

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE GRANITOS ORNAMENTAIS DO NORDESTE E SUDESTE ATRAVÉS DAS SUAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

*Francisco Wilson Hollanda Vidal¹, Regina Coeli Casseres Carrisso
& Tácito Walber G. Fernandes*

RESUMO

A importância da caracterização tecnológica das rochas ornamentais começa desde a pesquisa mineral, passando pela lavra e beneficiamento até suas aplicações, onde não só estão interessados os pesquisadores e produtores de rochas ornamentais, como também, os engenheiros projetistas, arquitetos, decoradores, demais especificadores de materiais e construtores, que na maioria das vezes não conhecem as características tecnológicas das rochas ornamentais com as quais estão trabalhando e, conseqüentemente seu desempenho e durabilidade ao longo do tempo. Muitos insucessos têm ocorrido com as rochas ornamentais, devido à falta de conhecimento das características naturais que o material possui, dos métodos de lavra e dos processos de beneficiamento que podem provocar alterações da rocha. Diante disso, inúmeros investimentos em edificações têm sido prejudicados quanto à utilização de rochas ornamentais. O conhecimento das propriedades físicas, físico-mecânicas e das características químico-mineralógicas das rochas usadas como rochas ornamentais e de revestimento são fatores econômicos determinantes na formação de preço de mercado, além da estética e beleza do material. Conhecendo-se as condições ambientais às quais os revestimentos estarão sujeitos e efetuando-se uma análise das características tecnológicas dos materiais, pode-se reunir valiosos subsídios para a seleção daqueles que melhor se adequam aos ambientes pretendidos. As características tecnológicas das rochas, bem como a previsão do seu desempenho em ambientes, são obtidas através de análises e ensaios executados, segundo os procedimentos normalizados por entidades nacionais e internacionais. As análises e ensaios devem ser realizados logo na etapa de pesquisa mineral e nesta fase já se deve ter conhecimento das características do material e da aplicação para a qual os produtos obtidos serão utilizados para fins ornamentais e de revestimento. O presente trabalho apresenta um estudo de caracterização tecnológica comparativo entre os granitos ornamentais das Regiões Nordeste e Sudeste, com base nas principais propriedades: densidade, porosidade, absorção d' água, resistência à compressão e flexão, desgaste e impacto.

¹ Engenheiro de Minas, Ph.D. Pesquisador do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCT.
E-mail: fholland@cetem.gov.br

INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais e de revestimento abrangem os tipos litológicos que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiadas através de esquadrejamento, polimento, etc. Seus principais campos de aplicação incluem tanto peças isoladas como esculturas, tampos de mesas, balcões e arte funerária em geral. Quanto às edificações, destacam-se os revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas, soleiras, dentre outros.

A caracterização tecnológica das rochas é obtida através de análises e ensaios executados segundo procedimentos rigorosos, normatizados por entidades nacionais e internacionais.

Os principais ensaios realizados pelos diversos países participantes da produção e comercialização de rochas ornamentais e de revestimento são: análise petrográfica, índices físicos (massa específica, porosidade e absorção d'água), desgaste Amsler, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão (módulo de ruptura), coeficiente de dilatação térmica linear, resistência ao impacto, congelamento/degelo e alterabilidade. Os procedimentos adotados para a realização destes ensaios, são padronizados por órgãos normatizadores, constando como itens obrigatórios para balizar os campos de aplicações destes materiais.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi a realização de um estudo de caracterização tecnológica comparativo, entre rochas ornamentais silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, onde foram pesquisados cerca de 100 (cem) diferentes tipos de granitos, de cada região. Os resultados obtidos da análise de ensaios das amostras de granitos das duas regiões foram tratados, divididos em classes, comparados com os valores estabelecidos pelas normas propostas pela ASTM C-615 e por FRAZÃO & FARJALLAT e, posteriormente, foi realizada uma avaliação comparativa dos índices de caracterização tecnológica alcançados das duas regiões, com base nas principais propriedades: densidade, porosidade, absorção d'água, resistência à compressão e flexão, e desgaste Amsler.

