

ROCHAS ORNAMENTAIS DA REGIÃO NORDESTE: PROPRIEDADES FÍSICO – MECÂNICAS

Felisbela Maria da Costa Oliveira^{1*}, Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros^{2*}, José Lins Rolim Filho^{3*}, Evenildo Bezerra de Melo^{4*}, Júlio César de Souza^{5*}, Gabrielle Sousa e Silva^{6*} e Juzilene Kalline Menezes^{7*}

^{1*,3*,4*,5*}DSc., DEMINAS/UFPE

^{2*}MSc., DEMINAS/UFPE

^{6*,7*}Graduanda, DECIVIL/UFPE

*Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 – Cidade Universitária – 50.670-901 – Recife – PE

Fone: (81) 3271-8245/3271-8246 – E-mail: mlbarros@npd.ufpe.br; jcsouza@npd.ufpe.br

RESUMO

Foram estudadas quatorze (14) amostras de rochas ornamentais, provenientes de cinco Estados do Nordeste: Alagoas, uma (01) Amostra; Bahia, uma (01) amostra; Paraíba, seis (06) amostras; Pernambuco, cinco (05) amostras, e Rio Grande do Norte uma (01) amostra. Foram determinados os índices físicos destas rochas. Estes ensaios foram realizados segundo norma da ABNT, a NBR N^o 12.766, e em seguida foram determinadas algumas propriedades mecânicas: Resistência à compressão simples ou uniaxial, com aplicação do esforço normal e esforço paralelo ao plano de fraqueza (NBR N^o 12.767); Resistência à tração por flexão (NBR N^o 12763,); Abrasividade através do ensaio de Desgaste Amsler a 500m e a 1000m (NBR N^o 12042).

INTRODUÇÃO

Necessita-se de informações técnicas, que possam orientar engenheiros, arquitetos, sobre uma melhor utilização das rochas ornamentais. Este trabalho visa suprir esta lacuna. Foram estudadas as características físico-mecânicas das amostras.

As rochas ornamentais comercialmente mais importantes são os "granitos". Certos "granitos" ornamentais do Brasil são famosos até no exterior. Além de ter beleza visual, são as rochas mais resistentes, não perdendo o brilho de polimento durante longos anos. Desta forma, desde os tempos antigos os "granitos" são tratados como material de luxo na construção. Sobretudo, os "granitos" coloridos são muito procurados no mercado. Como por exemplo, as tumbas dos faraós das pirâmides do Egito foram construídas com "granitos" e o corpo principal das pirâmides, com calcários.

Na região Nordeste, o mercado de rochas ornamentais tem se mostrado rápido e lucrativo. A extração, principalmente de granito, no Nordeste teve seu primeiro estímulo depois da segunda guerra mundial, concorrendo com rochas do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina além das rochas importadas. No entanto em nosso estado e em todo Brasil, o critério decisivo na escolha de determinada rocha tem sido essencialmente o custo e a estética da mesma, não se levando em consideração suas características físicas-geomecânicas e petrográficas. Daí a relevante importância deste trabalho.

A determinação de índices físicos e de parâmetros geomecânicos das rochas é de

fundamental importância quando da utilização deste material. Sendo as rochas um produto de origem natural cuja fabricação/formação não pode ser do ponto de vista da qualidade controlada pelo homem e, considerando também, que os volumes de material pétreo utilizado em obras de engenharia são de grande monta, faz-se necessário o perfeito conhecimento de suas características porque, apenas desse modo, poder-se-á garantir a melhor utilização de tal material, levando-se em conta o trinômio qualidade-durabilidade-preço.

A falta de conhecimento e disponibilidade de dados físicos e parâmetros mecânicos das rochas ornamentais da Região Nordeste, torna impossível a sua utilização plena no sentido de sua melhor adequação de uso.

Sabe-se que valores elevados de porosidade e absorção prejudicam o emprego da rocha como placa de revestimento em pisos e paredes externas. Valores elevados de absorção (> 0.4%) causam o manchamento das placas pela água de amassamento da argamassa.

Os dados obtidos dessas pesquisas poderão subsidiar projetos de construção civil onde a utilização desse tipo de revestimento se fizer presente garantindo o seu perfeito assentamento e bom acabamento e também a durabilidade.

