

Estudo Geológico -Técnico de uma Pedreira de Rocha Ornamental no Município de Santo Antônio de Pádua – Rio de Janeiro

Rosana Elisa Coppedê Silva & Claudio Margueron

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ
Av. Jequitibá, 1450 - CCMN - Bloco F - Cidade Universitária, Campus do Fundão, Rio de Janeiro
CEP 21949-900

Resumo

O objetivo do estudo é caracterizar os problemas enfrentados por uma pedreira de pedra decorativa no município de Santo Antônio de Pádua, Estado do Rio de Janeiro e definir a melhor forma para solucioná-los.

Palavras-chave: pedra decorativa, rocha ornamental.

Abstract

This study has the main objective to develop an open pit mine for decorative stone in Santo Antônio de Pádua County, Rio de Janeiro State and define the best solutions for the environmental-geological problems.

Key Words: decorative stone, dimension stone.

1 Introdução

As rochas ornamentais são subdivididas comercialmente em dois tipos: “mármore” e “granitos”. Tal terminologia não é geologicamente correta, pois para o comércio “mármore” é toda rocha carbonatada, de origem sedimentar (calcário ou dolomito) ou metamórfica (mármore sensu stricto); granito (grande variedade de rochas ígneas ou metamórficas, a saber: basalto, gabros, granitos, gnaisses, migmatitos, granulitos e outros) é considerado como qualquer rocha não-calcária, capaz de receber corte e polimento e passível de ser usado como material de revestimento; para o mercado o que mais interessa são os aspectos estéticos, e as características tecnológicas das mesmas.

Além desses materiais lapídeos, existem também as rochas classificadas como afins, que são outras rochas ornamentais utilizadas como materiais de revestimento na construção civil, não sujeitos a processos industriais de desdobramento de blocos. Compreendem, portanto, ardósias, arenitos, basaltos, quartzitos, gnaisses, além de outros materiais passíveis de serem extraídos já em forma laminada, ou que sejam utilizados em revestimento, independente da mencionada forma (Vidal, 1995).

Os materiais extraídos na região de Santo Antônio de Pádua, objeto de estudo do presente trabalho, classificam-se como pedras decorativas, pois não são sujeitos a desdobramentos em tear multilâminas, polidos e cortados. Devido à foliação penetrativa destes materiais, eles são extraídos em blocos, e facilmente abertos por processo manual, para posterior utilização como revestimento, principalmente muros e jardins.

2 Histórico do Setor de Pedras Decorativas no Rio de Janeiro

Na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro têm-se hoje o maior pólo mineral do Estado, surgido da exploração e produção das pedras decorativas, conhecidas comercialmente com as denominações de “Pedra Miracema” e “Pedra Paduana”.

Este setor, segundo dados do DRM/RJ, é formado por 168 empresas (103 pedreiras, 54 serrarias, 10 areais e 1 fonte de água mineral), concentradas principalmente na região de Santo Antônio de Pádua, abrangendo os municípios de Pirapetinga, Miracema, Cambuci e Santo Antônio de Pádua.

A exploração das pedras teve início na década de 70, com retirada de placas de pedra para revestimento de currais (“pedra de curral”). A partir da década de 80, o material passou a ser serrado, para ser usado em construções. Desde então tem sido aplicado como revestimento externo de construções, muros, pisos, em jardins, substituindo com bom preço outras pedras de revestimento, como granitos polidos e pedra São Tomé.

A mineração de pedras decorativas transformou-se na principal atividade econômica da região, empregando diretamente nas pedreiras, serrarias e atividades relacionadas, cerca de 6000 pessoas (segundo dados do SINDGNAISSE).

O setor produz cerca de 500.000 m² por mês (principalmente lajotas de 50 cm x 50 cm e lajinhas de 11,5 cm x 23 cm). As empresas são de micro e pequeno porte, empregando técnicas ultrapassadas de extração, e utilizando incorretamente os explosivos (dados do SINDGNAISSE).

Os materiais encontrados na região são conhecidos como Olho-de-Pombo (gnaisse cinza), Pinta Rosa (gnaisse rosado), Granito Fino (gnaisse cinza fino) e Pedra Madeira (quartzito de coloração variada - amarelo, rosa, verde, preto, etc), comercializados na forma de revestimento (lajotas e lajinhas), blocos, paralelepípedos, pedra almofadada .

Os principais problemas enfrentados pelo Setor de Pedras Decorativas da região de Santo Antônio de Pádua são a ausência de tecnologias de extração e beneficiamento, que restringem o tipo de produto que pode ser oferecido ao mercado, provocam excesso de desperdício (40% na pedreira e 30% na serraria, segundo dados dos empresários), provocam impacto ambiental por não haver planejamento das lavras e não permitem a agregação de valor ao produto final. A utilização incorreta dos explosivos provoca fraturamento do maciço, acidentes de trabalho, baixa produtividade e agrava os problemas ambientais.

Além destes, problemas de ordem legal foram levantados pelo DRM/RJ, dentro do projeto “Controle e Disciplinamento da Atividade Mineral em Santo Antônio de Pádua”, os seguintes aspectos: superposição de áreas de direito minerário, o que levou o DRM/RJ a solicitar providências do DNPM, para definição da titularidade das atuais áreas, fator fundamental para regularização das empresas; arrendamento de frentes numa mesma jazida/área, resultando em vários mineradores numa só área com direito mineral, e muitas frentes de lavra contíguas, porém sem um projeto comum que as interrelacione; desconhecimento dos corpos de rocha minerados, o que gera grandes movimentações de solo, até ser atingida a rocha de interesse; efluentes líquidos com grandes quantidades de partículas sólidas, produzidos pelas serrarias e lançados nos corpos d’água, sem nenhum tratamento; e inexistência de gerência empresarial (controle de custos e preços ofertados).

O projeto “Controle e Disciplinamento da Atividade Mineral em Santo Antônio de Pádua” foi criado pelo DRM/RJ, para formalizar a atividade mineira na região, que vem sendo feita de forma irregular, como descrito acima. Para tal, os profissionais do DRM orientam e indicam um prazo para o minerador legalizar a sua situação perante os órgãos competentes. Caso as orientações não sejam cumpridas, o minerador é notificado, e partir de um segundo prazo, começa a receber multas.

Este setor tem confirmado a sua importância, merecendo a atenção de vários órgãos, entidades e instituições, com implantação de vários projetos para a melhoria do mesmo.

