

## PROBLEMAS EM INTERVENÇÕES NO PATRIMÔNIO HISTÓRICO NACIONAL SEM CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

<sup>1</sup>R.E.C. da Silva, <sup>1</sup>R. C. C. Ribeiro

**RESUMO** - Temos assistido um grande interesse na investigação de materiais compatíveis à conservação e restauração de edificações históricas, com o objetivo de evitar intervenções radicais, perdas e danos às valiosas estruturas patrimoniais. No caso de prédios tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Arqueológico Nacional – IPHAN, os cuidados são tomados desde a coleta da amostra para caracterização tecnológica até a escolha criteriosa de materiais iguais ou substitutos com as mesmas características. O exemplo que estudamos refere-se a um prédio histórico localizado na cidade do Rio de Janeiro, cujo revestimento de rocha ornamental da parte externa inferior havia sido retirado, e deveria ser substituído por outro igual. A equipe do CETEM coletou duas amostras, uma do material original, e outra do material escolhido como substituto, com base na semelhança visual. O trabalho foi executado por interesse da equipe, sem a solicitação formal do proprietário do prédio, que considerou a caracterização uma etapa desnecessária. Os dois materiais foram submetidos aos seguintes ensaios: petrografia, índices físicos, alterabilidade (névoa salina e umidade) e análise química. Os resultados foram muito diferentes entre os dois materiais. Na petrografia pode-se observar que as rochas são de origens, granulação e composição diferentes. Na análise química as composições são diferentes. Os valores dos índices físicos absorção d'água e porosidade do material original são 1,62 % e 0,61 % respectivamente, três vezes maiores quando comparados ao substituto 0,53 % e 0,20 % respectivamente. Esse fato poderá comprometer a estética da edificação em um futuro próximo, uma vez que a rocha escolhida como substituta não se comportará como a aplicada anteriormente, resultando em diferentes tonalidades.

**Palavras-chave:** Restauração; caracterização tecnológica; petrografia.

---

<sup>1</sup>Coordenação de Apoio Tecnológico a Micro e Pequenas Empresas – CATE, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, [rcoppede@cetem.gov.br](mailto:rcoppede@cetem.gov.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Temos assistido um grande interesse na investigação de materiais compatíveis à conservação e restauração de edificações históricas, com o objetivo de evitar intervenções radicais, perdas e danos às valiosas estruturas patrimoniais.

No caso de prédios tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Arquitetônico Nacional – IPHAN, os cuidados são tomados desde a coleta da amostra para caracterização tecnológica até a escolha criteriosa de materiais iguais ou substitutos com as mesmas características.

A caracterização tecnológica das rochas é de grande importância para as intervenções de restauro, pois permite o conhecimento dos danos, as possíveis causas, o que facilita a proteção e restauração. Os casos de sucesso com participação do CETEM foram as intervenções do Cristo Redentor e Teatro Municipal.

## 2. OBJETIVOS

O exemplo que estudamos refere-se a um prédio histórico localizado na cidade do Rio de Janeiro, cujo revestimento de rocha ornamental da parte externa inferior havia sido retirado, e deveria ser substituído por outro igual.

## 3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram analisadas duas amostras de rochas, que foram fornecidas pela empresa responsável pela restauração da fachada do imóvel: uma da rocha original e outra da rocha substituta escolhida visualmente.

Foram feitas as seguintes análises: índices físicos (densidade, porosidade e absorção d'água), petrografia e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), juntamente, com a espectroscopia de energia dispersa de raios-X (EDS).

### 3.1. Índices Físicos

São denominados índices físicos da rocha as propriedades de massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água.

Para determinação dos índices físicos são utilizados 10 fragmentos de rocha com 5 a 7 cm de diâmetro, os quais são pesados ao ar, após secagem em estufa a  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  (peso A), após saturação em água por 48 h (peso B) e na condição submersa, após saturação (peso C), segunda as diretrizes da norma NBR 12766.

