

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ROCHA PEGMATÍTICA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO ROCHA ORNAMENTAL

Alexandre Souza Rodrigues ¹

Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros ¹

Rafael Franco e Silva ¹

Felisbela Maria da Costa Oliveira ¹

Silas Leonardo Dias Vasconcelos ¹

Resumo

Neste trabalho foram determinadas as propriedades tecnológicas de uma rocha ornamental granítica extraída na região de Equador-RN. Além da análise petrográfica da rocha, foram estudadas propriedades tais como a densidade aparente, porosidade aparente, absorção d'água, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão, resistência ao impacto, resistência ao desgaste abrasivo Amsler. A análise macroscópica da rocha em estudo mostra uma rocha granítica intrusiva de aspecto pegmatítico porfirítico e textura gráfica com coloração branco acinzentado e planos de fraqueza que se orientam ao longo dos cristais de quartzo. A análise petrográfica microscópica da rocha em estudo mostra uma fenocristais de plagioclásio em uma matriz quartzo-feldspática, com predominância de minerais félsicos (>90%). Os resultados obtidos nos ensaios de caracterização tecnológica foram comparados àqueles da norma ABNT NBR- 15.844:2010. Finalmente, conclui-se que esta rocha, apesar de padrão estético de grande aceitação (aspecto pegmatítico), a petrografia e os parâmetros físicos e mecânicos devem ser observados quando ao uso em locais úmidos, fachadas aeradas e onde a resistência mecânica é requerida.

Palavras-chave: Índices físicos; Pegmatito; Granitos.

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PEGMATITIC ROCK LOOKING AT ITS USE AS ORNAMENTAL ROCK

Abstract

In this work the technological properties of a granite ornamental rock extracted in the region of Equador-RN were determined. In addition to the petrographic analysis of the rock, properties such as apparent density, apparent porosity, water absorption, uniaxial compression strength, flexural strength, impact strength and Amsler abrasive wear resistance were studied. The macroscopic analysis of the rock under study shows an intrusive granitic rock of pegmatitic appearance and graphical texture with greyish white coloration and planes of weakness that orientate along the crystals of quartz. The microscopic petrographic analysis of the studied rock shows phenocrysts of plagioclase in a quartz-feldspathic matrix, with predominance of felsic minerals (> 90%). The results obtained in the technological characterization tests were compared to those of ABNT NBR-15.844:2010. Finally, it is concluded that this rock, in spite of an aesthetic standard of great acceptance (pegmatitic aspect), the petrography and the physical and mechanical parameters must be observed when using it: moist places, aerated facades and where mechanic resistance is required.

Keywords: Physical indexes; Pegmatite; Granites.

I INTRODUÇÃO

A caracterização tecnológica como peça fundamental para a inserção de uma rocha ornamental de forma correta e segura no mercado encontra-se cada vez mais atrelada a etapa de pesquisa mineral

indicando assim o tipo de aplicação que o material novo poderá estar inserido, e também permitindo fazer observação quanto às características físico-mecânicas que o material possui.

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil. E-mail: rafaelfrancosil@gmail.com



A determinação das propriedades das rochas é realizada por meio da execução de ensaios e análises normalizados, em laboratórios especializados, que objetivam a obtenção dos parâmetros petrográficos, físicos e mecânicos característicos, cuja análise permitirá a recomendação do uso mais adequado no revestimento de edificações, bem como subsidiarão a elaboração de projetos arquitetônicos [1].

O presente trabalho apresenta a caracterização tecnológica de uma rocha granítica observada na Figura 1, cuja jazida está localizada na região de Equador, RN. Objetiva-se fazer a avaliação das propriedades físicas, mecânicas e petrográficas desta rocha, confrontando assim os parâmetros tecnológicos encontrados com aqueles definidos nas normas nacional e americana, visando qualificar este material para fins ornamentais, de revestimento e para as mais variadas aplicações na construção civil [2,3].

Com o intuito de se determinar as características físico mecânicas da rocha em estudo foram realizados a análise petrográfica e ensaios para a determinação dos índices físicos, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão (módulo de ruptura), resistência ao impacto de corpo duro e resistência ao desgaste Amsler.