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

A caracterização tecnológica das rochas para fins ornamentais e de revestimento pode ser determinada através da execução de ensaios, onde são conhecidas suas peculiaridades. Para que se possa classificar um determinado tipo de rocha como ornamental, deve-se considerar os índices físicos, a resistência físico-mecânica e o grau de polimento, além da forma e dimensão dos blocos que podem ser extraídos, e, principalmente, a viabilidade de aproveitamento na lavra. Dessa forma, todo material empregado no setor da construção, como rocha ornamental e de revestimento, deve possuir certas características técnicas que permitam sua aplicação. Tais características são índices determinados em laboratórios através de ensaios específicos que, quando executados, orientam o uso principal da rocha. As propriedades mecânicas são imprescindíveis para o emprego da rocha em geral, incluindo as que influenciam na lavra e beneficiamento e na utilização do produto acabado. Assim, a necessidade de se dispor de uma caracterização tecnológica rigorosa das rochas ornamentais é condição indispensável, pois embora tenha surgido no passado, na Itália, desponta hoje, como fator preponderante para

atender às exigências técnicas ligadas às grandes obras realizadas nos principais segmentos de mercados de produtos acabados de grandes nações, Estados Unidos, Alemanha, Japão, etc.

A fim de minimizar os problemas resultantes do pouco conhecimento do comportamento das rochas utilizadas para fins ornamentais, ensaios de caracterização tecnológica vêm sendo executados pelos diversos países envolvidos na produção e comercialização desses materiais lapídeos, através de procedimentos padronizados por órgãos normatizadores, entre os quais se destacam: American Society for Testing and Material – ASTM, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Deutsches Institut für Normung – DIN, Association Française du Normalisation – AFNOR e Enti Nazionali in Unificazione Normazione di Italia – UNI, e Asociación Española de Normalización y Certificación – AENOR. No caso das normas para as rochas ornamentais e de revestimento, no Brasil adotam-se as da ABNT e ASTM, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Normas Técnicas para Caracterização de Rochas Ornamentais.

Ensaio	NORMA ABNT	NORMA ASTM
Análise petrográfica	ABNT NBR 12768	ASTM C-295
Índices físicos	ABNT NBR 12766	ASTM C-97
Resistência à flexão	ABNT NBR 12763	ASTM C-99 / C-880
Resistência ao impacto de corpo duro	ABNT NBR 12764	ASTM C-170
Resistência à compressão	ABNT NBR 12767	ASTM D-2938 / C 170
Coefficiente de dilatação térmica linear	ABNT NBR 12765	ASTM E-228
Congelamento e degelo conjugado à compressão	ABNT NBR 12769	ND
Desgaste amsler	ABNT NBR 6481	ASTM C-241
Módulo de deformidade estática	ND	ASTM C-3148
Micro dureza knoop	ND	ND

Fonte: American Society for Testing and Materials – ASTM.

A Comunidade Econômica Européia sentiu a necessidade da unificação de normas para as rochas ornamentais com o objetivo de facilitar a comercialização de tais produtos. Neste sentido foi criado o Comitê Europeu de Normalização – CEN, que preparou e submeteu à apreciação do Conselho Técnico, um programa normativo no domínio da construção e obras públicas, o qual irá brevemente ser divulgado. Tão logo esse documento seja aprovado, os resultados serão apreciados pelo Comitê Internacional, que através de uma avaliação comparativa com novas normas adotadas em outros países, deverá chegar a um consenso geral, e, posteriormente, elaborar um documento final de aceitação internacional. Os resultados de ensaios regidos por essas normas visam fornecer elementos que permitam atender a especificações menos empíricas, e, conseqüentemente, mais eficazes, seguras e econômicas, evitando insatisfações e/ou reclamações dos consumidores, gerando uma imagem negativa das empresas de projetos arquitetônicos e fornecedora desses materiais.

Os principais ensaios adotados no Brasil para a qualificação das rochas ornamentais direcionadas ao mercado interno ou externo são: petrografia, índices físicos (massa específica, porosidade e absorção d'água), dilatação térmica linear, desgaste abrasivo, impacto de corpo duro, resistência à flexão (módulo de ruptura), resistência à compressão uniaxial, congelamento e degelo conjugado à compressão. A Tabela 2, apresenta os valores limites estabelecidos pela Norma ASTM C-615 e aqueles propostos por FRAZÃO & FARJALLAT.

Tabela 2: Valores especificados pela norma astm e sugeridos no Brasil

PROPRIEDADES	VALORES FIXADOS PELA ASTM C-615	VALORES SUGERIDOS POR FRAZÃO & FARJALLAT
Massa Específica Aparente (kg/m^3)	$\geq 2.560,00$	≥ 2.550
Porosidade Aparente (%)	n.e.	$\leq 1,0$
Absorção D'água (%)	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$
Velocidade de Propagação de Ondas (m/s)	n.e.	≥ 4.000
Dilatação Térmica Linear ($10^{-3}/\text{mm} \cdot ^\circ\text{C}$)	n.e.	$\leq 12,0$
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	$\leq 1,0$
Compressão Uniaxial (MPa)	$\geq 131,0$	$\geq 100,00$
Flexão (módulo de ruptura) (MPa)	$\geq 10,34$	$\geq 10,0$
Módulo de Deformabilidade Estático (GPa)	n.e.	$\geq 30,0$
Impacto de Corpo Duro (m)	n.e.	$\geq 0,4$

Fonte: American Society for Testing and Materials – ASTM . Frazão & Farjallat (1995)

Nota: n.e. = não especificado.

A seguir demonstramos os resultados da análise comparativa dos ensaios realizados com amostras de rocha silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste, através de suas Características Tecnológicas, conforme valores limites estabelecidos pela ASTM e Frazão & Farjallat.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise comparativa para massa específica aparente seca

As Figuras 1A e 1B mostram respectivamente, a distribuição dos resultados de massa específica aparente seca obtidos com as rochas silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste.

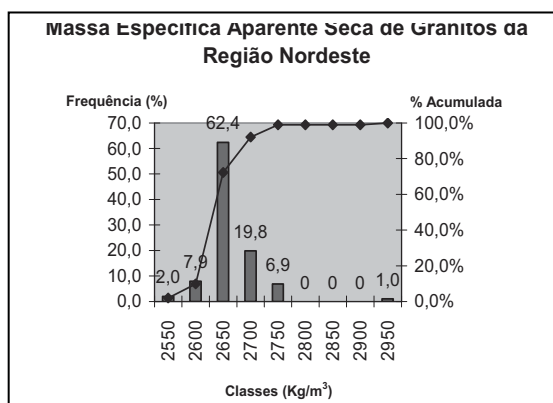


Figura 1a: Distribuição dos resultados de massa específica aparente seca obtidos com as rochas silicáticas da Região Nordeste.

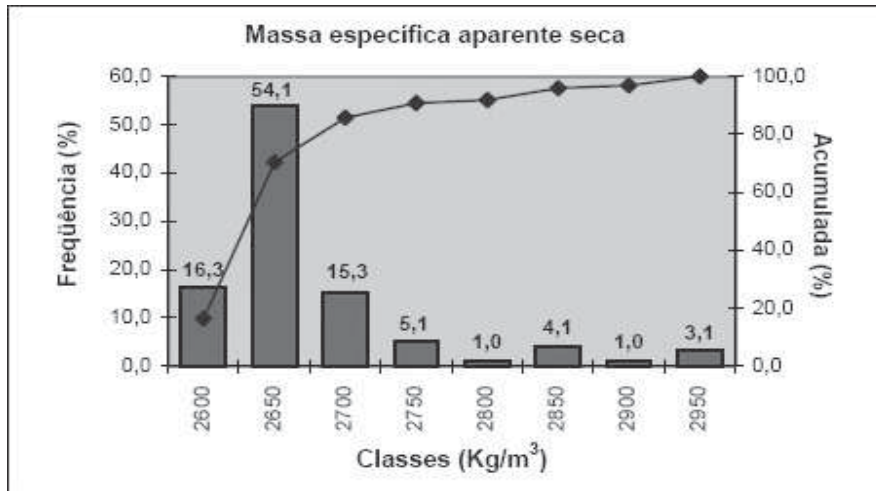


Figura 1b: Distribuição dos resultados de massa específica aparente seca com as rochas silicáticas da Região Sudeste

Com base nas figuras 1A e 1B, concluímos que 100% das rochas silicáticas pesquisadas e avaliadas no Nordeste e Sudeste atendem perfeitamente à especificação estabelecida na Norma ASTM C-615, para este teste, com valores acima do mínimo estabelecido de 2560 kg/m³. De acordo com os dados analisados, observa-se que as rochas silicáticas do NE apresentaram resultados de massa específica variando no intervalo de 2550 a 2950 kg/m³, com frequência de concentração maior em 2660 kg/m³, e as do SE variando entre 2600 a 2950 kg/m³, com frequência de concentração maior entre 2600 e 2700 kg/m³. Cerca de 62% das amostras de rochas silicáticas estudadas do NE e 55% das amostras do SE estão situadas na classe de 2650 kg/m³.