Os valores são obtidos através das seguintes expressões:

- Massa específica aparente seca:  $\frac{A}{B - C} \text{ kg.m}^{-3}$

- Massa específica aparente saturada:  $\frac{B}{B - C} \text{ kg.m}^{-3}$

- Porosidade aparente:  $\frac{B - A}{B - C} \times 100$

- Absorção d'água:  $\frac{B - A}{A} \times 100$

### 3.2. Petrografia

A análise petrográfica consiste na identificação detalhada dos constituintes da rocha, na avaliação das implicações de suas propriedades no comportamento posterior de produtos elaborados. É realizada a partir do exame macroscópico, feito com amostras de mão, podendo ser auxiliado por um estereomicroscópio (ou lupa), e do exame microscópico ótico, por luz transmitida, em fatias de rocha (lâminas delgadas), expostas em áreas de

aproximadamente 4,0 x 2,5 mm, e espessuras da ordem de 0,03 mm. Complementarmente, para rochas contendo minerais metálicos não transparentes (caso de vários sulfetos e óxidos, como pirita, calcopirita, magnetita, ilmenita, etc), o exame microscópico é realizado sob luz refletida, a partir de corpos de prova (seções polidas), representando fragmentos rochosos extremamente bem polidos, em abrasivos à base de diamante.

Utilizam-se também, como técnicas auxiliares, ensaios de coloração seletiva de minerais, especialmente em rochas de granulação grossa, de modo a realçar as feições estruturais, e melhor avaliar sua composição mineralógica. São ainda muito utilizadas técnicas de difração ou difratometria de raios x, para identificação de minerais criptocristalinos não-identificáveis por via óptica.

Para a execução das análises petrográficas a norma recomendada é a ABNT NBR 12678.

### 3.3. Alterabilidade

Os ensaios de alterabilidade utilizados para este estudo foram os seguintes:

#### Névoa Salina

O ensaio de névoa salina ou salt spray test é um ensaio comparativo. Para execução do teste é necessária uma câmara a qual simula um ambiente marinho severo, com concentração de sal e temperatura controlados. Tal câmara denomina-se Câmara de Névoa Salina (CNS) e é padronizada por normas nacional (ABNT – NBR 8094) e internacional (ASTM B117 e DIN 50.021).

#### SO<sub>2</sub>

Este ensaio procura simular a atmosfera de uma região industrial altamente poluída com gás anidro sulfuroso, também conhecido como dióxido de enxofre.

#### Umidade

Estes ensaios tentam reproduzir, no laboratório, a alteração do material provocada pelas variações da umidade e da temperatura da rocha no campo. O ensaio de ciclagem mais comum é o de umedecimento em água natural ou destilada seguido de secagem ao ar ou em estufa. O tempo necessário para o umedecimento e para a secagem do material depende do tipo da rocha, podendo ser previamente definido através das curvas de variação de umidade com o tempo, obtidas a partir de ensaios de absorção e de secagem (Frazão, 1993). As curvas possibilitam a definição dos tempos mínimos de umedecimento e de secagem que melhor representem os estados saturado e seco do material.

### 3.4. MEV e EDS

As amostras a serem analisadas foram fixadas em superfície adesiva condutora e recobertas com aproximadamente 20 nm de ouro, em *sputter coater* BAL-TEC, modelo SCD 005, de modo a torná-las condutoras, adequando-as a análise ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

O MEV utilizado foi um FEI Quanta 400, equipado com sistema de microanálise por espectrometria de raios X (EDS) Bruker Xflash 4030 com detector SDD (*Silicon Drift Detector*), pertencente ao CETEM.

As análises foram executadas com 25kV de tensão de aceleração de elétron, e analisadas no MEV através de imagens formadas pelo detector de elétrons secundários (ETD, na faixa de dados das imagens).

### 3.5. Preparação das Amostras

As amostras foram divididas conforme a figura abaixo.



Figura 1 - Amostras entregues ao CETEM e preparadas.

Para os índices físicos, a petrografia e os ensaios de alterabilidade foram utilizados as amostras original e substituta.