2 METODOLOGIA

Com o objetivo de analisar as características intrínsecas do material pétreo pesquisado foram coletadas e selecionadas amostras de campo e enviadas para o Centro

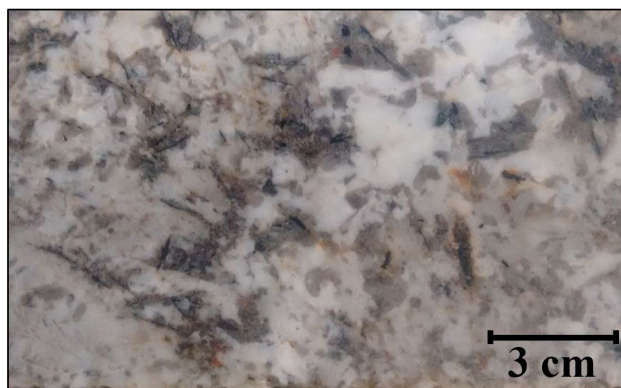


Figura 1. Aspecto estético da rocha pegmatítica.

de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, as quais foram preparadas de acordo com a ABNT NBR 15.845:2010 [4], já que estes ensaios foram realizados antes da publicação da mesma norma em 2015. A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados e as normas correspondentes.

A análise petrográfica foi realizada no Laboratório de Microscopia Ótica do Departamento de Geologia da UFPE. Os ensaios de determinação dos índices físicos foram realizados no Laboratório de Rochas Ornamentais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da UFPE.

O ensaio de resistência à compressão uniaxial e módulo de ruptura foram realizados numa prensa hidráulica (SOLOTEST) com capacidade de 20 toneladas, disponibilizada no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFPE.

O ensaio de resistência ao impacto que foi realizado no Laboratório de Preparação de Amostras de Rochas Ornamentais do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mineral da UFPE, este ensaio tem por objetivo avaliar a tenacidade do material rochoso, simulando a queda de objetos pesados nos materiais pétreos em diversas situações.

A avaliação de resistência ao desgaste simula o efeito abrasivo que ocorre em rochas ornamentais sujeita a pisoteio. Este ensaio foi realizado no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFPE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram obtidos através das análises petrográficas, dos ensaios de índices físicos e dos ensaios mecânicos realizados de acordo com a NBR 15.844:2010 [2], ASTM C-615 [3], NBR 15.845:2010 [4] e NBR 12.042:1992 [5].

3.1 Análise Petrográfica

O estudo petrográfico de uma rocha implica uma série de observações rigorosas que pretendem, em geral, descrever a composição mineralógica, a forma, as dimensões e relações mútuas dos constituintes (textura), a alteração e deformações sofridas. Neste tipo de análise procura-se estabelecer parâmetros que através dos resultados observados nas descrições macroscópica (estrutura e coloração) e

Tabela 1. Ensaios realizados no litotipo estudado

ENSAIOS – Caracterização Tecnológica	
ABNT NBR 15.845:2010 [4]	Análise petrográfica – Anexo A Densidade aparente – Anexo B Porosidade aparente – Anexo B Absorção d'água – Anexo B Resistência à compressão uniaxial – Anexo E Módulo de ruptura (flexão por três pontos) – Anexo F Resistência ao impacto de corpo duro – Anexo H
ABNT NBR 12.042:1992 [5]	Resistência ao desgaste

microscópica (textura, granulação e mineralogia presente), possam definir características tais como grau de alteração, padrão de microfissuramento, deformação, entre outros, que possam direcionar as melhores condições de aplicação das rochas ornamentais nas edificações [6].

De acordo com a análise macroscópica, o material em estudo se trata de uma rocha ígnea intrusiva compacta, com textura pegmatítica, textura gráfica leucocrática com coloração branco acinzentada, tendo como minerais predominantes feldspato potássio, plagioclásio e quartzo, e como minerais acessórios biotita e muscovita.

Na amostra são observados planos de fraqueza (fraturas) que se orientam ao longo dos cristais de quartzo. A matriz porfirítica está composta de cristais milimétricos a centimétricos o que indica duas fases de cristalização sendo que na primeira fase de cristalização foram formados os cristais

em escala centimétrica e na segunda fase, bem mais rápida, os cristais de dimensões milimétricas. As fraturas datam um evento de esforço tardio à formação dos fenocristais de quartzo e feldspato, em uma trama anisotrópica.