Dentre estes projetos, destaca-se o RETECMIN, que é uma rede cooperativa de tecnologia para “Apoio ao Setor Produtivo de Pedras Ornamentais no Estado do Rio

de Janeiro”, do qual participam as seguintes entidades: o DRM (Departamento de Recursos Minerais) que atua na legalização e meio ambiente, o INT (Instituto Nacional de Tecnologia) que executou os ensaios nos materiais da região, a UENF (Universidade Estadual Norte Fluminense) que tenta desenvolver novas tecnologias para lavra, a UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) que executou o mapeamento das principais serras da região na escala 1:10.000, o CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) que coordena o projeto e propõe novas utilizações para o rejeito, assim como melhorias na lavra, e a FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) que coordena a colaboração dos empresários e do SENAI-RJ para treinamento de pessoal. Além do RETECMIN, a FIRJAN também está executando o Projeto “Aumento das Exportações”, para que se conheça o setor de rochas ornamentais no Estado, a fim de se promover ações para incentivo às exportações.

A parceria entre vários órgãos é de fundamental importância, uma vez que cada entidade pode oferecer sua melhor capacitação para a melhoria do setor. No caso da UFRJ, o mapeamento das serras para o conhecimento do comportamento geológico dos corpos rochosos é de fundamental importância para as outras partes do trabalho, principalmente a lavra e o meio ambiente. A UFRJ, através do Departamento de Geologia, montou uma equipe com sete profissionais, que executaram o mapeamento e trataram os dados, resultando um mapa geológico de excelente qualidade. Também vem realizando estudos técnicos-econômicos-financeiros do setor.

3 Objetivos do Estudo

O objetivo principal do estudo é caracterizar e buscar o entendimento dos problemas enfrentados por uma pedreira de pedra decorativa, e definir a melhor forma ou caminho para solucionar ou minimizar os problemas gerados em termos de:

- 1) geologia da jazida,
- 2) caracterização tecnológica do material,
- 3) planejamento de lavra na escala 1:1000,
- 4) propôr a exploração de um novo produto: os gnaisses serão extraídos na forma de blocos grandes, serrados em tear e polidos, gerando chapas semelhantes às de mármore e granito.

Um outro ponto importante a ser levantado é a situação da concessão de lavramento aos órgãos competentes, como: DRM/RJ, FEEMA, DNPM, IBAMA e Prefeitura Municipal.

4 Localização e Acessos

A área da concessão de lavra em estudo é de 115,35 hectares, localizada na Estrada Pádua-Paraquena, s/nº - km 4 – Fazenda de Cachoeira Alegre, à esquerda do Rio Pomba, Distrito e Município de Santo Antônio de Pádua, na porção Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. A jazida encontra-se entre os paralelos $21^{\circ}30'50''$ e $21^{\circ}30'51''$ de latitude sul, e no meridiano $42^{\circ}12'24''$ de longitude oeste, na parte norte da Folha SF-23-X-D-VI-2, escala 1:50.000, do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro – DRM (1980).

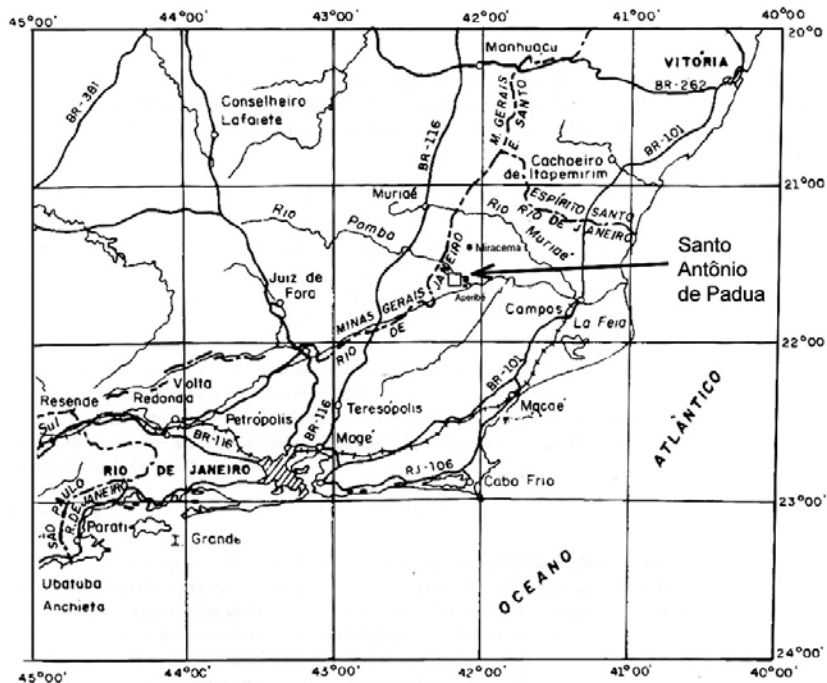


Figura 1 Mapa de localização da Região de Santo Antônio de Pádua.

Partindo-se da cidade do Rio de Janeiro, vai-se para a rodovia Rio-Teresópolis, e daí toma-se a direção para Além-Paraíba. Em Além-Paraíba vai-se em direção a Leopoldina, e no trevo do Posto de Pesagem da fronteira, vira-se à direita, em direção a Pirapetinga (BR 393). Em Pirapetinga, pega-se a RJ 186 até Santo Antônio de Pádua. O percurso total do Rio de Janeiro a Santo Antônio de Pádua é de 280 km, e a distância de Pádua à pedreira é de 3,5 km.

5 Aspectos Fisiográficos

As referências bibliográficas consultadas para a descrição dos itens que se seguem, foram obtidas do texto explicativo do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro – Folha SF-X-D-VI-2 – Santo Antônio de Pádua - Escala 1:50.000, do Departamento de Recursos Minerais – DRM (1980) e do Projeto RadamBrasil (1983).

5.1 Hidrografia

Segundo dados da DRM, o principal coletor de águas da região é o Rio Paraíba do Sul, cujo principal afluente pela margem esquerda é o Rio Pomba, e pela margem direita, o Ribeirão das Areias. As elevações da área condicionam-se na direção NE-SW, controlando o sistema secundário de drenagem. Destacam-se as serras denominadas Frecheiras, Catete, Santa Cândida, Gavião, Caledônia, Vermelha, Portela, Aliança e José Melo.

5.2 Clima

O clima dominante é subquente úmido, sendo mais ameno nas partes altas, e quente na zona de baixada do Rio Paraíba do Sul. A precipitação média anual é de 1000 a 1250 mm, enquanto a temperatura média anual é 20°C, atingindo valores entre 4° e 38°C.