Os valores dos pesos específicos colaboram para o cálculo da carga estrutural principalmente em edifícios de grande altura onde também as resistências à flexão e à tração têm grande importância. Isto posto, considerando-se o aspecto estético onde o que importa é, principalmente, a beleza do revestimento, negligenciando-se, na maioria das vezes o trinômio supracitado, o conhecimento dos índices físicos, e também os aspectos de corte e polimento das placas pétreas permitem diminuir os efeitos nefastos do meio ambiente de grandes centros urbanos onde há a emissão de gases agressivos que, combinados à água da chuva, produzem ácidos que causam alterações nas placas pétreas de revestimento. Estas modificações prejudicam o aspecto visual da fachada e comprometem também a estabilidade/destacamento da fixação das placas pétreas que pode se traduzir em falta de segurança para os usuários da edificação.

Assim sendo o conhecimento das propriedades das rochas ornamentais aferidas através de ensaios de laboratório dessas mesmas rochas, compilados em um banco de dados possibilita o melhor uso conciliando mutuamente

aspectos estéticos/arquitetônicos, resistência mecânica e durabilidade.

Atualmente os critérios primordiais na escolha de determinada rocha para fins ornamentais tem sido essencialmente o custo e a estética da mesma. Sendo as rochas um produto de origem natural cuja formação não pode ser qualitativamente controlada pelo homem, faz-se necessário o perfeito conhecimento de suas características porque apenas desse modo será possível garantir a melhor utilização, levando-se em conta a qualidade, a durabilidade e o preço. A determinação de índices físicos serve-nos para determinar a melhor utilização deste material.

LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras foram recolhidas em cinco Estados Nordestinos, com uma predominância maior dos Estados da Paraíba com seis amostras e de Pernambuco com cinco amostras, havendo uma ausência de amostras dos Estados do Ceará, do Sergipe, Maranhão e Piauí, conforme Tabela 1.

TABELA 1 – Localização das amostras por Estado

| Amostras | Estado | Município | Localidade | Nome Comercial |
|----------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| A – 01 | Alagoas | Maceió | Saúde | Granito Havana |
| B – 01 | Bahia | Planaltina | ----- | Granito Verde Laguna |
| C – 01 | Paraíba | Messias Targino | Serra da Flor | ----- |
| C – 02 | Paraíba | Messias Targino | Fazenda Camuru | Verde Fuji |
| C – 03 | Paraíba | Santa Luzia | Faz. Santa Clara | Verde Rey Imperial |
| C – 04 | Paraíba | São Mamede | ----- | Granito Roséo Pálido |
| C – 05 | Paraíba | Santa luzia | Faz. Santa Clara | Juparaíba |
| C – 06 | Paraíba | Picuí | ----- | Caramelo Picuí |
| D – 01 | Pernambuco | Garanhuns | Aline | Granito Rosa Imperial |
| D – 02 | Pernambuco | Jupí | Boi Morto | Granito Ouro Branco |
| D – 03 | Pernambuco | Timbaúba | ----- | Preto Nobre |
| D – 04 | Pernambuco | Gravatá | Cachoeira de Gravatá | Granito Branco Gravatá |
| D – 05 | Pernambuco | Gravatá | Cachoeira de Gravatá | Granito Preto |
| E – 01 | Rio Grande do Norte | Lages | Fazenda Tapuyo | Granito Grampôla |

DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES FÍSICOS

No material objeto desta pesquisa, a determinação dos índices físicos (massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente) foram realizados segundo a norma NBR 12.766, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Na Tabela 2 estão apresentados os dados obtidos nas determinações dos pesos específicos secos e pesos específicos saturados aparentes,

absorção aparente e porosidade aparente, das amostras.

Os dados apresentados nestas tabelas, representam uma média de valores, para cada uma das propriedades índices. Foram realizados em média de 10 determinações para cada amostra de acordo com a norma NBR 12.766.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

As amostras, todas com relação de dimensões 1:1:1 em torno de $\cong 80,0$ mm, foram colocadas na relação altura – base quadrangular entre 1,0 e 2,0, isto atende as condições do material disponível para amostragem. As amostras foram cortadas com serra de disco adiamantado, no Laboratório de Tecnologia Mineral (DEMINAS) da UFPE,

As extremidades dos corpos de prova foram aplanadas perpendicularmente aos eixos das peças, nos limites recomendados pela norma (NBR 12.767), ou seja, as irregularidades do topo e da base, não ultrapassem a $\pm 0,01$ mm e os ângulos formados entre as bases e a geratriz dos corpos cilíndricos, sejam de $(90 \pm 3)^\circ$.