A rocha apresenta textura porfirítica com fenocristais de plagioclásio em uma matriz quartzo-feldspática, com predominância de minerais félsicos (>90%). Ocorre intercrescimento de quartzo e feldspato, evidenciado pela presença de textura gráfica. A rocha é composta predominantemente pelos minerais descritos na Tabela 2.

Na Tabela 3, a descrição petrográfica da lâmina da rocha observada ao microscópio.

Nas Figuras 2 e 3 é possível observar a análise do microscópico ótico sem e com os nicóis cruzados respectivamente.

A amostra em questão sofreu alterações por processo magmático hidrotermal. A rocha foi formada em ambiente típico de mobilização de fluidos metassomáticos (hidrotermal ricos em potássio) de composição quartzo, feldspato e mica.

Tabela 2. Minerais constituintes da rocha ornamental em estudo

Minerais	Percentual %
Plagioclásio	30
Feldspato Potássico	25
Muscovita	20
Quartzo	15
Biotita	10

3.2 Índices Físicos

Os parâmetros normativos utilizados para avaliar os resultados obtidos nos ensaios foram retirados das normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3] respectivamente.

Tabela 3. Descrição mineralógica da lâmina da rocha ornamental em estudo e nome da rocha

Minerais	Características observadas
Plagioclásio	Apresentam grãos anedrais, contato retilíneo e macla albíta bem visível o que evidencia duas fases de formação de minerais.
Feldspato Potássico (Microclínio)	Apresenta – se em contato com o quartzo, muito fraturado com geminação simples de repetição albíta periclina o que gera um aspecto xadrezado, clivagem perfeita em duas direções.
Muscovita	Apresenta cristais de habito micáceo com coloração incolor.
Quartzo	Apresenta grãos subanedrais a anedrais, fraturado com extinção ondulante e contatos retos com feldspato e muscovita.
Biotita	Apresenta cristais de habito micáceo, coloração preta a marrom escuro.

Nome da Rocha - Granito pegmatítico a Duas Micas.

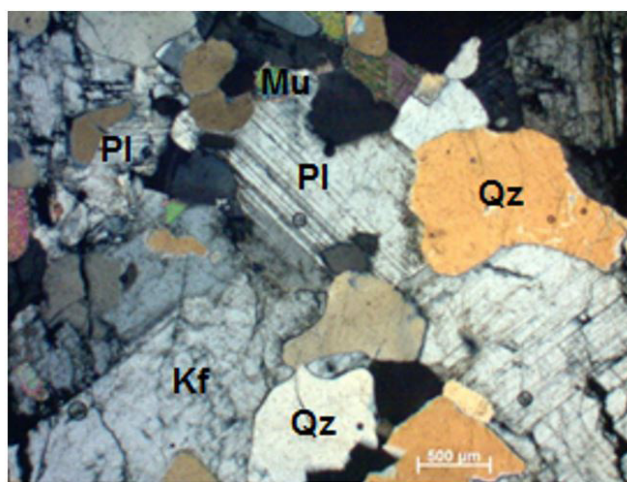
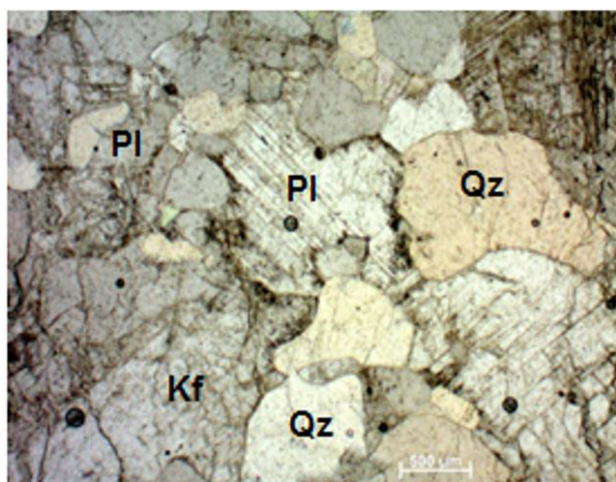


Figura 2. Textura corolítica, em virtude da alteração do feldspato (esquerda); Cristais de quartzo (amarelo) em contato com mica e feldspato com extinção ondulante (direita). Onde: Pl = Plagioclásio; Kf = K-feldspato; Qz = Quartzo; Mu= Muscovita.