5.3 Geomorfologia

Os alinhamentos montanhosos da região posicionam-se segundo N45°E, coincidentemente com a direção geral da foliação.

Os principais cursos d'água são angulosos, escoando-se segundo N45°E (foliação) ou N45°W (tear faults). A rede geral é uma treliça.

O relevo atual exibe linearidade e paralelismo para as serras, que se destacam do relevo rebaixado, com morros arredondados de topo nivelado a 130 m; imersos em vales aluvionados, com cotas pouco superiores a 50 m.

A superfície atual tem um conjunto de morros tangenciados pela cota 220 m e pela cota 130 m, assim caracterizando evolução atual polifásica. O nível de base local é o rio Paraíba do Sul (Grossi Sad, 1980).

5.4 Vegetação

A vegetação original, do tipo Mata Atlântica foi devastada, cedendo lugar às grandes monoculturas, com destaque para as plantações de café, algodão e cana-de-açúcar. Com o declínio da agricultura, ocorreram substituições por pastagens, capoeiras e outras espécies (remanescentes de atividades agropecuárias e desmatamentos extrativistas), tão logo sua fertilidade diminuiu.

As matas remanescentes que cobrem algumas áreas da região são constituídas, na maioria, por formações secundárias, comprovado pela presença de embaúbas (*Cecrosia sp.*), desenvolvendo-se somente onde a floresta foi derrubada (IBGE, 1977). Regionalmente, a vegetação é constituída de campos predominantemente herbáceos, ocorrendo associações arbustivas e sub-arbustivas, com árvores de pequeno e médio portes, constituindo os campos sujos.

A outra parte da vegetação está representada por pastagens e por vegetação secundária, em fases diversas de crescimento:

- Parcas florestas secundárias, remanescentes das ações antrópicas imputadas ao terreno e à região (principalmente nas serras);
- Vegetação invasora predominante;
- Espécies vegetais pioneiras de regeneração natural.

As espécies invasoras e de regeneração natural (gramíneas e leguminosas) possuem um papel muito importante na proteção do solo contra o arraste de partículas, inibindo a erosão.

6 Aspectos Sócio-econômicos

O município de Santo Antônio de Pádua conta com uma população de 50.000 habitantes, limitado pelos municípios de Miracema ao norte, Cantagalo ao sul, Aperibé e Itaocara a leste e Pirapetinga e Palmas à oeste (ambas pertencentes ao Estado de Minas Gerais).

A economia da área era essencialmente agropastoril, sendo que a vegetação original não existe mais, cedendo lugar a campos de cultivo e criação. Entretanto, a partir da década de 80 a atividade mineira ganhou impulso, tendo transformado-se na principal fonte de renda e empregos da região.

Alguns dos bens minerais são utilizados na região com as seguintes finalidades: *Mármore Calcíticos e Dolomíticos* (Serras Vermelha, do Portela e Caledônia, em Aperibé e na Serra da Aliança), pequena extração de mármore foi aí verificada; *Materiais de Construção* (leptinito é ótimo para paralelepípedo e pedra de meio fio, os granulitos são usados como material de revestimento, os quartzitos, quando argilosos e friáveis, são usados como saibro e os aluviões dos rios Pomba e Paraíba do Sul fornecem areia, produzida com pequenas dragas); *Água Mineral* (na cidade de Santo Antônio de Pádua existe uma fonte de água iodetada, do tipo alcalino-bicarbonatada-sódica, não termal).

7 Metodologia

Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica detalhada sobre a área, relativa tanto à geologia regional quanto local. Foram levantados também os ensaios de caracterização tecnológica disponíveis e sua metodologia, os conceitos e técnicas adotados para a extração de rochas ornamentais e pedras decorativas, assim como as diversas metodologias de controle ambiental empregadas atualmente.

Posteriormente, foi feito um estudo das bases cartográficas e geológicas disponíveis, não sendo necessário executar fotointerpretação, por tratar-se de uma área de

dimensões reduzidas. Foram realizadas três idas ao campo, com duração total de 15 dias, que corresponderam a todo o trabalho de mapeamento e coleta de amostras para petrografia.

Para os trabalhos de campo foram utilizados uma base geológica executada pelo DRM (1980), na escala 1:50.000, e um mapa topográfico, na escala 1:1000 (para geologia de detalhe), englobando a área da jazida, do botafora, acessos, sobre os quais será baseada a sugestão do planejamento da lavra.

Alguns dados adicionais foram relevantes para a execução do trabalho, tais como: levantamento das características gerais e técnicas atuais da etapa de extração no Estado do Rio de Janeiro, nos seguintes órgãos e entidades de classe: SINDGNAISSE (Sindicato da Indústria de Extração e Aparelhamento de Gnaisses da Região de Santo Antônio de Pádua), FEEMA (Fundação de Estudos de Engenharia e Meio Ambiente), Prefeitura Municipal de Santo Antônio de Pádua, DNPM, DRM e empresas do setor. Tipo de extração feita hoje na região, e os tipos sugeridos como alternativa. Aproveitamento das informações advindas do RETECMIN, feito pela UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) com o CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), DRM (Departamento de Recursos Minerais), FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro), INT (Instituto Nacional de Tecnologia) e UENF (Universidade Estadual Norte Fluminense).

7.1 Procedimentos de Campo

Numa primeira etapa, foram reconhecidos os tipos litológicos da região, através de visitas a várias pedreiras e afloramentos caracterizados pelo DRM (1980).

O levantamento de campo da área de estudo envolveu a caracterização dos principais componentes do meio físico: geologia (tipo litológico, arcabouço estrutural, descontinuidades, grau de alteração, presença de minerais deletérios), geomorfologia, algumas características de caráter antrópico (tipo de uso de solo).

7.2 Procedimentos de Laboratório

7.2.1 Petrografia

A seleção das amostras para confecção de lâminas delgadas foi realizada na segunda ida ao campo, visando o reconhecimento dos diferentes tipos litológicos da área

em questão. As lâminas foram descritas em microscópio petrográfico Carl-Zeiss, para luz transmitida e refletida.

7.2.2 Ensaios de Caracterização Tecnológica

A caracterização tecnológica de materiais engloba os seguintes ensaios e análises: petrografia, índices físicos (massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água), desgaste Amsler, coeficiente de dilatação térmica linear, resistência ao impacto, resistência à compressão uniaxial, resistência à compressão uniaxial após congelamento/degelo, resistência à flexão e módulo de deformabilidade estático.