TABELA 2 – Peso Específico seco aparente, Peso Específico saturado aparente, Porosidade aparente e, Absorção aparente das amostras

| Amostras | Peso Específico seco aparente g/cm ³ | Peso Específico Saturado aparente g/cm ³ | Porosidade η | Absorção α |
|----------|---|---|-------------------|-------------------|
| A – 01 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| B – 01 | 2,631 | 2,640 | 0,832 | 0,316 |
| C – 01 | 2,691 | 2,696 | 0,545 | 0,203 |
| C – 02 | 2,649 | 2,657 | 0,654 | 0,284 |
| C – 03 | 2,610 | 2,620 | 0,630 | 0,250 |
| C – 04 | 2,584 | 2,597 | 1,298 | 0,502 |
| C – 05 | 2,608 | 2,621 | 1,260 | 0,480 |
| C – 06 | 2,606 | 2,620 | 1,332 | 0,513 |
| D – 01 | 2,616 | 2,617 | 0,676 | 0,203 |
| D – 02 | 2,636 | 2,640 | 1,084 | 0,411 |
| D – 03 | 2,766 | 2,771 | 0,511 | 0,184 |
| D – 04 | 2,614 | 2,628 | 1,397 | 0,534 |
| D – 05 | 2,798 | 2,807 | 0,901 | 0,322 |
| E – 01 | 2,612 | 2,623 | 1,134 | 0,434 |

Os ensaios de compressão uniaxial foram realizados em prensas do Laboratório de Estrutura do Dept^o de Engenharia Civil, com as seguintes características: capacidade de carga: 300.000 KN; Tipo de controle do ensaio: carga.

Os ensaios de determinação da resistência à compressão uniaxial, tiveram como ponto de referência, a norma NBR 12.767, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Válida a partir de 29/12/92.

Na Tabela 3, estão representados os valores da resistência à compressão simples das amostras.

Os ensaios foram realizados em duas direções com relação à aplicação da carga: a primeira aplicada à direção normal ao plano de fraqueza; e a segunda aplicada à direção paralela ao plano de fraqueza.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO

As amostras, todas com dimensões de aproximadamente 20 cm x 10 cm x 5 cm. As amostras foram cortadas com serra de disco adiamantado, no Laboratório de Tecnologia Mineral (DEMINAS) da UFPE.

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados em prensas do Laboratório de Estrutura do Deptº de Engenharia Civil, com as seguintes características: capacidade de carga: 30.000 KN; Tipo de controle do ensaio: carga.

TABELA 3 – Resistência à Compressão Simples das amostras

| Amostras | Resistência à Compressão (q_u) MPa Direção normal | Resistência à Compressão (q_u) MPa Direção paralela |
|----------|--|--|
| A – 01 | 138,10 | 138,12 |
| B – 01 | ----- | ----- |
| C – 01 | 153,25 | 158,48 |
| C – 02 | 148,38 | 151,37 |
| C – 03 | 193,18 | 96,98 |
| C – 04 | 100,65 | 98,64 |
| C – 05 | 64,76 | ----- |
| C – 06 | 110,65 | ----- |
| D – 01 | 148,15 | 118,61 |
| D – 02 | 120,89 | ----- |
| D – 03 | 118,34 | ----- |
| D – 04 | 101,70 | 90,39 |
| D – 05 | 110,50 | 96,68 |
| E - 01 | 129,32 | ----- |

Os ensaios de determinação da resistência à flexão, tiveram como ponto de referência, a norma NBR 12.763, da Associação Brasileiras de Normas Técnicas. Válida a partir de 29/12/92.

Na Tabela 4, estão representados os valores da resistência à flexão das amostras.