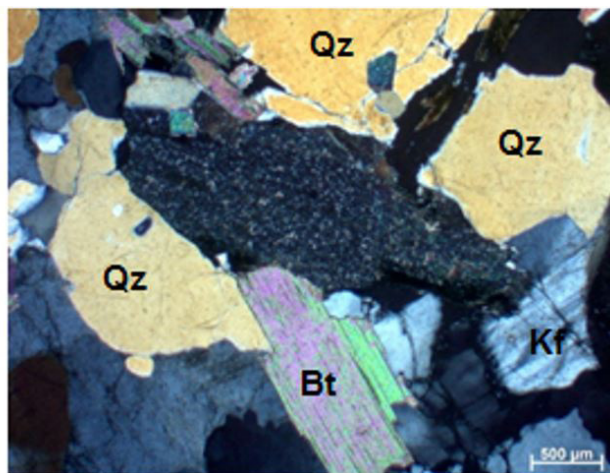
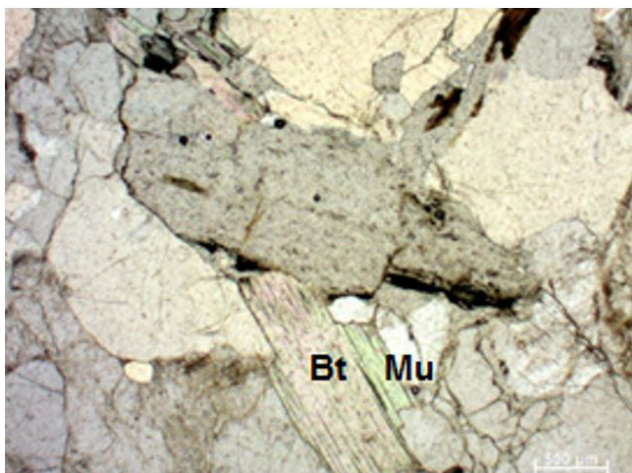


Figura 3. Cristais de muscovita e biotita hábito micáceo (esquerda). Cristais de K-feldspato, aspecto xadrezado típico (direita). Onde: Mu = Muscovita; PI = Plagioclásio; Kf = K-feldspato; Qz = Quartzo; Bt = Biotita.

Rochas graníticas com maior percentual de minerais máficos apresentam maiores densidades. Já rochas graníticas que apresentam menores percentuais de minerais máficos, apresentam menores valores de densidade aparente, se aproximando assim dos valores limítrofes mínimos destacados nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3], respectivamente.

Na Figura 4 é possível verificar o resultado encontrado da densidade aparente assim como comparar com os valores das normas.

Com o resultado deste ensaio a amostra atende aos valores exigidos pelas normas citadas.

Na Figura 5 é possível verificar o resultado encontrado da porosidade aparente assim como comparar com os valores das normas.

Na Figura 6 é possível observar o resultado encontrado da absorção de água assim como comparar com os valores das normas.

Para o caso da rocha ornamental em estudo tanto o valor de porosidade aparente quanto o valor de absorção de água apresentam-se acima dos limites estabelecidos pelas normas da ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3]. Característica esta que reside no fato da rocha se tratar de um granito porfirítico de textura inequigranular com mais minerais de alteração e uma maior ocorrência de microfissuras na matriz rochosa e também da presença de minerais micáceos nesta matriz rochosa. O outro fator que pode ter causado um aumento no grau de porosidade da rocha em estudo é o estado de alteração da rocha, pois a coleta das amostras foi realizada em afloramento do material. Sendo assim sempre que possível recomenda-se fazer a coleta das amostras de partes mais profundas do maciço rochoso, pois estas partes estão menos susceptíveis a fatores intempéricos, fornecendo valores mais confiáveis de porosidade aparente a absorção de água.

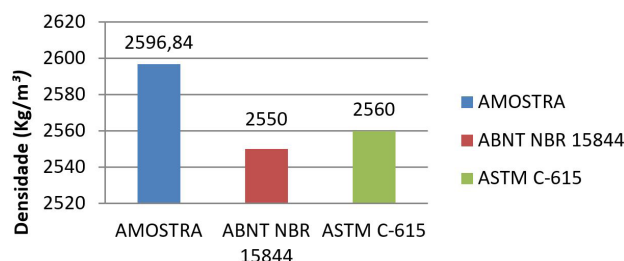


Figura 4. Valores de densidade aparente consideradas nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3] e da amostra analisada.