A preparação das amostras para o MEV/EDS foi britada, moída e peneirada a seco. Primeiramente, as placas das amostras foram britadas e, em seguida, levadas para a moagem, com o auxílio de um pulverizador (*Fritsch*). Foram adicionadas pequenas quantidades de amostras no recipiente do pulverizador (feito de titânio para evitar qualquer tipo de contaminação das amostras), nas seguintes condições: rotação de 400 rpm, durante 2 minutos. Depois de retiradas, as amostras moídas eram dispostas em duas peneiras de 2,360 mm (para retirar as bolas de titânio do pulverizador) e 0,149 mm, respectivamente, e levadas para o *Ro-tap*, aparelho de agitação, onde ficaram por cerca de 10 min, para que houvesse a total separação da amostra nas peneiras. A quantidade de amostra retida acima de 0,149 mm retornava para o pulverizador. Quando toda a amostra se encontrasse abaixo de 0,149 mm, a mesma era homogeneizada, e posteriormente era retirada uma amostra para a análise de MEV e EDS.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela I, a seguir, apresenta os resultados dos ensaios de petrografia, índices físicos e alterabilidade das amostras, quais sejam.

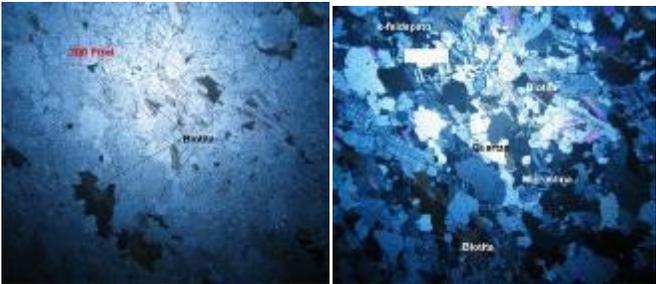
| <b>Amostra</b>                        | <b>Original</b>  |      | <b>Substituta</b>  |             |
|---------------------------------------|--|------|--|-------------|
| <b>Parâmetros</b>                     |  |      |  |             |
| Cor                                   | Cinza clara, leucocrática  |      | Cinza, leucocrática  |             |
| Estrutura                             | Levemente foliada  |      | Foliação bem marcada por micas   |             |
| Textura                               | Inequigranular e micrografica  |      | Inequigranular, anhedral, mirmequítica   |             |
| Granulação                            | Média  |      | Fina   |             |
| Assembleia mineralógica               | k-feldspato + microclina (40%), plagioclásio (25%), quartzo (20%), biotita (7%), granada (3%), opacos (3%), acessórios (2%).                         |      | k-feldspato + microclina (50%), plagioclásio (10%), quartzo (25%), biotita (10%), opacos (3%), acessórios (2%).                                      |             |
| Microfissuramento e alteração         | plagioclásio apresenta saussuritização, alterando para muscovita e carbonato; microfissuras nos cristais de plagioclásio e k-feldspato               |      | apresenta microfissuras nos cristais de plagioclásio e k-feldspato   |             |
| Natureza da rocha                     | Ortoderivada   |      | Paraderivada   |             |
| Classificação da rocha                | Granito  |      | Gnaiss   |             |
|                                       |  <p>Fotomicrografias com luz transmitida e com luz polarizada.</p> |      |  <p>Fotomicrografia com luz transmitida e com luz polarizada.</p> |             |
| <b>Índices Físicos</b>                |  |      |  |             |
| Massa específica (kg/m <sup>3</sup> ) | 2658,24  |      | 2658,04  |             |
| Porosidade aparente (%)               | 1,62   |      | 0,53   |             |
| Absorção de água (%)                  | 0,61   |      | 0,20   |             |
| <b>Alterabilidade</b>                 | Massa Inicial  |      | Massa Inicial  | Massa Final |
|                                       | Massa Final  |      |  |             |
| Névoa Salina                          | 4,36   | 4,33 | 30,27  | 30,27       |
| SO <sub>2</sub>                       | 3,81   | 3,81 | 29,44  | 29,44       |
| Umidade                               | 6,23   | 6,22 | 28,04  | 28,03       |
| Observações                           | Não houve perda de massa significativa   |      |  |             |

Tabela I - Resultados dos ensaios de petrografia, índices físicos e alterabilidade das amostras.

