarryScapes: ancient stone quarry landscapes in the Eastern Mediterranean, Geological Survey of Norway. 2009. Special Publication, 12, pp. 7–50.

JACKSON, M; MARRA, F. Roman Stone Masonry: Volcanic Foundations of the Ancient City. In: American Journal of Archaeology, num. 110, 2006. 34 pp. Disponível em: http://www.academia.edu/1048875/Roman_stone_masonry_volcanic_foundations_of_the_ancient_city

JUSTINO, Maciel M.; COUTINHO, Helder. A utilização dos mármore em Portugal na época Romana. In: COLÓQUIO DE ARQUEOLOGIA DE VISEU, 2., 1990, Viseu (portugal). Estudos em homenagem a João Francisco Marques: A utilização dos mármore em Portugal na época Romana. Porto: Faculdade de Letras Universidade do Porto, 1990. v. 1, p. 1 - 6. Disponível em: <http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/2860.pdf>. Acesso em: 20 out. 2012.

LÓPEZ JIMENO, C. (Ed) “Manual de Rocas Ornamentales”. Entorno Gráfico. Madrid: 1995, 696 pp

MELO, K, E V.; CASTRO, L, M. Avaliação econômica dos granitos do Estado do Ceará. Fortaleza: CEMINAS/SIC, 1989.114p.

MELLO, I.S.C. et al. A Cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais e para Revestimento no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT/CNPq/MCT/SCTDET, 2004, 191p.

MORAIS, J.O. et al. Rochas industriais: pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais, Fortaleza: SECITECE/ FUNCAP, 2003. 514p.

NOGALES, T. Reflexiones sobre la “Colonia Augusta Emerita” mediante el análisis de sus materiales y técnicas escultóricas. Cuadernos Emeritenses, Mérida, n. 20, p.215-249, 01 jan. 2002. Semestral. Ejemplar dedicado a: Materiales y técnicas escultóricas en “Augusta Emerita” y otras ciudades de hispania.

NSW DPI. State of New South Wales - Department of Primary Industries. Mining by Aborigines: Australia’s first miners. In: Primefacts, AUSTRALIA: 2007, Num. 572, ISSN 1832-6668. Disponível em: www.dpi.nsw.gov.au/primefacts. Acessado em 12 de março de 2013.

PEITER, C.C. et al Rochas Ornamentais no Século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro: CETEM/ ABIROCHAS, 2001. 160p.

QUALHANO, Miguel Ângelo Lima. O arranjo produtivo local do setor de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Cândido Mendes, Campos Dos Goytacazes – RJ, 2005.

ROBERTO, Fernando Antônio da Costa. Rochas ornamentais do Ceará. Geologia, lavra, beneficiamento e mercado. 1998. 225 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Departamento de Geologia, Fortaleza. 1998.

ROLFCOSAR. Gobki-tepe.jpg – Panoramaansicht des südlichen Grabungsfeldes. Sanliurfa: 2010. Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc. Disponível em: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/G%C3%B6bekli_Tepe.jpg

SAMPAIO, J. A. et al. Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil: Granitos Granstone/ Imarf/ Granos. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. p.163-172.

SILVA FERRAZ, A. M. Relatório do Presidente da Provincia de S. Pedro do Rio Grande do Sul, Angelo Moniz da Silva Ferraz, apresentado à Assembléa Legislativa Provincial na 1a sessão da 8a Legislatura. Typographia do Correio do Sul: Porto Alegre, 1858. 125 pp e anexos. Disponível em: Center for Research Libraries. www.crl.edu/brazil/provincial/rio_grande_do_sul acessado em: 02/12/2013

SOARES, Gabriel. Tratado descritivo do Brasil em 1587. Belo Horizonte. Ed. Itatiaia. 2001. 320 pp.

VIDAL, F.W.H. A indústria extrativa de rochas ornamentais no Ceará. 1995. 178p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo. 1995,

VIDAL, F.W.H. Estudo do elemento abrasivo do fio diamantado na lavra de granito do Ceará. 1999. 173p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo. 1999.

_____. Avaliação de granitos ornamentais do nordeste através de suas características tecnológicas. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 3., 2002. Recife. Anais... Recife: CETEM/MCT, 2003. p.67-74.

VIDAL, F.W.H. Aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais e de revestimentos. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4, 2003, Fortaleza, Anais... Fortaleza: CETEM/MCT, 2003, p.221-229.

_____. Estudo do elemento abrasivo do fio diamantado na lavra de granito do Ceará. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2., 2001, Salvador. Anais... Salvador: CETEM/MCT, 2001. p. 65-71.

VIDAL, F.W.H; BESSA, M. F., LIMA, M. A. B. Caracterização tecnológica de rochas ornamentais do Ceará. In: CONGRESSO ITALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, 4., 1996. Canela, RS. Anais... Canela, RS: Revista da Escola de Engenharia, UFRGS, 1996. p.174-183.

_____. Avaliação de rochas ornamentais do Ceará através de suas características Tecnológicas. Rio de Janeiro: CETEM/ MCT, 1999. 30p. (Série Tecnologia Mineral n° 74)

VIDAL, F.W.H.; COELHO, A. A. M. Métodos e tecnologias de lavra para melhoria da qualidade e produtividade dos blocos de granitos no Ceará. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: CETEM/ MCT, 2003. p. 180-188.

VIDAL, F.W.H; PADILHA, M.W.M. A indústria extrativa da pedra Cariri no Estado do Ceará: problemas x soluções. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. Anais... Fortaleza: CETEM/ MCT, 2003. p. 199-210.

VIDAL, F.W.H; ROBERTO, F.A. COSTA. Rochas ornamentais do Ceará: geologia e caracterização tecnológica. In: SEMINÁRIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 1., 1998, Olinda, PE. Anais... Olinda, PE: CPRM, 1998. p. 101-109.

VIDAL, F.W.H; ROBERTO, F.A. COSTA. Avanços e transferência tecnológica em rocha ornamental: Rochas Ornamentais do Estado do Ceará. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. p.93-106. (Série Rochas e Minerais Industriais, n° 4).

VIDAL, Francisco Wilson Hollanda; SALES, Fernando Antônio Castelo Branco; ROBERTO, Fernando Antônio da Costa; SOUSA, José Ferreira; MATTOS, Irani Clezar (Orgs.) Rochas e Minerais Industriais do Estado do Ceará. Fortaleza, CETEM/UECE/DNPM/FUNCAP/SENAI, 2005. 176p.IL. ISBN 85-7227-205-4

VITRÚVIO POLION, M. Compendio "Los diez libros de la arquitectura". Disponível em: es.scribd.com/doc/23628406/Vitruvio-Polion-Marco-Los-Diez-Libros-de-Arquitectura. Acesso em: 06/09/2012

Capítulo 2

Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas