

# CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO GRANITO “EXÓTICO FUJI” PARA USOS ORNAMENTAIS

Alinne Marianne Martins Araújo<sup>1</sup>

Antônio Augusto de Sousa<sup>2</sup>

Maria Carolina de Albuquerque Feitosa<sup>1</sup>

Glenda Aparecida Rodrigues de Oliveira<sup>1</sup>

## Resumo

A caracterização tecnológica é de grande importância para as rochas usadas como pedra de revestimento, devendo ser realizada logo na etapa da pesquisa mineral, quando já se deve ter conhecimento do tipo de aplicação. Neste trabalho será apresentado o estudo das propriedades de maior interesse para sua aplicação: densidade, porosidade, absorção d'água, resistência à compressão uniaxial, resistência à flexão e resistência ao impacto. O objetivo do trabalho foi caracterizar uma rocha ígnea pegmatítica denominada comercialmente Granito “Exótico Fuji”, que ocorre no município de Pedra Lavrada, estado da Paraíba. Os resultados obtidos foram comparados com os valores limites sugeridos pelas normas e pela literatura.

**Palavras-chaves:** Rochas ornamentais; Caracterização tecnológica; Pegmatito; Granito.

## TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF “EXOTIC FUJI” GRANITE FOR ORNAMENTAL USES

## Abstract

Technological characterization is of great importance for rocks used as coating stone. It should be performed soon in the mineral exploration stage, when the type of application should have already known. In this work, the study of the most interesting properties to its application will be put forward: density, porosity, water absorption, uniaxial compressive strength, flexural strength and impact resistance. The aim of this article was to characterize a pegmatitic igneous rock commercially called “Exotic Fuji” Granite, which occurs in the city of Pedra Lavrada, state of Paraíba. The results were compared to the limit values suggested by standards and literature.

**Keywords:** Ornamental rocks; Technological characterization; Pegmatite; Granite.

## I INTRODUÇÃO

Devido à grande variedade e versatilidade, as rochas vêm sendo utilizadas no decorrer da história em diversas situações por engenheiros, arquitetos e artesãos, estimulando a criatividade dos profissionais ligados à área. Sabe-se que rochas são corpos sólidos naturais resultantes de um processo geológico determinado, formadas pelo agregado de um ou mais minerais, arranjados segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante a sua formação [1]. Portanto as rochas podem apresentar características estéticas e físico-mecânicas muito diferentes, o que aponta, já a princípio, a não possibilidade de uma padronização de uso. Destaca-se, então, a importância de aliar ao padrão estético, as características tecnológicas ao uso previsto. Partindo disto, é necessário determinar as características físicas e mecânicas das rochas, assim como as

propriedades químicas, composição mineralógica e descrição petrográfica do material pétreo e também os aspectos estéticos brilho, cor e textura. O conhecimento destas qualidades do material rochoso facilita sua adequação ao uso.

A rocha ornamental é utilizada com diferentes modalidades de acabamento tais como flamejada, apicoada, levigada ou polida. O granito “Exótico Fuji” é comercializado, na forma de blocos para indústrias de beneficiamento situadas na Paraíba, em outros estados da federação ou exportado na forma de chapas polidas ou ladrilhos. A atividade extrativa é desenvolvida à céu aberto, na forma de bancadas, com avanço no sentido do topo da estrutura pegmatítica, através da lavra em encosta em uma frente de lavra com bancadas com altura média em torno de 10,00 (dez) metros.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, PE, Brasil. E-mail: [alinne.marianne@gmail.com](mailto:alinne.marianne@gmail.com).

<sup>2</sup>Departamento de Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campina Grande, PB, Brasil.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi realizada uma visita de campo para análise do do maciço rochoso. Em seguida foram obtidas as amostras de cada frente de lavra do granito em estudo para os devidos ensaios e análises laboratoriais que visaram o conhecimento de parâmetros físicos, mecânicos, petrográficos e mineralógicos. Os ensaios de caracterização tecnológica realizados foram: análises petrográficas, densidade aparente, absorção d'água, porosidade, resistência a compressão uniaxial simples, resistência a flexão e resistência ao desgaste abrasivo Amsler. Abaixo pode ser observada a chapa polida do granito “Exótico Fuji”, material objeto de estudo (Figura 1).