Análise comparativa para porosidade aparente

As Figuras 2A e 2B mostram respectivamente, a distribuição dos resultados de porosidade aparente obtidos com as rochas silicáticas (granito) das Regiões Nordeste e Sudeste.

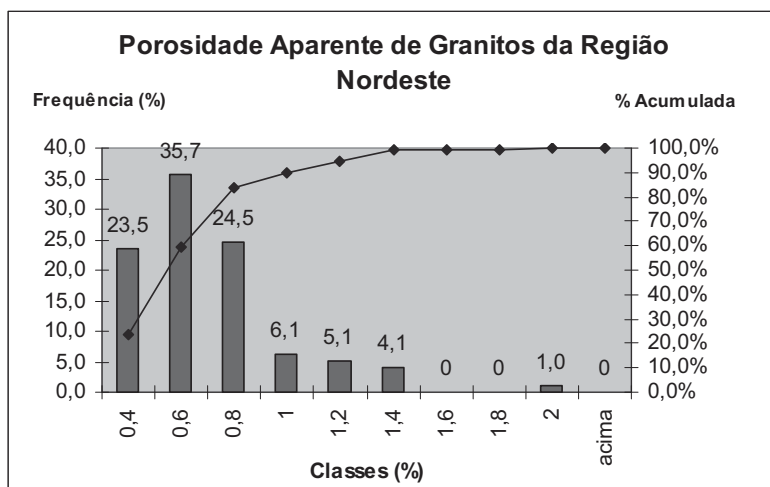


Figura 2a: Distribuição dos resultados de Porosidade Aparente obtidos com as Rochas silicáticas da Região Nordeste.

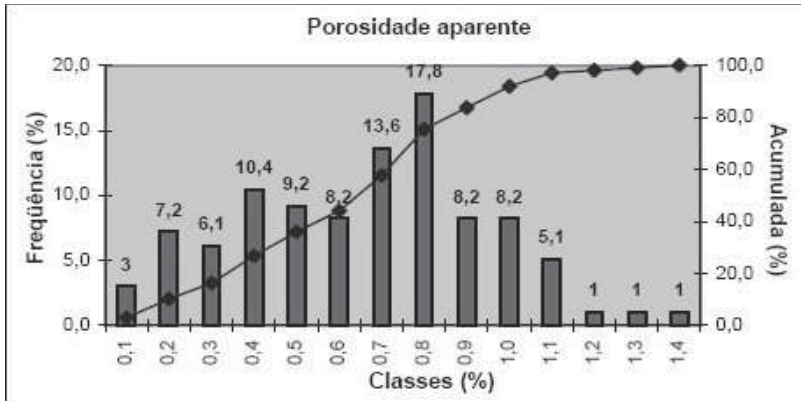


Figura 2b: Distribuição dos resultados de Porosidade Aparente obtidos com as Rochas silicáticas da Região Sudeste.

Com base nas figuras 2A e 2B, cerca de 90% das amostras analisadas tanto do Nordeste como do Sudeste, obtiveram valores abaixo do limite de 1% para este tipo de teste, ou seja, dentro da especificação proposta pelos autores FRAZÃO & FARJALLAT para esta propriedade.

Análise comparativa para absorção d'água

As Figuras 3A e 3B mostram respectivamente, a distribuição dos resultados de absorção d'água obtidos com as rochas silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste.

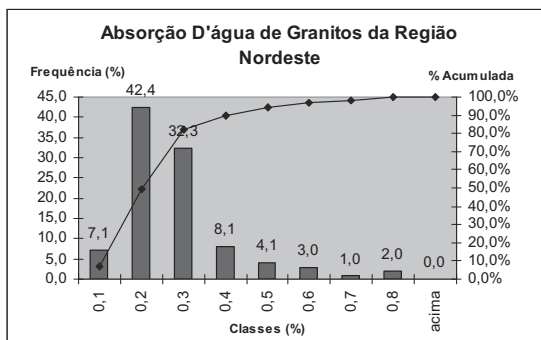


Figura 3a: Distribuição dos Resultados de Absorção D'água obtidos com as Rochas Silicáticas da Região Nordeste.