TABELA 4 – Resistência à Flexão das amostras

| Amostras | Resistência à Flexão MPa Direção normal | Resistência à Flexão MPa Direção paralela |
|----------|--|--|
| A - 01 | ----- | ----- |
| B – 01 | ----- | ----- |
| C – 01 | 31,71 | ----- |
| C – 02 | 24,08 | ----- |
| C – 03 | 17,05 | 12,34 |
| C – 04 | 12,65 | 11,72 |
| C – 05 | 13,34 | ----- |
| C – 06 | 12,07 | ----- |
| D – 01 | 18,07 | 15,32 |
| D – 02 | 17,12 | ----- |
| D – 03 | 16,07 | ----- |
| D – 04 | 18,50 | 13,31 |
| D – 05 | 16,62 | 12,33 |
| E - 01 | 24,57 | ----- |

Os ensaios foram realizados em duas direções com relação à aplicação da carga: a primeira aplicada à direção normal ao plano de fraqueza; e a segunda aplicada à direção paralela ao plano de fraqueza.

DETERMINAÇÃO DA ABRASIVIDADE

As amostras, todas com dimensões de aproximadamente 7,5 cm x 7,5 cm x 2,5 cm. As amostras foram cortadas com serra de disco adiamantado, no Laboratório de Tecnologia Mineral (DEMINAS) da UFPE.

Os ensaios de determinação da abrasividade, tiveram como ponto de referência, a norma NBR 12.042, da Associação Brasileiras de Normas Técnicas. Na Tabela 5, estão representados os valores da abrasividade das amostras.

TABELA 5 – Determinação da abrasividade

| Amostras | 500 metros (mm) | 1.000 metros (mm) |
|----------|-----------------|-------------------|
| A – 01 | 0,381 | 0,487 |
| B – 01 | 0,221 | 0,556 |
| C – 01 | 0,253 | 0,330 |
| C – 02 | 0,230 | 0,495 |
| C – 03 | ----- | 0,870 |
| C – 04 | 0,110 | 0,193 |
| C – 05 | 0,400 | 0,730 |
| C – 06 | 0,083 | 0,115 |
| D – 01 | ----- | ----- |
| D – 02 | 0,183 | 0,390 |
| D – 03 | 0,082 | 0,163 |
| D – 04 | 0,113 | 0,178 |
| D – 05 | 0,048 | 0,174 |
| E – 01 | 0,370 | 0,770 |

RESULTADOS

Os valores do peso específico saturado variam de 2,597 a 2,807 g/cm³, para a porosidade intervalo de 0,511 a 1,397 % e para a absorção 0,184 a 0,534 %. Para a resistência à compressão simples intervalo de 64,76 a 193,18 MPa com aplicação do esforço normal ao plano de fraqueza e de 90,39 a 158,48 MPa com aplicação do esforço paralelo ao plano de fraqueza. Para a resistência à flexão: valores compreendidos entre 12,07 a 31,71 MPa (normal ao plano de fraqueza) e de 11,72 a 15,32 MPa (paralelo ao plano de fraqueza). Para a abrasividade obtida pelo ensaio Amsler temos valores de 0,083 a 0,400 mm a 500m e para 1.000m valores de 0,115 a 0,870 mm.

CONCLUSÕES

Tendo como base dados de ensaios realizados a partir das amostras de rochas recolhidas no campo, nos locais já relacionados e comparando os resultados obtidos com os valores limites estabelecidos pela norma ASTM C 615 e aqueles propostos por Frazão & Farjallat, e também com base nos valores propostos pelo grupo de rochas ornamentais do DEMINAS/UFPE, apenas para propriedades aqui relacionadas, Tabela 6.

TABELA 6 – Valores especificados pela norma ASTM e Sugeridos no Brasil

| PROPRIEDADES | VALORES FIXADOS PELA ASTM | VALORES SUGERIDOS POR FRAZÃO & FARJALLAT | VALORES SUGERIDOS PELO GRUPO DO DEMINAS/UFPE |
|--|---------------------------|--|--|
| Massa específica aparente (g/cm ³) | 2,56 | 2,55 | 2,50 |
| Porosidade aparente (%) | n.e. | 1,0 | 0,70 |
| Absorção d'água aparente (%) | 0,4 | 0,4 | 0,25 |
| Compressão Uniaxial (MPa) | 131,0 | 100,0 | 80,0 |
| Flexão (MPa) | 10,34 | 10,00 | 10,0 |
| Desgaste (mm/1.000m) | n.e. | 1,00 | 0,70 |

Nota: n.e. = não especificado

Dessa forma, avaliando as Rochas Ornamentais que foram amostradas, verificou-se que das quatorze amostras analisadas, com relação aos itens de massa específica aparente, e resistência a flexão, todas as amostras estão dentro das especificações fixadas tanto quanto pela ASTM C 615 quanto as sugeridas por Frazão e Farjallat e, também pelo Grupo de Rochas Ornamentais.