## Análise do MEV e EDS

Para ilustrar as análises realizadas foram escolhidas as amostras (Figuras 4, 5, 6 e 7). Os principais minerais componentes das rochas são: quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), plagioclásio  $\{(\text{Ca},\text{Na})\text{Al}(\text{Al},\text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8\}$ , feldspato ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), mica  $\{\text{K}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{6-4}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Ti})_{0-2}\text{Si}_{6-5}\text{Al}_{2-3}\text{O}_{20}(\text{OH}, \text{F})_4\}$

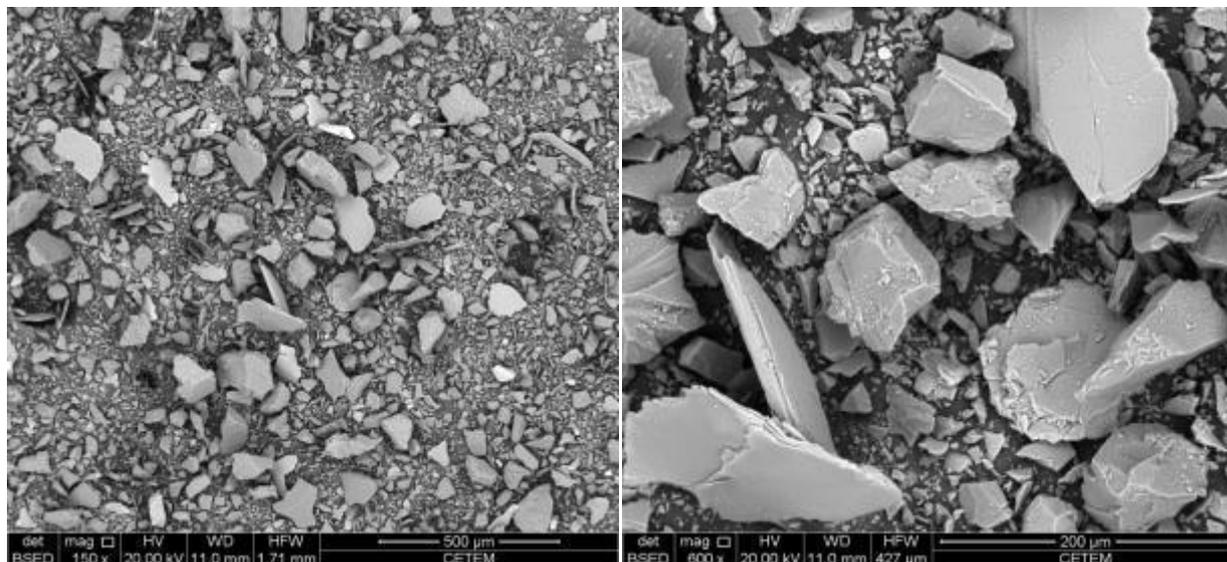


Figura 4 - Resultado das imagens obtidas no MEV para a amostra original.