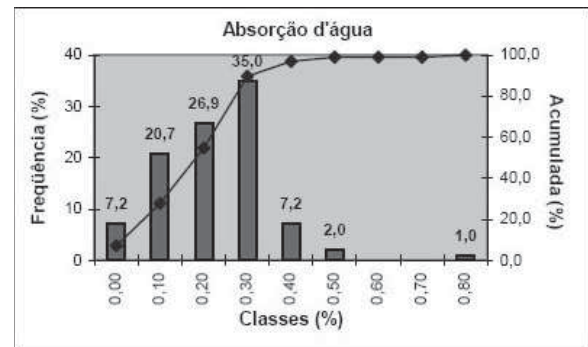


Figura 3b: Distribuição dos Resultados de Absorção d'água obtidos com as Rochas Silicáticas da Região Sudeste.

Com base nas figuras 3A e 3B, concluímos que as rochas silicáticas estudadas no Nordeste apresentaram resultados de absorção d'água variando entre 0,1 e 0,8%, com cerca de 75% das amostras estudadas situadas no intervalo de 0,2 e 0,3%, e as do Sudeste apresentaram resultados de absorção d'água também variando entre 0,1 e 0,8%, com 87% das amostras estudadas situadas no intervalo de 0,1 e 0,4%. Conforme a norma ASTM C-615 que estabelece que os granitos a serem utilizados como rocha ornamental e de revestimento devem alcançar índices de absorção d'água abaixo de 0,4%, concluímos que a maioria dos granitos do Nordeste, mais de 90% e cerca de 90% dos granitos do Sudeste, atendem a norma, apresentando boa durabilidade e considerável resistência mecânica a longo prazo.

Análise comparativa para resistência à compressão uniaxial

As Figuras 4A e 4B mostram respectivamente, a distribuição dos resultados dos ensaios de resistência à compressão uniaxial obtidos com as rochas silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste.

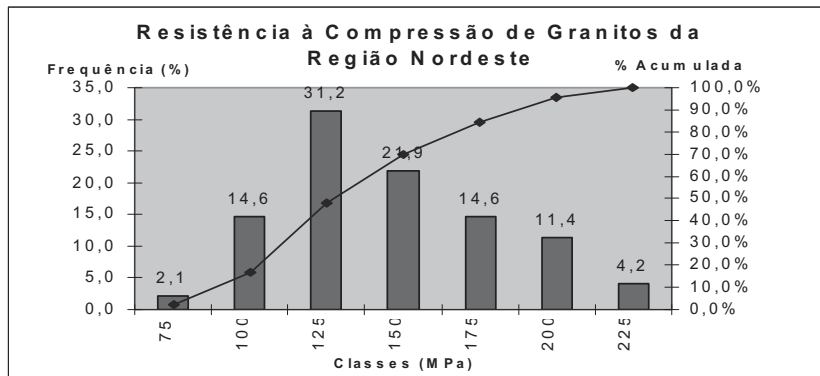


Figura 4a: Distribuição dos Resultados dos Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial obtidos com as Rochas silicáticas da Região Nordeste.

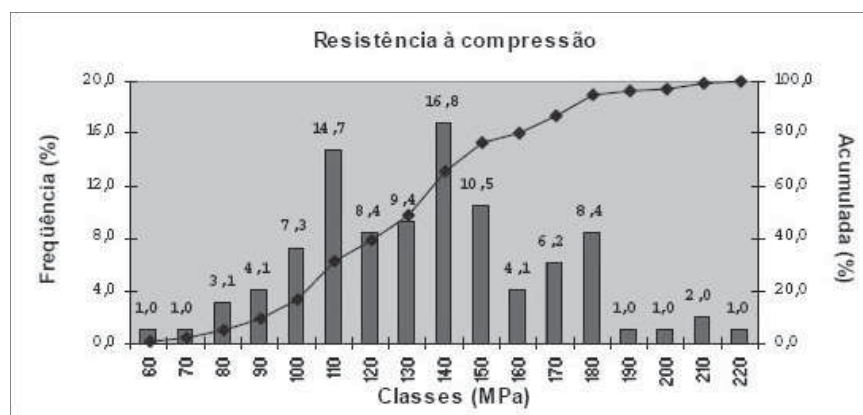


Figura 4b: Distribuição dos Resultados dos Ensaio de Resistência à Compressão Uniaxial obtidos com as Rochas silicáticas da Região Sudeste.

Para esta propriedade, segundo FRAZÃO & FARJALLAT (1995), o valor mínimo aceitável para utilização como rocha ornamental e de revestimento é de 100MPa, enquanto que para a ASTM C-615 é de 131 MPa. Com base nas figuras 4A e 4B, a resistência à compressão uniaxial do das rochas silicáticas do Nordeste estão mais concentradas no intervalo de 100 a 175, com cerca de 82% das amostras analisadas, e as do Sudeste estão concentradas entre 100 a 180Mpa, com cerca de 85% das amostras analisadas. Para este ensaio, a maior parte das rochas de ambas as regiões melhor atendem ao limite proposto por FRAZÃO & FARJALLAT (1995). É importante ressaltar que esta característica físico-mecânica representa um valioso índice de qualidade dos materiais para uso como rochas ornamentais e de revestimento, estando diretamente relacionada com outras propriedades tecnológicas que dependem da estrutura, textura, estado microfissural e grau de alteração das rochas.

Análise comparativa para resistência à flexão

As Figuras 5A e 5B mostram a distribuição dos resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão (módulo de ruptura) obtidos com as rochas silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste.

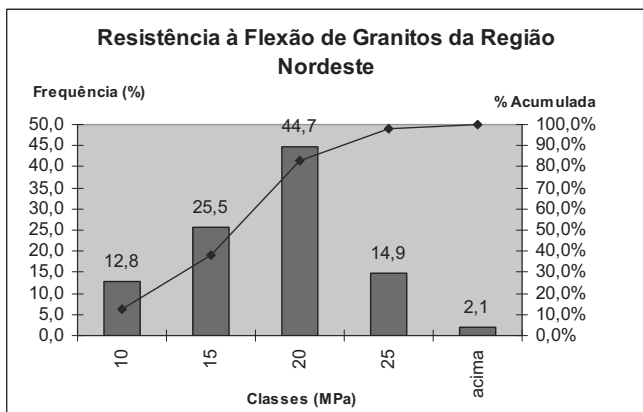


Figura 5a: Distribuição dos resultados dos ensaios de Resistência à Flexão obtidos com as Rochas Silicáticas da Região Nordeste.

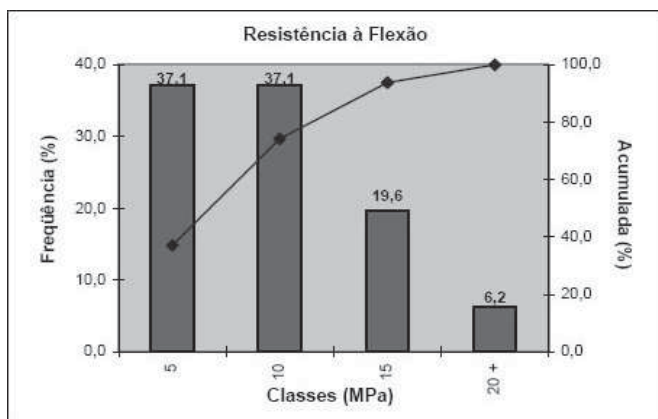


Figura 5b: Distribuição dos resultados dos ensaios de Resistência à Flexão obtidos com as Rochas Silicáticas da Região Sudeste.

Com base na figuras 5A e 5B, concluímos que as rochas silicáticas estudadas no Nordeste para a resistência a flexão no intervalo de classe de 10 a 15 MPa variam com freqüência entre 13 e 25% e no intervalo de 15 a 20 MPa registraram freqüência de 70%. Em relação a região Sudeste, pode-se observar que a maioria dos valores obtidos situaram-se entre 5 a 20 MPa , com cerca de 60% das amostras acima do valor mínimo estabelecido. Sabendo que os valores padrões para aceitação deste teste estabelecidos pela Norma ASTM C-615, como por FRAZÃO & FARJALLAT é de no mínimo, 10,0 MPa, verifica-se através dos testes analisados, que as rochas do Sudeste e principalmente do Nordeste podem ser consideradas como sendo de boa qualidade, sob o ponto de vista de sua aplicação para revestimentos.

Análise comparativa para resistência ao desgaste amsler

As Figuras 6A e 6B mostram a distribuição dos resultados dos ensaios de resistência ao desgaste Amsler obtidos com as rochas silicáticas das Regiões Nordeste e Sudeste.