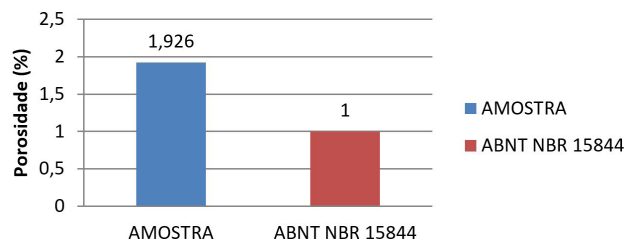


Figura 5. Valores de porosidade aparente considerada na norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e da amostra analisada.

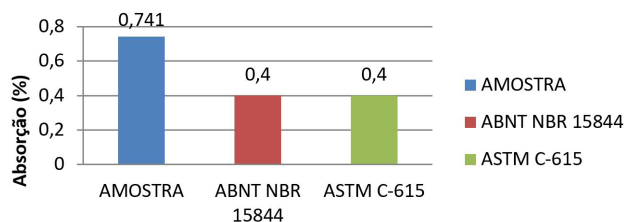


Figura 6. Valores de absorções de água consideradas nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3] e da amostra analisada.

Diante do exposto pode-se observar que a rocha ornamental em estudo não é indicada para uso em ambientes úmidos como balcões, pias e áreas externas, necessitando assim de um tratamento especial de impermeabilização caso venha a ser utilizada neste tipo de ambiente.

3.3 Resistência à Compressão Uniaxial

Os parâmetros normativos utilizados para avaliar os resultados obtidos nos ensaios foram retirados nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3]. A Figura 7 abaixo mostra o valor da resistência à compressão uniaxial encontrado na amostra em estudo e os valores exigidos pelas respectivas normas.

A finalidade do ensaio de resistência à compressão uniaxial é avaliar a resistência da rocha, quando esta é utilizada como elemento estrutural obtendo-se assim um parâmetro indicativo de sua integridade física.

Na rocha ornamental em estudo foram observados valores menores que os limites mínimos de resistência considerados nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3].

Um aspecto importante a ser considerado é a granulação da rocha e a presença de minerais micáceos, pois como se trata de um granito porfirítico este apresenta uma granulação heterogênea e mais grosseira o que aumenta os pontos de fraqueza nas vizinhanças dos cristais maiores e consequentemente o grau de fissuramento na rocha.

A presença de minerais micáceos na rocha, principalmente se estiverem na forma de fenocristais, constitui um aspecto relevante no que diz respeito à resistência a compressão apresentada pela rocha, isso devido à clivagem natural dos minerais micáceos que podem constituir um plano de fraqueza na rocha. Todos estes aspectos devem ser considerados quando a rocha em questão for direcionada para projetos estruturais e arquitetônicos.

3.4 Resistência a Flexão – Módulo de Ruptura

Os parâmetros normativos utilizados para avaliar os resultados obtidos nos ensaios foram os parâmetros encontrados nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3]. A Figura 8 mostra o valor da resistência à flexão – módulo de ruptura encontrado na amostra em estudo e os valores mínimos encontrados nas normas supracitadas.

Este ensaio permite avaliar a aptidão da rocha para uso em revestimento, ou elemento estrutural, e também fornece um parâmetro indicativo de sua resistência à tração. A importância desse tipo de ensaio está no fato de que através deste pode-se determinar a resistência máxima das placas a esforços devido à ação do vento como em painéis de edifícios, numa quina de bancada, na descarga do tear e nas operações de polimento e transporte das chapas.

Na rocha ornamental em estudo foram observados valores bem abaixo dos limites mínimos de resistências à flexão (módulo de ruptura), considerados nas normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3], podendo ser explicado pelos mesmos aspectos já mencionados no ensaio de resistência à compressão.

Por fim, para um valor de resistência a flexão abaixo dos limites mínimos estabelecidos pelas normas citadas como se observa na rocha ornamental em estudo, indica-se

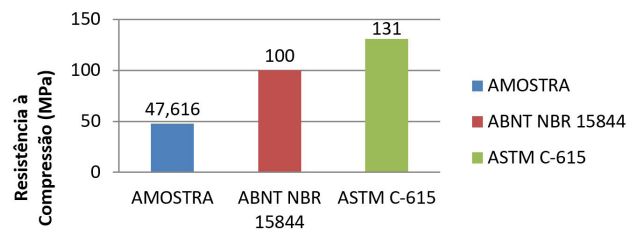


Figura 7. Valores de resistência à compressão uniaxial da amostra e valores limites de resistência à compressão uniaxial das normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3].