### 2.1 Caracterização Geológica

A área está situada na região do Seridó Paraibano, mais precisamente nos Sítios Serra Branca / Serra Verde, município de Pedra Lavrada – PB (Figura 2) e inserida na Folha Picuí, (Referência: SB.24-Z-B-VI, Sudene - Ano 1985), conforme Beltrão [2]. O acesso à área se faz a partir de Campina Grande – PB, através da BR 230, onde se percorre 60 Km, até a sede do Município de Soledade - PB. A partir daí o trajeto se faz pela Rodovia PB 177, na direção Norte, sentido da cidade de Picuí - PB, percorrendo-se 20 Km até a sede do Distrito de Seridó. Daí, na direção sudoeste/oeste, segue-se por uma estrada carroçável, no sentido dos Sítios Serra Branca / Serra Verde, percurso aproximado de 10 Km, até alcançar a área objeto da extração de blocos de rocha ornamental.

### 2.2 Método de Lavra

A princípio foi realizado um reconhecimento de toda a área, com o objetivo de identificar e mapear os corpos potencialmente favoráveis ao processo extrativo. A Figura 3 revela umas das frentes de lavra da pedreira. A extração é feita utilizando o método de lavra de bancadas altas, a principal tecnologia de extração é o corte com fio diamantado. Primeiro é feita a subdivisão de pranchas de aproximadamente 20 metros de altura para depois dividir em blocos menores com volumes de aproximadamente 9 a 12 m<sup>3</sup>, tamanho necessário para poder produzir chapas no beneficiamento.

### 2.3 Análise Petrográfica

De acordo com Abirochas [3], a análise petrográfica constitui o único método de investigação laboratorial que possibilita a visualização detalhada dos constituintes da rocha, permitindo avaliar as implicações de suas propriedades no comportamento posterior dos produtos aplicados. A análise petrográfica foi executada através do exame macroscópico de amostra in natura, segundo ABNT NBR 15845 [4].



Figura 1. Chapa polida do material exótico Fuji.

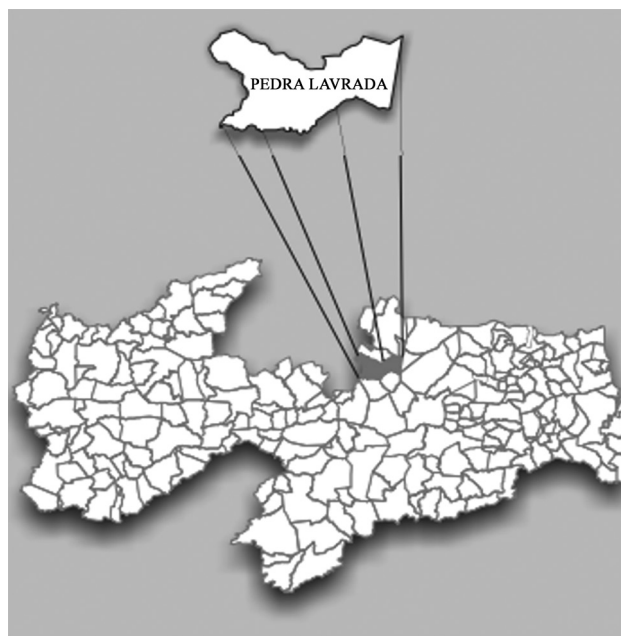


Figura 2. Localização da área objeto da pesquisa [2].



Figura 3. Vista da frente de lavra do granito “Exótico Fuji”.

## 2.4 Índices Físicos

Os índices físicos abrangem a massa específica aparente, absorção d’água e porosidade aparentes. O ensaio de determinação dos índices físicos consiste em definir a relação básica entre a massa e o volume das amostras através das propriedades de massa específica aparente (densidade), porosidade e absorção d’água, conforme ABNT NBR 15845 [5]. Foram preparados 10 (dez) corpos de prova de (5×5×2)cm em chapa polida, os quais são lavados em água corrente, pesados, e colocados para secar em estufa ventilada, temperatura de 70°C, por 24 horas. Após secagem, as amostras são pesadas obtendo-se a massa seca (Mseca.). Posteriormente, os corpos de prova foram colocados em bandeja com água destilada na medida 1/3 de sua altura; após 4 horas foram completados 2/3 de água e deixados por mais 40 horas. Transcorridas às 48 horas de submersão, os corpos de prova foram pesados individualmente em balança hidrostática, modelo AS500C com precisão 0,01g, e capacidade máxima de 500g da marca Marconi, e determinadas suas massas submersas (Msub.). Depois, os corpos de prova foram emersos, sua superfície enxuta em toalha absorvente e em seguida pesados e determinados as suas massas saturadas (Msat.). Os ensaios foram realizados no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

## 2.4 Resistência à Compressão Uniaxial

O ensaio de resistência à compressão determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é avaliar a resistência da rocha quando utilizada como elemento estrutural e obter um parâmetro indicativo de sua integridade física [6]. A tensão suportada varia de acordo com a composição mineralógica, a textura, o estado de alteração e a porosidade do material [7]. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco de acordo com ABNT NBR 15845 [8]. O procedimento consiste em submeter cinco corpos-de-prova cúbicos com dimensões (7×7×7)cm, na condição seca. Antes do ensaio, os corpos de prova permaneceram na estufa (70°C +/- 5°C) por 48 horas. Depois, as amostras foram inseridas uma por vez na prensa hidráulica da marca WPM, e submetidos à ação de uma força de compressão, sob uma taxa de carregamento de 300KN/min.

## 2.5 Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento em três pontos)

O ensaio de flexão por carregamento em três pontos, ou ainda, módulo de ruptura, determina a tensão (MPa) que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços flexores, permitindo avaliar sua aptidão para uso em revestimento, ou elemento estrutural, e também fornece

um parâmetro indicativo de sua resistência à tração [6]. Foram confeccionados corpos de prova, com dimensões de (5x10x20) cm, para a realização de ensaio na condição seca, sendo 5 corpos-de-prova ensaiados na direção perpendicular ao plano de fraqueza e 5 na direção paralela ao plano de fraqueza. Os corpos de prova foram inseridos um por vez na prensa hidráulica manual SOLOTEST, com capacidade de 20 toneladas, e submetidos à ação de esforços flexores. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, conforme ABNT NBR 15845 [9].

## 2.6 Desgaste Abrasivo Amsler

Para o ensaio de desgaste abrasivo foram confeccionados cinco corpos de prova com dimensões de (7x7x2) cm, os quais tiveram suas espessuras medidas antes e após desgaste abrasivo em um percurso inicial de 500 metros e posteriormente de 1000 metros, frente ao atrito com areia quartzosa seca nº 50 com 92% de sílica (SiO<sub>2</sub>), realizada na Máquina Amsler. Esse ensaio determina a resistência ao desgaste do material pétreo frente ao tráfego de pessoas e/ou veículos, “Frasca [6]”. Os ensaios foram executados segundo ABNT NBR 12042 [10], no Laboratório de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco.

## 3 RESULTADOS

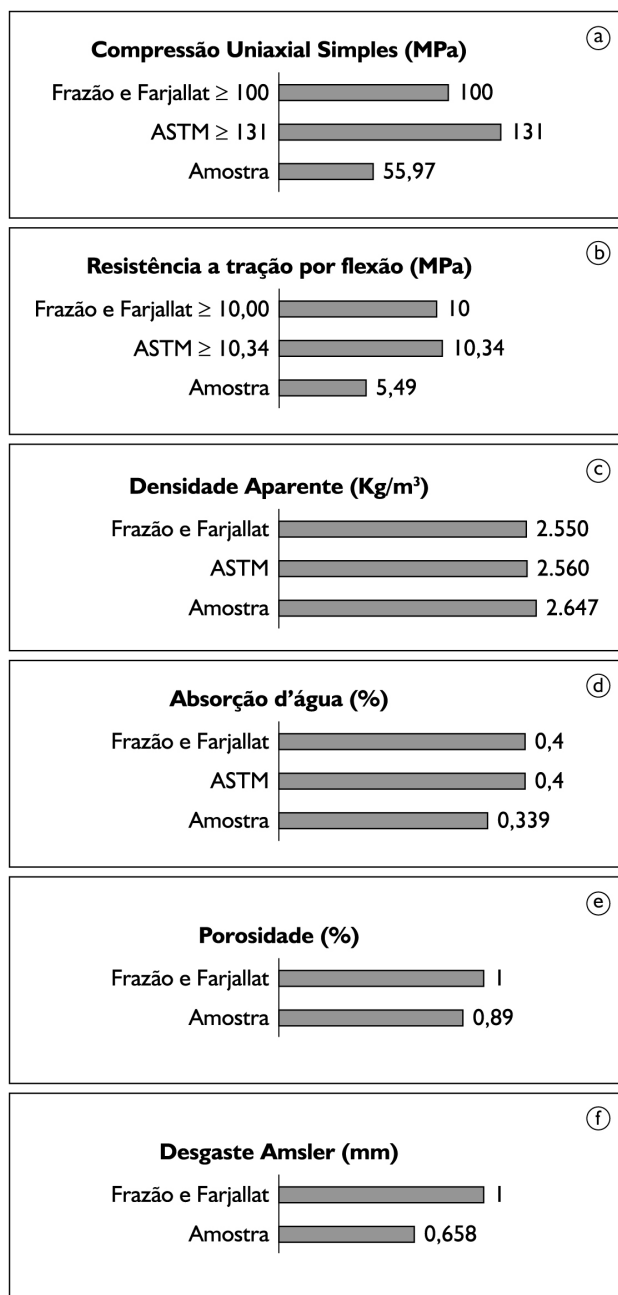
Os ensaios foram realizados segundo ABNT 15845 [11] e comparados com os valores limite fixados nas normas propostas por Frazão e Farjallat [12] e ASTM C-615 [13], conforme visto na Figura 4. Os ensaios realizados foram índices físicos, compressão uniaxial simples, resistência a tração por flexão (carregamento de 3 pontos) e desgaste “Amsler”.

## 4 DISCUSSÃO

Ciente das características tecnológicas das rochas ornamentais pode-se então, orientar sua aplicação e uso. A seguir são discutidos os resultados obtidos na análise petrográfica e nos ensaios tecnológicos.

### 4.1 Descrição Petrográfica

Trata-se de uma rocha ígnea róseo caramelada, pegmatítica, com textura porfirítica heterogênea, essencialmente feldspática, com intercrescimentos gráficos (quartzo) visíveis a olho nu, e uma quantidade significativa de granada. O exame microscópico em lâmina delgada consiste na descrição dos minerais e suas inter-relações (ou arranjo textural), com a observação do estado microfissural e grau de alteração de seus constituintes minerais, além da classificação formal da rocha. As análises petrográficas foram realizadas no laboratório



**Figura 4.** Comparação dos resultados obtidos com a norma da ASTM C-615 [13] e Frazão e Farjallat [12].

do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco, conforme "ABNT NBR 15845 [4]". De um modo geral, a rocha é composta por 70% a 80% de microclina / plagioclásios, de 20% a 30% de quartzo, biotita <3% e outros minerais acessórios. Conforme se observa na Figura 1 a rocha oferece um bom padrão estético e boa refletância em função do predomínio dos feldspatos. Há presença de quartzo translúcido e leitoso. O feldspato subjacente ao quartzo leva a um efeito nacarado, já a presença da granada se sobressai com sua cor forte vermelha, o que é bastante apreciado em peças ornamentais exóticas.