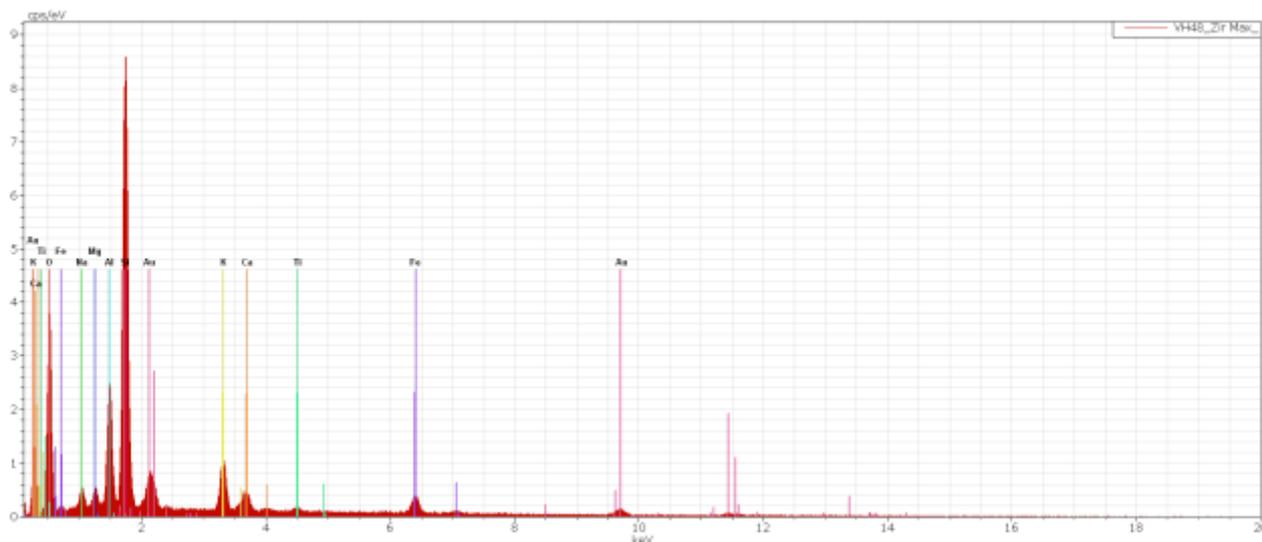


Figura 5 - Resultado das imagens obtidas no EDS para a amostra original.

Na Figura 4 podemos observar alguns cristais componentes da rocha fragmentados pela preparação da amostra, com aumentos de 150x e 600x. São cristais de quartzo, feldspato, plagioclásio e biotita. Na Figura 5 podemos observar os picos de do silício (Si) e do oxigênio (O), que formam a sílica ( $\text{SiO}_2$ ). Destacam-se também

os picos do potássio (K) do feldspato, do alumínio (Al) do feldspato e plagioclásio, cálcio (Ca) e sódio (Na) do plagioclásio, ferro (Fe) e titânio (Ti) da mica.

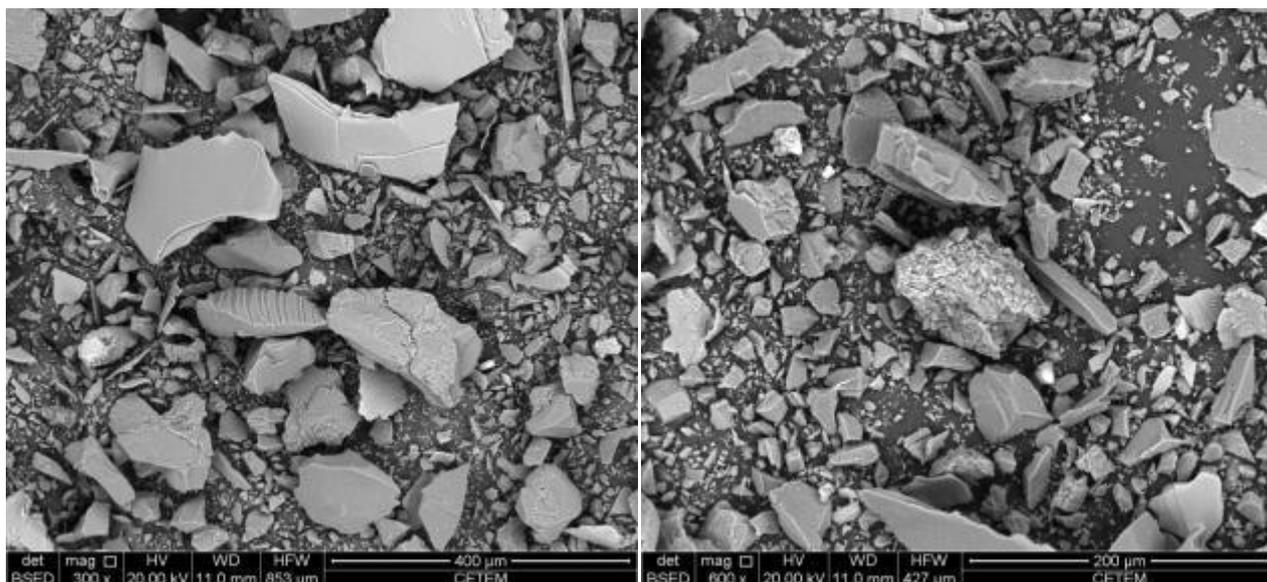


Figura 6 - Resultado das imagens obtidas no MEV para a amostra substituta.