Os ensaios dos materiais em questão foram executados pelo geólogo Túlio Márcio A de Oliveira, no âmbito da dissertação de mestrado "Avaliação Técnico-Econômica da Extração de Rocha Ornamental no Município de Santo Antônio de Pádua", apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade do Rio de Janeiro, em março de 1998.

Além desses ensaios, foram utilizados para comparação os resultados dos trabalhos do INT para o RETECMIN, que são: índices físicos (massa específica, porosidade aparente e absorção d'água), desgaste Amsler (não realizado por Oliveira, 1998).

7.3 Análise dos Impactos Ambientais

A avaliação dos impactos ambientais será feita de forma quali/quantitativa, através de uma hierarquização dos impactos quanto à sua intensidade. De posse da situação atual dos diversos meios e das características da pedreira, torna-se possível identificar os prováveis impactos que a mesma acarretará ao ambiente.

Na identificação feita procurou-se detectar tanto nas fases de implantação e operação, todos os impactos positivos e negativos, de qualquer nível de intensidade.

Os impactos identificados foram, então, caracterizados e avaliados de acordo com sua natureza, ou seja:

- impactos diretos (2) e indiretos (1);
- impactos locais (1), regionais (2) e estratégicos (3);
- impactos imediatos (3), a médio (2) e a longo prazos (1);
- impactos temporários (1), cíclicos (2) e permanentes (3);
- impactos reversíveis (1) e irreversíveis (2).

O cálculo da intensidade é feito por escala nominal e ordinal, do somatório dos atributos de impacto, onde tem-se: Impacto de Alta Intensidade (escala de 11 a 13), Impacto de Média Intensidade (escala de 8 a 10) e Impacto de Baixa Intensidade (escala de 5 a 7).

Os resultados serão apresentados, primeiramente, de forma descritiva e, posteriormente num quadro resumo, que pode ser visto como uma matriz com as respectivas valorações.

8 Geologia Local

Neste capítulo são abordados o comportamento e as características dos litotipos existentes na área estudada. São descritos os aspectos texturais, os critérios de diferenciação usados em campo e as relações de contato entre os mesmos.

O mapeamento geológico da área de interesse abrangeu um total de 115,3 ha. Situa-se no extremo noroeste da Folha SF-23-X-D-VI-2, do mapeamento geológico sistemático (escala 1:50.000), realizado pelo DRM (1980), para o Estado do Rio de Janeiro.

A área é representada por rochas do Complexo Paraíba do Sul e as subdivisões, representada por gnaisses quartzo-feldspáticos milonitizados.

8.1 Litologia

Gnaisse Olho-de-Pombo e Pinta Rosa

As rochas encontradas na região fazem parte do Complexo Paraíba do Sul / Unidade Santo Eduardo (Grossi Sad *et al*, 1980), formada por gnaisses granulíticos, gnaisses quartzo-feldspáticos, ortognaisses granulíticos e leptinitos. Na área de estudo,

ocorrem os gnaisses quartzo-feldspáticos milonitizados. Essas rochas apresentam estrutura bem desenvolvida, comumente laminados ou bandados.

Os porfiroclastos são abundantes, milimétricos, boudinados ou arredondados e constituídos de feldspato translúcido, na maioria das vezes plagioclásio. Blastos maiores, hipidiomórficos ou boudinados, comumente k-feldspato, ocorrem esparsadamente. O quartzo aparece estirado, muitas vezes formando níveis descontínuos. Ocorrem ainda biotita e um mineral oxidado, provavelmente um sulfeto. A presença de diques máficos com drusas de ametista relacionam-se aos fenômenos de granitogênese ao longo do Cinturão Móvel Costeiro.

Na pedreira, a rocha possui granulação média a grosseira, podendo chegar a fina nas zonas de contato. A coloração é geralmente cinza-claro, encontrando-se tipos mais escuros em consequência de maiores teores de máficos. Petrograficamente apresenta-se um biotita k-feldspato gnaisse, caracterizando-se pela presença de pequenos porfiroclastos de k-feldspato branco (ortoclásio), imersos em matriz de granulação fina, com plagioclásio, quartzo e biotita. Os porfiroclastos tem até 0,3 cm de eixo maior, são achatados no plano da foliação e bem orientados planarmente. A foliação é definida pela orientação da biotita (+ hornblenda) e de lenticulas quartzo-feldspáticas.

Os gnaisses quartzo-feldspáticos milonitizados ocorrem ao longo de toda a área, mostrando variações que originam dois tipos comerciais: “Olho-de-Pombo” (rocha de grã média, com porfiroclastos de ortoclásio branco) e “Pinta Rosa” (rocha de grã média, com porfiroclastos de ortoclásio rosa).

Na pedreira em questão, os tipos podem ser facilmente delimitados, estando o “Pinta Rosa” sobreposto ao “Olho-de-Pombo”. O contato entre os tipos litológicos é abrupto, separado por um veio félsico milimétrico (quartzo e feldspato).

As alterações podem ser observadas, onde a percolação da água afeta os planos da foliação, mostrando a oxidação.

8.2 Estrutura

Apresentam foliação bem definida e constante, N60°E/65°SE, ao longo de toda a área. Algumas fraturas, originadas pelo plano de fogo mal dimensionado, têm atitudes N50°W/50°NE, e podem interferir na lavra.

9 Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais

9.1 Normas Técnicas e Instituições Normalizadoras para Caracterização de Rochas Ornamentais

As normas catalogadas referem-se a amostragem, terminologias, nomenclatura, métodos de ensaios e especificações. As normas sobre terminologia e nomenclatura são úteis para entendimento dos termos e conceitos expressos no texto das outras normas.

As normas dos métodos de ensaios permitem conhecer os procedimentos sugeridos por cada uma das instituições normalizadoras, para se obter os valores de uma ou de várias propriedades.

As normas sobre especificações procuram colocar referenciais de qualidade para as rochas de acordo com diversos fins, para elas pretendidos.

As instituições normalizadoras, assim como os ensaios correspondentes estão apresentados no quadro 1, a seguir:

Quadro 1 Instituições normalizadoras e ensaios correspondentes (Alencar *et alii*, 1995).

ENSAIO	ASTM	DIN	AFNOR	UNI	NBR
Análise Petrográfica	C-295	X	B-10301	9724/1	12768
Índices Físicos	C-97	52102 52103	B-10503 B-10504	9724/2	12766
Resistência à Flexão	C-99 C-880	52112	B-10510	9724/5	12763
Resistência ao Impacto de Corpo Duro	C-170	X	X	X	12764
Resistência à Compressão	D-2938 C-170	52105	B-10509	9724/4	12767
Coefficiente de Dilatação Térmica Linear	E-228	X	X	X	12765
Congelamento e Degelo Conjugado à Compressão	X	52104	B-10513	X	12769
Desgaste Amsler	C-241	52108	B-10518	2232	6481
Módulo de Deformabilidade Estática	D-3148	X	X	2234	X
Micro Dureza Knoop	X	X	X	9724/6	X

Fonte: NUTEC – Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial

Legenda:

- a) ASTM – American Society for Testing and Materials (americana);
- b) DIN – Deutsche Institut für Normung (alemã);
- c) AFNOR – Association Française de Normalisation (francesa);
- d) UNI – (italiana);
- e) ABNT NBR – Associação Brasileira de Normas Técnicas (brasileira).

9.2 Ensaios

As rochas ornamentais ou de revestimento, quando em uso, são submetidas a muitas solicitações, tais como atrito (desgaste), impacto, ações do clima, ataque por produtos de limpeza, etc. A caracterização tecnológica dos materiais (mineralógica, física, química e mecânica) é fundamental para a sua utilização correta, segura e econômica (Frazão, 1993).

As solicitações sofridas pelos materiais ocorrem em todas as etapas do seu processamento, a saber: extração, beneficiamento (desdobramento, polimento, corte e acabamento) e na aplicação.

As características das rochas, e mesmo a previsão do seu desempenho podem ser obtidas através de análises e ensaios, executados segundo procedimentos normalizados pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, conforme a descrição no quadro 2.

9.3 Resultados dos Ensaios Realizados com os Materiais da Área de Estudo e sua Interpretação

Para que os ensaios dos materiais possam ser interpretados corretamente, foram selecionadas algumas tabelas e quadros, que servirão de parâmetro de comparação. O quadro 3 e a tabela 2 foram extraídas de um trabalho técnico do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), realizado por Frazão e Farjallat (1994), segundo o qual alguns parâmetros estatísticos descritivos de rochas silicáticas brasileiras podem ser utilizados para comparar os resultados.

Estes parâmetros foram obtidos da análise estatística de 158 amostras de rochas silicáticas, já ensaiadas pelo IPT, sendo 75 granitos, 35 gnaisseis, 10 charnockitos, 8 granodioritos, 4 dioritos, 4 sienitos, 4 monzonitos, 3 diabásios, 2 albitos, 2 anfíbolitos, 2 basaltos, 2 noritos, 1 gabro, 1 piroxenito, 1 tonalito e 1 monzodiorito, conforme o quadro 3:

Quadro 2 Ensaio recomendados para caracterização de rochas ornamentais e de revestimento (modificado de Frazão, 1993).

Ensaio Usos	Análise petrográfica	Índices físicos ^a	Resistência ao desgaste	Resistência ao impacto	Resistência à compressão uniaxial	Resistência à flexão	Módulo de deformabilidade de estático	Dilatação térmica linear	Alterabilidade
Fase									
Extração									
Beneficiamento									
U	Revestimento Externo								
	Revestimento Interno								
T	Pisos								
I	Colunas e Pilares								
	Pedestais								
L	Tampos de mesas e balcões								
	Pias								
Z	Soleiras								
A	Esculturas								
Ç	Cilindros (granito) para indústria de papel, alimentos, etc								
	Mesas e aparelhos de desempenho								

(a) Índices físicos: massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água.

Quadro 3 Resumo de alguns parâmetros estatísticos descritivos de rochas silicáticas brasileiras (modificado de Frazão e Farjallat, 1994).

Parâmetros Estatísticos						
Propriedades	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Valor máximo	Número de amostras	Nível de confiança (95,0%)
Massa específica aparente seca (kg/cm ³)	2.679,68	107,23	2.545,00	3.504,00	158	16,72
Porosidade aparente (%)	0,58	0,35	0,07	2,92	158	0,05
Absorção d'água (%)	0,21	0,13	0,02	1,14	149	0,02
Coefficiente de dilatação térmica linear (10 ⁻² mm/m°C)	9,35	1,89	5,10	16,07	145	0,31
Desgaste Amsler (mm)	0,69	0,24	0,34	2,02	157	0,04
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	158,22	41,78	51,50	323,30	158	6,51
Resistência à flexão (MPa)	18,50	6,59	7,40	48,10	156	1,03
Módulo de deformabilidade estático (GPa)	46,36	13,03	20,49	98,84	113	2,40
Resistência ao impacto (m)	0,48	0,15	0,22	0,98	106	0,04

Ainda conforme os autores, a tabela 2 abaixo sugere adotar os limites estabelecidos, onde constam os valores obtidos pela aplicação de estudo estatístico e os fixados pela norma ASTM C 615.

Propriedades	Valores fixados pela ASTM (C 615)	Valores sugeridos no estudo (Frazão e Farjallat, 1994)
Massa específica aparente (kg/m ³)	> 2.560,00	> 2.550
Porosidade aparente (%)	n.e.	< 1,0
Absorção d'água (%)	< 0,4	< 0,4
Dilatação térmica linear (10 ⁻³ mm/m°C)	n.e.	< 12,0
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	< 1,0
Compressão uniaxial (MPa)	> 131,0	> 100,0
Flexão (MPa)	> 10,34	> 10,0
Módulo de deformabilidade (GPa)	n.e.	> 30,0
Impacto de corpo duro (m)	n.e.	> 0,4

Tabela 2 Valores especificados pela ASTM e os sugeridos no estudo de Frazão e Farjallat (1994).

Nota: n.e.= não especificado

A tabela 3 foi extraída de um manual de aplicação de rochas, com valores de alguns ensaios realizados por Corbella e Zini (1988), com vários materiais da Itália, entre mármore, granitos, pedras decorativas e calcários.

	Definição Petrográf.	Classif. Comercial	Massa específica aparente	Absorção d'água	Resistência à compressão	Módulo de deform. Tangente	Módulo de deform. Secante	Resistência à flexão	Resistência ao impacto	Coefficiente de dilatação térmica linear
Unidades			Kg/m ³	%	MPa	MPa	MPa	MPa	cm	10 ⁻⁶ /°C
Porfido de Trento	Riolito com estr. elástica	Porfido	2.555	0,653	221,5	66.180	58.390	22,5	62	5,55
Bianco Carrara	Mármore	Mármore	2.705±5	0,06	131	75.000	83.550	16,9	61	6,8
Rosso Asiago	Calcário micrítico fossilífero	Mármore	2.680±2	0,16	156	75.400	75.400	14,2	44	7,3
Fiordipescio Camico	Brecha calcária	Mármore	2.711± 10	0,088	128	82.150	80.200	13,0	55	5,3
Verde São Nicolau	Oficalcila brecha serpentinitica	Mármore	2.725± 15	0,165	162	72.450	66.075	17,9	55	3,7
Grigio perfilato da Sardenha	Leucogranito	Granito	2.615± 5	0,341	178	47.200	38.300	12,8	77	8,3
Diorito de Vico	Diorito	Granito	2.805± 4	0,291	219	45.700	42.300	20	90	7,6
Serizzo Formazza	Augen gnaisse	Granito	2.660± 0	0,397	141	47.300	31.950	19	89	6,8
Serizzo Valmasiano	Tonalito	Granito	2.818± 1	0,223	148	44.850	34.000	22,2	95	7,5
Travertino Romano de Tivoli	Calcário com vesículas	Travertino	2.409± 4	0,739	82	52.050	52.050	13,1	57	6,6
Pedra de Vicenza (São Gotardo)	Calcário com vesículas e fossilífero	Pedra	2.204± 2	12,55	24	17.150	17.150	3,9	34	4,6
Pedra Serena de Firenzezuola	Arenito feldspático	Pedra	2.600	1,819	102± 5	17.750	16.550	11,9	89	13,1
Basaltina de Bagnoregio	Basalto	Pedra	2.262± 6	4,085	58± 3	38.100	38.100	13,5	34	9,7

Tabela 3 Resultado dos ensaios de alguns materiais italianos.

9.3.1 Descrição Petrográfica

9.3.1.1 Olho de Pombo

O material conhecido como Olho de Pombo tem como características macroscópicas uma foliação marcante, indicada por porfiroblastos de feldspatos envolvidos por uma matriz composta por quartzo, plagioclásio e bitotita.

MINERAIS	%	%	%	%	%	Total (%)
Quartzo	40	40	30	40	20	34
Ortoclásio	25	15	20	15	35	22
Microclina	5	10	15	10	10	10
Plagioclásio	10	10	15	10	20	13
Horn./Biot.	15	25	20	20	15	19
Zircão/opac	5	-	-	5	-	2
Titanita	-	-	-	-	-	-
Apatita	-	-	-	-	-	-

Tabela 4 Composição Mineralógica do Gnaiss Olho-de-Pombo (extraído de Oliveira, 1998)

Microscopicamente (conforme a tabela 4), o gnaiss Olho-de-Pombo apresenta os seguintes minerais (Oliveira, 1998):

- Quartzo: Apresenta-se em geral formando fitas, com abundante extinção ondulante, bandas de deformação e formação de subgrãos por recristalização. Localizadamente, observam-se novos grãos poligonais nos bordos.
- Ortoclásio: os cristais estão presentes na rocha como porfiroclastos xenomórficos, com hábito alongado. Alguns cristais apresentam inclusões subarredondadas de quartzo, e veios de carbonato.
- Microclina: formam cristais xenomórficos e hipidiomórficos, com geminação tartan, que ocasionalmente apresenta-se distorcida, devido à cataclase.
- Plagioclásio: apresenta-se como cristais xeno a hipidiomórficos, suave extinção ondulante, subgrãos poligonais e maclas deformacionais. Pode ser observado, por vezes, que alguns cristais apresentam-se sericitizados.
- Hornblenda / biotita: cristais xenomórficos a hipidiomórficos, alterando-se para biotita. Observam-se cristais de biotita envolvendo o núcleo dos cristais de hornblenda.
- Zircão: apresenta-se em pequenos cristais hipidiomórficos prismáticos curtos.
- Apatita (traços): presente como prismas curtos subédricos, inclusos no quartzo.
- Sericita (traços): presente como produto de alteração do plagioclásio, podendo aparecer em fraturas, ou disseminada.
- Titanita (traços): apresenta-se em pequenos cristais hipidiomórficos.

De acordo com a descrição petrográfica microscópica acima, a rocha pode ser classificada como gnaiss, de protólito quartzofeldspático (quartzo, k-feldspato, plagioclásio e biotita), metamorfozido na fácies anfibolito superior a granulito (Hibbard, 1995). A rocha foi submetida a deformação com cisalhamento intenso, com milonitização e recristalização (quartzo).

Os minerais que tem cálcio na composição (plagioclásio e feldspato) apresentam-se levemente alterados, mas em alguns casos já apresentam carbonato e sericita nas fraturas.

A rocha é um biotita k-feldspato quartzo gnaiss.

9.3.1.2 Pinta Rosa

O material conhecido como Pinta Rosa tem as mesmas características macroscópicas que o material Olho de Pombo, entretanto os porfiroblastos de feldspato apresentam uma tonalidade rósea, imprimindo grande beleza estética à rocha.

MINERAIS	%	%	%	%	%	Total (%)
Quartzo	30	40	40	25	40	35
Ortoclásio	15	10	10	35	25	19
Microclina	15	10	5	10	10	10
Plagioclásio	10	20	15	20	15	16
Horn./Biot.	25	20	25	10	10	18
Zircão/opac	5	-	5	-	-	2
Titanita	-	-	-	-	-	-
Apatita	-	-	-	-	-	-

Tabela 5 Composição Mineralógica do Gnaiss Pinta Rosa (extraído de Oliveira, 1998).

Na descrição petrográfica microscópica do gnaiss Pinta Rosa, foram encontrados os seguintes minerais (Oliveira, 1998):

- - Quartzo: Apresenta-se formando fitas, com abundante extinção ondulante, bandas de deformação e formação de subgrãos por recristalização.
 - Ortoclásio: os cristais estão presentes na rocha como porfiroclastos xenomórficos, com hábito alongado. Alguns cristais apresentam intercrescimento de quartzo e inclusões deste.
- - Microclina: formam cristais xenomórficos e hipidiomórficos, com geminação tartan, que ocasionalmente apresenta-se distorcida. Alguns cristais apresentam-se sericitizados.
 - Plagioclásio: apresenta-se como cristais xeno a hipidiomórficos, suave extinção ondulante. Pode ser observado, por vezes, que alguns cristais apresentam-se sericitizados.
 - Hornblenda / biotita: cristais xenomórficos a hipidiomórficos, alterando-se para biotita. Observam-se cristais de biotita envolvendo o núcleo dos cristais de hornblenda.
 - Zircão: apresenta-se em pequenos cristais hipidiomórficos prismáticos curtos.
 - Apatita (traços): presente como prismas curtos subédricos, inclusos no quartzo.
 - Opacos: xeno a hipidiomórficos.
 - Sericita (traços): presente como produto de alteração do plagioclásio e microclina, podendo aparecer em fraturas, ou disseminada.
 - Titanita (traços): apresenta-se em pequenos cristais hipidiomórficos.