Em relação à porosidade aparente e absorção d'água aparente apenas seis das quatorze amostras encontram-se dentro das especificações fixadas pela ASTM C 615 e sugeridas por Frazão e Farjallat e, apenas quatro dentro dos valores sugeridos pelo Grupo de Rochas Ornamentais. Apesar de sete amostras estarem fora das especificações sugeridas por Frazão e Farjallat, e nove amostras em relação ao Grupo de Rochas Ornamentais, em relação à porosidade aparente e absorção d'água aparente, não significa que as mesmas não possam ser utilizadas como rochas ornamentais, tendo apenas a observação do local onde as mesmas serão utilizadas, ou seja, a não utilização das mesmas em locais onde ocorra a presença de umidade.

Com respeito a resistência à compressão simples ou uniaxial, toda as amostras estão dentro do padrão sugerido tanto por Frazão e Farjallat, quanto pelo Grupo de Rochas Ornamentais, com exceção da amostra C – 05, mas para a ASTM C 615 apenas cinco amostras das quatorze estão dentro do padrão de qualidade para a compressão simples.

Para o desgaste a abrasão pelo ensaio Amsler, no padrão recomendado por Frazão e Farjallat todas as amostras estão dentro dos valores sugeridos, mas para o Grupo de Rochas Ornamentais, três amostras estão fora dos padrões recomendados para a resistência a abrasão (mm/1.000m).

As amostras A – 01, C – 01, C – 02, C – 03, e D - 01 são aquelas que melhor se enquadram nas tabelas de valores limites estabelecidas pela ASTM C 615, por Frazão & Farjallat e pelo Grupo de Rochas Ornamentais DEMINAS/UFPE. Apenas o coeficiente de absorção aparente (0,284%) da amostra C – 02, é ligeiramente superior àquele admitido pelo Grupo de Rochas Ornamentais do DEMINAS/UFPE (0,25%). A amostra D – 03, também obedece às normas fixadas pelos grupos já referenciados, exceto com relação ao valor da resistência à compressão simples (118,34

MPa), cuja estimativa se encontra aquém daquela fixada pela ASTM C 615 (131,0 MPa).

Por outro lado, as rochas das amostras C – 04, C – 05, C – 06, D – 02, D – 04, e E – 01, foram aquelas que apresentaram índices físicos (porosidade e absorção) abaixo dos valores recomendados pelas três tabelas.

A estes índices físicos e parâmetros mecânicos devem ser juntados dados da composição mineralógica e textural das rochas quando da decisão sobre a melhor adequação de um determinado litotipo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM (C 615). Standard specification for granite dimension stone. 1992
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (NBR 12.763) Rochas para revestimento – Determinação da resistência à flexão 1992. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (NBR 12.767) Rochas para Revestimento – Determinação da resistência a compressão uniaxial. 1992. 2p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (NBR 12.766) Rochas para Revestimento – Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 1992. 2p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (NBR 12.042) Rochas para revestimento – Determinação da abrasividade 1992. 2p
- FRAZÃO, E. B., FARJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedra de revestimento. I Congresso Internacional da Pedra Natural. Lisboa. 1995. 47-58p.
- FRAZÃO, E. B., FARJALLAT, J. E. S. Seleção de pedras para revestimento e prioridades requeridas. Rochas de Qualidade, São Paulo, n. 124, p. 80 –93, 1995
- MEDEIROS, T..J.L.; OLIVEIRA, F.M.C.; MELO, E.B e BARROS, M.L.S.C. Parâmetros físicos versus dados texturais-mineralógicos em chapas de rochas ornamentais –Resultados preliminares. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste, 2000, p164
- MEDEIROS, T..J.L.; OLIVEIRA, F.M.C.; MELO, E.B ; BARROS, M.L.S.C e ROLIM FILHO, J.L. Propriedades físico-mecânicas das rochas ornamentais comercializadas no estado de Pernambuco. XVII Simpósio de Geologia do Nordeste, 2000, p 165.
- ROLIM FILHO, J. L.; SOUZA, J. C.; LIRA, B. B.; BARROS, M. L. S. C. ; OLIVEIRA, F. M. C. Avaliação dos procedimentos de ensaio para caracterização de rochas ornamentais. III Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, Novembro, 2002.