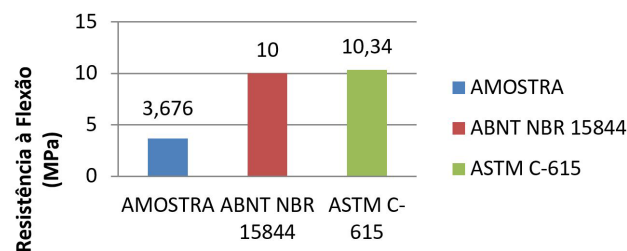


Figura 8. Valores de resistência à flexão (módulo de ruptura) da amostra e valores limite das normas ABNT- NBR 15.844:2010 [2] e ASTM C-615 [3].

a aplicação de tela e resina, pois esses elementos conferem ao material uma maior rigidez e consequentemente um aumento na sua resistência mecânica, visto que as mais diversas aplicações destes materiais envolvem esforços fletores (flexão e tração) [7].

3.5 Resistência ao Impacto de Corpo Duro

O ensaio de resistência ao impacto de corpo duro determina a altura na qual uma placa de material pétreo com 3 cm de espessura sofre ruptura ou o desenvolvimento de fissuras, servindo assim para simular a queda de objetos pesados sobre o material pétreo aplicado na construção civil.

Sendo assim quanto menor for o valor encontrado no ensaio para estes dois parâmetros citados (fissuras e ruptura), menor será a resistência do material quando sofrer este tipo de solicitação, fazendo com que seja dada uma atenção maior quando estes por ventura passarem por situações de impacto e vibração (transporte de placas, armazenamento, etc).

Foi obtido no ensaio o valor médio da resistência ao impacto de corpo duro de 0,35 m (fissura) e 0,40 m (ruptura) e o valor mínimo de resistência ao impacto de corpo duro para rochas graníticas citado na norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2] é de 0,3 m, como pode ser observado na Figura 9.

Com relação à rocha ornamental em estudo observou-se que a mesma apresentou um satisfatório valor de resistência ao impacto, ficando assim acima dos parâmetros estipulados na norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2], o que credencia este material a ser utilizado nas mais diversas

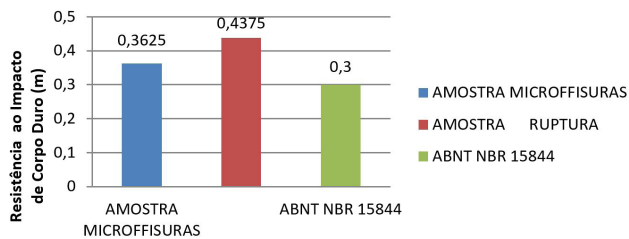


Figura 9. Comparação da resistência ao impacto de corpo duro da amostra e a resistência ao impacto considerada na norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2].

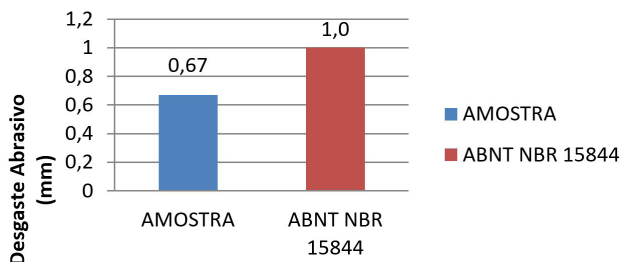


Figura 10. Comparação do desgaste abrasivo Amsler da amostra no ensaio e o desgaste abrasivo Amsler considerado na norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2].

aplicações tais como pisos, soleiras, degraus, mesas, balcões e pias. Entretanto tem que ser dada uma atenção especial à presença de minerais micáceos (muscovitas e biotitas), pois a presença destes minerais constitui um fator negativo no que diz respeito à resistência do material em função da presença de planos de clivagem bem definidos o que acarreta uma baixa resistência destes minerais ao longo destes planos, fazendo com que a rocha possa apresentar fraturas nas solicitações de impacto mecânico.