Conforme a descrição do gnaíse Olho de Pombo, para o material Pinta rosa é muito semelhante. A única diferença, a nível macroscópico é a tonalidade rosa do ortoclásio.

9.3.3 Índices Físicos

Nos cálculos das médias foram utilizadas 10 amostras, e no caso do material Pinta Rosa, duas amostras foram desprezadas, por apresentarem resultados anômalos (Oliveira,1998). O autor utilizou a norma ASTM-C97 para a execução dos ensaios.

Amostra	Peso Específico (g / cm ³)		Absorção d'água(%)		Porosidade Aparente(%)	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Pinta Rosa	2,71	0,015	0,63	0,08	1,72	0,21
Olho de Pombo	2,70	0,015	0,39	0,04	1,06	0,10

Tabela 6a Índices Físicos (extraído de Oliveira, 1980).

Amostra	Peso Específico (g / cm ³)	Absorção d'água(%)	Porosidade Aparente(%)
	Média	Média	Média
Olho de Pombo e Pinta Rosa	2,70	0,49	1,32

Tabela 6b Índices Físicos analisados pelo INT (1999).

Os índices físicos fornecem uma idéia da incidência de microdescontinuidades nas rochas. Os valores de absorção d'água e porosidade são bem correlacionados com os de resistência mecânica da rocha.

Para um mesmo tipo litológico, quanto maior o peso específico aparente, menores os valores porosidade e a absorção d'água. Uma rocha mais porosa absorverá mais água e seus minerais serão mais susceptíveis ao ataque pela água e por outros agentes químicos.

Para um mesmo tipo de rocha, aquela que for mais porosa, apresentará os menores valores de resistência a esforços mecânicos.

O coeficiente de absorção d'água constitui, por sua vez, elemento de avaliação preliminar de compactação, resistência e durabilidade da rocha, sendo um fator decisivo

na escolha do material para usos que envolvam prolongados contatos com as intempé-ries, com as águas meteóricas ou com a umidade do solo.

Nos países do Hemisfério Norte, ou de clima frio, a porosidade da rocha e seu coeficiente de absorção d'água são fatores importantes a se considerar, pois, como a água experimenta, ao congelar-se, um aumento de volume da ordem de 10%, rochas muito porosas ou com índices de absorção d'água superiores a 0,5% (segundo a norma DIN 52106) não são considerados de utilização recomendável, exigindo-se, para seu emprego, ensaios de gelividade.

Segundo os resultados dos ensaios, e comparando-se o quadro 3 e as tabelas 1 e 2, podemos concluir:

- Nos ensaios executados pelo INT (1999), os resultados não são discriminados entre os tipos Olho de Pombo e Pinta Rosa, dando um resultado um pouco diferente dos ensaios realizados por Oliveira (1998). Cabe ressaltar que, fazendo-se a média dos resultados dos ensaios de Oliveira (1998) para os dois materiais, chega-se próximo ao resultado encontrado pelo INT (1999).
- O peso específico dos materiais esta dentro dos limites considerados bons, de acordo com as comparações feitas.
- Os valores de absorção d'água do gnaisse Olho de Pombo é considerado excelente, enquanto o valor do gnaisse Pinta Rosa esta acima das médias normais, e semelhantes aos materiais italianos conhecidos como Pórfido (muito utilizado para pavimentação externa) e Travertino Romano (tabela 2).
- Os valores de porosidade aparente de ambos os materiais estão acima da média, o que pode provocar um decréscimo da resistência mecânica da rocha. Apenas para o gnaisse Pinta Rosa os valores de porosidade e absorção d'água estão elevados, tornando os minerais da rocha mais susceptíveis ao ataque pelas águas e outros agentes químicos.

De acordo com os resultados dos ensaios de índices físicos, os materiais Olho de Pombo e Pinta Rosa estão de acordo com as rochas comercializadas nos mercados interno e externo. No caso de problemas de porosidade/absorção, há soluções tecnológicas de baixo custo, tais como: resinagem (feita na chapa serrada bruta) ou impermeabilização (feita na chapa polida, ou no material assentado). Estas técnicas, além de serem de fácil utilização e baixo custo, podem realçar a estrutura e cor da rocha.

9.3.3 Dilatação Térmica Linear

Amostra	Dilatação Térmica (10-6mm/m°C)	
	Média	Desvio
Olho-de-Pombo	9,99	0,98
Pinta Rosa	10,09	0,71

Tabela 7 Resultados dos ensaios de dilatação térmica linear (extraído de Oliveira, 1998).

Este ensaio é importante para o emprego do material em revestimentos internos e externos. É necessário definir as juntas de dilatação, que devem ser implantadas junto com os painéis e ladrilhos, influenciando na escolha do processo de ancoragem das placas.

Deve ser cuidadosamente considerado quando as placas da rocha estiverem expostas ao sol, ou sujeitas a grandes oscilações de temperatura, tais como ciclos de congelamento/degelo.

Os resultados dos ensaios estão dentro dos valores indicados pelo quadro 3, entretanto em relação a tabela 3 (produtos italianos), estes valores estão próximos à Basaltina de Bagnoregio (basalto), que é muito utilizado para pavimentação externa.

9.3.4 Resistência à Compressão Uniaxial e Módulo de Deformabilidade Estático

Este ensaio é executado de acordo com as recomendações da ASTM-C170, onde além de se obter a tensão de ruptura (σ) e módulo de deformabilidade estático (E), foi possível definir o coeficiente de Poisson (η) (Oliveira, 1998).

Amostra	Resistência à Compressão Uniaxial(MPa)		Módulo de deformabilidade E- stático (a 50% da carga de ruptura) ($\times 10^{-4}$ MPa)		Coeficiente de Poisson	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Pinta Rosa	160,56	5,65	3,17	0,17	-0,34	0,16
Olho-de-Pombo	99,63	6,40	1,21	0,05	-0,09	0,02

Tabela 8 Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformabilidade estática (extraído de Oliveira, 1998).