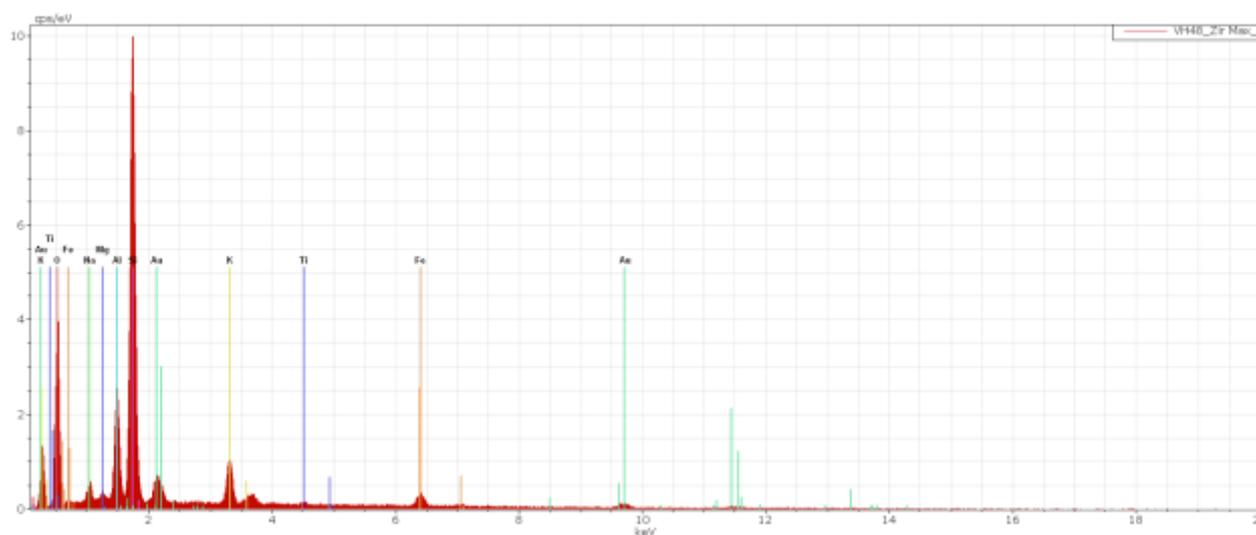


Figura 7 - Resultado das imagens obtidas no EDS para a amostra substituta.

Na figura 6 podemos observar alguns cristais componentes da rocha fragmentados pela preparação da amostra, com aumentos de 300x e 600x. São cristais de quartzo, feldspato, plagioclásio e biotita. Na Figura 7 podemos observar os picos de do silício (Si) e do oxigênio (O), que formam a sílica ( $\text{SiO}_2$ ). Destacam-se também os picos do potássio (K) do feldspato, do alumínio (Al) do feldspato e plagioclásio, sódio (Na) do plagioclásio e ferro (Fe) da mica.

A rocha original da fachada possui grã mais grossa, e composição mineralógica um pouco diferente da amostra substituta, pela presença de granada. No caso em estudo a presença da granada indica origem ígnea para a rocha. Já a amostra substituta indica tratar-se de rocha metamórfica pela orientação das plaquetas de biotita conforme consta na descrição.

Apesar das semelhanças visuais destas duas rochas, a origem é diferente. Cada rocha se comporta de maneira diferente diante do intemperismo natural e da técnica de assentamento utilizada para sua fixação.

O ideal é visitar juntamente com um especialista (geólogo) algumas marmorarias no Rio de Janeiro e no Espírito Santo a fim de obter um material igual ou o mais próximo possível do original.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992. Rochas para Revestimento: Análise Petrográfica. NBR-12.678. Rio de Janeiro. 2p.

\_\_\_\_\_. 1992. Rochas para Revestimento: Determinação da Massa Específica Aparente, Porosidade Aparente e Absorção d'água Aparente. NBR 12766. 2p.

Frazão, E.B. 1993. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais. Separata do Catálogo de Rochas Ornamentais do Espírito Santo, p. 12-21. São Paulo.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS. 1974. Suggested Methods for Determining the Slacking, Swelling, Porosity, Density and Related Rock Index Properties. Lisboa: ISRM Commission on Standardization on Laboratory and Field Tests, 45p.