3.6 Desgaste Abrasivo Amsler

De acordo com a norma ABNT- NBR 15.844:2010 [2], o limite máximo de desgaste para um percurso de 1.000 m é $\leq 1,0$ mm para que a rocha seja considerada de boa qualidade, se o desgaste encontrado for $< 0,35$ mm o material pode ser aplicado em área de pisoteio intenso (sem restrições), se o desgaste estiver entre 0,35 mm e 0,7 mm a amostra pode ser aplicado em local de pisoteio mediano, mas se o valor encontrado para o desgaste 0,7 e 1,0 mm o material pode ser aplicado em local de pisoteio moderado. Dessa forma a amostra apresentou resultado que a colocam na classe do meio – pisoteio mediano, como se observa na Figura 10.

Por fim, como o valor médio de desgaste encontrado na rocha ornamental em estudo se encontra bem abaixo

do valor mínimo recomendado na norma citada, pode-se concluir que a rocha em estudo atende todos os padrões necessários para ser aplicado em áreas de tráfego intenso. Este valor está perfeitamente relacionado à composição mineralógica da rocha que apresenta em grande parte dos minerais com dureza média na escala de Mohs.

4 CONCLUSÕES

A análise petrográfica da rocha mostrou que se trata de uma rocha ígnea intrusiva compacta, com textura fanerítica holocristalina, de coloração branca acinzentada, com planos de fraqueza orientados ao longo dos cristais de quartzo e constituída pelos minerais: plagioclásio (30%), feldspato potássico (25%), muscovita (20%), quartzo (15%) e biotita (10%).

Quanto aos índices físicos, observa-se que a densidade aparente do material é superior ao limite mínimo sugerido nas normas NBR e ASTM. Entretanto a absorção e porosidade aparentes são elevadas o que restringe a aplicação deste material em áreas úmidas e revestimentos externos, necessitando, nestes casos, a impermeabilização da face e tardo das chapas antes de serem utilizadas.

Com relação à resistência a compressão apresentada pela rocha em estudo, foram observados valores bem abaixo dos limites mínimos de resistências considerados nas normas da NBR e ASTM. Isto implica que a rocha não deve ser utilizada em situações onde sofrerá esse esforço, tais como as aplicações estruturais.

Com relação à resistência à flexão (módulo de ruptura), a rocha em estudo mostra valores bem abaixo dos limites mínimos estabelecidos nas normas da NBR e ASTM. Isto implica que para esta rocha ser utilizada nas mais diversas aplicações, necessita-se que seja realizado um tratamento especial a base de aplicação de telas e resina para que a resistência mecânica desta rocha seja aumentada.

Com relação à resistência ao impacto a rocha em estudo apresentou um valor satisfatório, ficando acima dos limites mínimos sugeridos na norma NBR, o que credencia esta rocha para ser utilizada nas mais diversas aplicações.

Quanto ao desgaste abrasivo Amsler apresentado pela rocha em estudo este se encontra abaixo do valor mínimo estipulado pela norma NBR, credenciando assim a rocha para ser utilizada em áreas de pisoteio moderado.

Por fim pode-se concluir ao final deste trabalho que a rocha em estudo por apresentar uma excelente qualidade estética e parâmetros tecnológicos em sua maioria aceitáveis em termos normativos pode ser utilizada no mercado de rochas ornamentais, com as devidas precauções em relação aos esforços mecânicos, absorção de água a alterabilidade.

REFERÊNCIAS

- I Vidal FWH, Castro NF, Hélio CAA. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI; 2013. 700 p.

- 2 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15.844: Rochas para Revestimento – Requisitos para granitos. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.
- 3 American Society for Testing and Materials. ASTM C-615: Standard Specification For Granite Dimension Stone. West Conshohocken: ASTM; 1992.
- 4 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15.845: Rochas para Revestimento – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT; 2010
- 5 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 12.042: Materiais Inorgânicos – Determinação do Desgaste por Abrasão. Rio de Janeiro: ABNT; 1992.
- 6 Queiroz CPJ, Caranassios A. Petrografia microscópica e caracterização de rochas ornamentais. In: I Jornada do Programa de Capacitação Interna – CETEM; 2007; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI.
- 7 Araújo MMA. Caracterização tecnológica do granito dália para fins ornamentais [dissertação]. Recife: Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE; 2015.

Recebido em: 10 Jan. 2018

Aceito em: 30 Abr. 2018