O valor da resistência à compressão deve ser conhecido sempre que a rocha tenha que suportar cargas elevadas, tanto em sua própria utilização, quanto durante o transporte e armazenamento.

Os valores de resistência à compressão do gnaiss Pinta Rosa (tabela 8) estão dentro dos parâmetros do quadro 3 e da tabela 2, e muito próximos ao valor do Serizzo (tabela 3), que é uma rocha do norte da Itália, muito parecida com o gnaiss Olho de Pombo, quando serrado em tear e polido.

Já o gnaiss Olho de Pombo apresentou valores abaixo das médias da ASTM (tabela 2), mas está acima do material italiano conhecido como Travertino Romano, utilizado em grande escala para revestimento de fachadas internas (tabela 3).

9.3.5 Resistência à Flexão

Este ensaio é realizado de acordo com as diretrizes da norma ABNT NBR 12763, sendo que as cargas foram aplicadas perpendicularmente à foliação da rocha, tentando representar as condições de uso do revestimento (Oliveira, 1998).

Amostra	Resistência à Flexão (MPa)	
	Média	Desvio
Olho-de-Pombo	17,86	0,80
Pinta Rosa	20,51	1,73

Tabela 9 Resultados dos ensaios de resistência à flexão (extraído de Oliveira, 1998).

Os resultados dos ensaios de resistência à flexão para os materiais estão coerentes com o quadro 3 e com as tabelas 2 e 3, e muito próximos aos valores do Serizzo Formazza.

9.3.6 Resistência ao Impacto de Corpo Duro

Como os materiais de Santo Antônio de Pádua são utilizados em placas de 11,5 cm x 23 cm x $1,5 \pm 0,3$ cm, o autor definiu que seria melhor ensaiá-los nas reais condições de uso (Oliveira, 1998).

Amostra	Impacto (cm)	
	Média	Desvio
Olho-de-Pombo	30	8,16
Pinta Rosa	25	4,08

Tabela 10 Resultados dos ensaios de resistência ao impacto de corpo duro (extraído de Oliveira, 1998).

Devido ao ensaio não ter sido executado dentro da norma ABNT NBR 12764, os resultados obtidos foram baixos, em relação à tabelas 2 e 3, e ao quadro 3, por se tratarem de amostras de dimensões menores que a normalização sugere. Portanto, fica muito difícil interpretar comparativamente estes resultados, podendo induzir a erros na indicação da melhor utilização dos materiais.

9.3.7 Resistência ao Desgaste Amsler

Este ensaio foi realizado pelo INT, com corpos de prova normalizados pelo ensaio Amsler, obtendo-se os seguintes resultados:

Amostra	Resistência ao Desgaste	
	Desgaste a 500 metros (em mm)	Desgaste a 1000 metros (em mm)
Olho de Pombo e Pinta Rosa	1,20	2,20

Tabela 11 Resultados do ensaio de resistência ao desgaste Amsler (extraído do INT, 1999).

Com os resultados acima, pode-se afirmar que os resultados dos ensaios de resistência à abrasão, dos materiais Olho de Pombo e Pinta Rosa, estão acima da média do quadro 3 e da tabela 2. Isto quer dizer que os materiais podem se desgastar mais rapidamente que outros materiais do mercado. Entretanto, cabe ressaltar que qualquer material é passível de receber tratamento, que possibilite sua aplicação como pisos, fachadas, mesas, pias, etc.

10 Conclusões

Os resultados dos estudos e das análises técnicas realizadas neste trabalho de pesquisa do Departamento de Geologia, IGEO, UFRJ, demonstram que estes materiais,

extraídos na região de Santo Antônio de Pádua, tem grande potencial econômico e mercadológico, para serem utilizados como rocha ornamental.

Apresentam um ótimo padrão estético, podendo ser um material com boa penetração no mercado interno, a princípio. Além disso, a interpretação dos ensaios deixou claro que estes materiais possuem características adequadas à sua aplicação, sendo que pequenas restrições podem ser solucionadas através de técnicas simples e de baixo custo.

11 Referências

- Alencar, C.R.A.; Caranassios, A & Carvalho, D. 1995. Tecnologias de Lavra e Beneficiamento de Rochas Ornamentais. Federação das Indústrias do Estado do Ceará – Instituto Euvaldo Lodi – IEL/CE. Fortaleza.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas.1992. Rochas para revestimento: análise petrográfica. NBR-12.678. Rio de Janeiro. 2p.
- .1992. Rochas para revestimento: Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. NBR 12764. Rio de Janeiro. 3p.
- .1992. Rochas para revestimento: Determinação da resistência à flexão. NBR 12763. 3p.
- .1992. Rochas para revestimento: Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear. NBR 12765. 3p.
- .1992. Rochas para revestimento: Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. NBR 12766. 2p.
- .1992. Rochas para revestimento: Determinação da resistência à compressão uniaxial. NBR 12767. 2p.
- .1992. Rochas para revestimento: Ensaio de congelamento e degelo conjugado à verificação da resistência à compressão. NBR 12769. 2p.
- .1992. Materiais inorgânicos. Determinação de desgaste por abrasão. NBR 12042. 3p.
- Corbella & Zini .1997. Il Porfido. Triveneto Reporter, anno VII, nº 31. *Annual Stones*, nº 2. Antonio Zoppas Editore. Itália.
- Frazão, E. B. & Farjallat, J.E.S. 1994. Características Tecnológicas dos Granitos Brasileiros. *Revista Rochas de Qualidade*, 116: 94-98.
- Mapa Geológico e Texto Explicativo. Convênio DRM-GEOSOL. Niterói.

- Hibbard, M.J. 1995. *Petrography to Petrogenesis*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 608 p.
- Frazão, E.B. 1993. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais. Separata do Catálogo de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, São Paulo p. 12-21.
- Grossi Sad, J.H. & Donadello Moreira, M. 1980. Geologia e Recursos Minerais da Folha Santo Antônio de Pádua, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1977) Geografia do Brasil. Rio de Janeiro.
- Oliveira, T.M.A. 1998. *Avaliação Técnico-Econômico da Extração de rocha Ornamental no Município de Santo Antônio de Pádua*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências. 157 p.
- RADAMBRASIL. 1983. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Rio de Janeiro, 775 p.
- Silva, R.E.C. 1999. *Estudo geológico-técnico-ambiental de uma pedreira de rocha ornamental no município de Santo Antônio de Pádua – Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, UFRJ, Outubro de 1999, 140 p.
- Vidal, F.W.H. 1995. *A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará*. São Paulo. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas. 178 p.