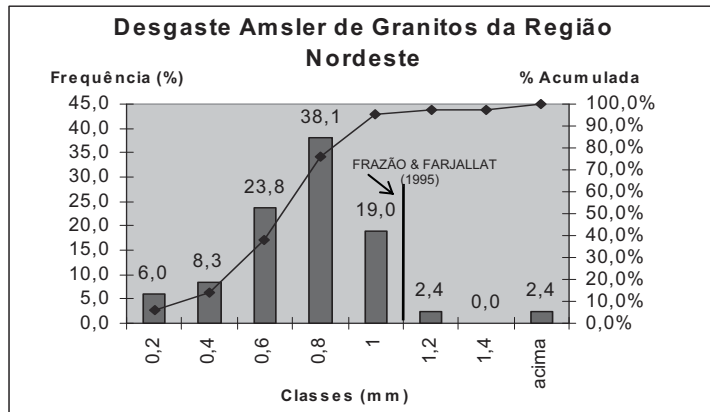


Figura 6a: Distribuição dos Resultados dos ensaios de Resistência ao Desgaste Amsler obtidos com as rochas silicáticas da Região Nordeste.

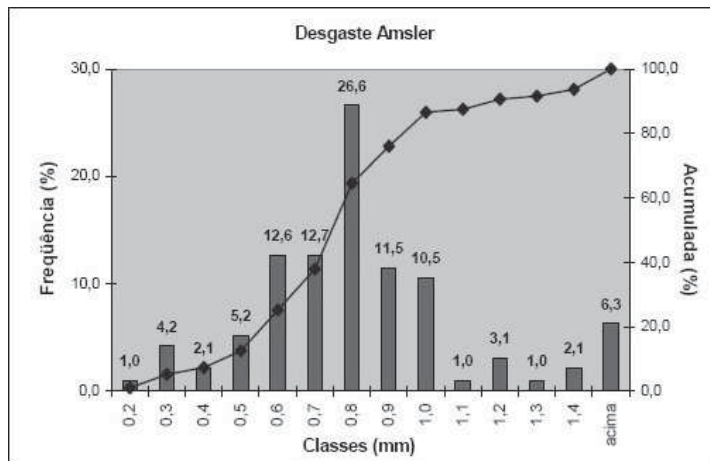


Figura 6b: Distribuição dos Resultados dos ensaios de Resistência ao Desgaste Amsler obtidos com as rochas silicáticas da Região Sudeste.

Com base nas figuras 6A e 6B, concluímos que a maior parte das rochas analisadas no Nordeste está com desgaste concentrado entre 0,6 e 0,8 mm, com cerca de 62% de frequência. Com base nos estudos analisados na região Sudeste, observa-se que cerca de 74% das rochas estudadas apresentam um desgaste variando entre 0,5 e 1,0 mm. A Norma ASTM C-615 não especifica limites para este teste, porém, FRAZÃO & FARJALLAT sugere valor máximo de 1,0 mm. Com base neste padrão concluímos que cerca de 86% das rochas analisadas na Região Sudeste, bem como cerca de 95% das analisadas no Nordeste, atendem ao limite de aceitação deste teste, com bons índices de resistência ao desgaste, ficando suas aplicações recomendadas em áreas de alto tráfego.

CONCLUSÕES

Com base nos valores fixados pelas norma ASTM – C-615 e sugeridos por Frazão e Farjallat (1995) verifica-se que a grande maioria das rochas silicáticas estudadas, das regiões Nordeste e Sudeste atendem aos valores limites de aceitação estabelecidos, para suas aplicações como rocha ornamental e de revestimento. O estudo comparativo das duas regiões encontra-se nos resultados e discussões do trabalho completo.

BIBLIOGRAFIA

- American Society For Testing And Materials – ASTM (C 615). Standard specification for granite dimension stone. 1992.
- FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. I Congresso Internacional da Pedra Natural. Lisboa, 1995, 47-58p.
- FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. Proposta de especificação para rochas silicáticas de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8. 1996, Rio de Janeiro. *Anais ...* Rio de Janeiro: ABGE. V.1, p. 369-380.
- VIDAL, F. W. H.; PEREIRA, T. A. Avaliação das atividades de produção de rochas ornamentais e sua aplicação como revestimento através da caracterização. XVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Águas de São Pedro/SP, 23/26 agosto 1998, p. 173-186.
- VIDAL, F. W. H.; PEREIRA, T. A. Avaliação das rochas ornamentais do Ceará através de suas características tecnológicas. Série Tecnologia Mineral, 74, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999, 30p.
- VIDAL, F. W. H. Avaliação de granitos ornamentais do nordeste através de suas características tecnológicas. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife/PE, 26/29 novembro 2002, p. 67-74.