## 4.2 Índices Físicos

Os resultados obtidos na determinação da densidade, porosidade e absorção d'água aparente fornecem a caracterização das propriedades físicas da rocha [3]. Os valores médios obtidos do granito "Exótico Fuji" foram 2.647 kg/m<sup>3</sup> para a densidade aparente; 0,339% para absorção d'água e 0,89% para porosidade.

De acordo com Frascá [14], a absorção d'água e a porosidade refletem na resistência mecânica, significando que não havendo espaços vazios na rocha, nem microfissuras, a absorção d'água da rocha será baixa, resultando numa melhor resistência mecânica para pisos. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios quando comparados com Frazão e Farjallat [12], ASTM C-615 [13]. É importante salientar que os mesmos não foram relacionados com valores da ABNT NBR 15845 [11], pois, os padrões de referência da ABNT NBR 15845 [11] encontram-se incluídos nos limites propostos por Frazão e Farjallat [12]. Os gráficos (c, d, e) da Figura 4, assim como a Tabela 1, comparam os resultados obtidos com os valores limites citados.

## 4.3 Compressão Uniaxial

As amostras foram divididas em dois grupos: grupo I, que tiveram a carga de compressão aplicada na direção perpendicular ao plano de fraqueza, e grupo II com a carga aplicada na direção paralela ao plano de fraqueza da rocha. Observa-se que os valores determinados para a resistência à compressão do "Exótico Fuji" são inferiores àqueles sugeridos por "Frazão e Farjallat [12]" e "ASTM C-615 [13]". Como o granito "Exótico Fuji" é um pegmatito, possui grãos grandes e pequenos, e também a intrusão de veios de feldspatos que originam microfissuras, acarretando assim, em uma resistência a compressão baixa como pode ser observado no gráfico "a" da Figura 4.

## 4.4 Resistência a Flexão por Carregamento em 3 pontos

Os valores determinados indicam a tensão máxima de flexão que a rocha suporta. Esta tensão depende da superfície e espessura das placas externas a serem ancoradas [15]. Como pode ser observado, tanto no gráfico "b" como na Tabela 1, o valor obtido do granito "Exótico Fuji" foi de 5,49 MPa. Comparando-se com os valores limite sugeridos por Frazão e Farjallat [12] e ASTM C-615 [13] verifica-se que a resistência a tração por flexão é baixa. Em face disso esse material deve ser utilizado com restrições em relação a aplicações estruturais, onde esteja sujeito a solicitações dessa natureza.

## 4.5 Desgaste Amsler

A norma ASTM C-615 [13] não especifica valores limites como referência para o desgaste abrasivo. Entretanto os valores sugeridos por Frazão e Farjallat [12], estabelece

**Tabela I.** Comparação dos resultados obtidos para o granito Exótico Fuji com os valores padronizados pela ASTM C 615, ABNT NBR 15845 e os valores sugeridos Frazão e Farjallat [12,14]

Propriedades	Valores fixados pela ASTM C 615	Valores sugeridos por Frazão & Farjallat	Exótico Fuji
Densidade Aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	≥2.560,00	≥2.550	2.647
Porosidade Aparente (%)	n.e.	≤1,0	0,89
Absorção D`água (%)	≤0,4	≤0,4	0,339
Desgaste Amsler (mm)	n.e.	≤1,0	0,658
Compressão Uniaxial (MPa)	≥131,0	≥100,0	55,97
Flexão Módulo de Ruptura (MPa)	≥10,34	≥10,0	5,49

Fonte: Modificada de Frascá [14].

um limite de  $\leq 1,0$  mm de desgaste, para percurso abrasivo de 1000 m, para que as rochas sejam consideradas de boa qualidade para serem utilizadas em pavimentação. O percentual de quartzo neste material é de (20-30%), o teor de feldspatos, representados pela microclina e plagioclásio, é bastante significativo (70-80%). Sendo os feldspatos minerais de dureza 6 na Escala de Mohs (apenas um ponto inferior ao quartzo cuja dureza é 7), esta elevada dureza proporciona ao granito “Exótico Fuji” alta resistência ao desgaste abrasivo.

## 5 CONCLUSÕES

As características físico-mecânicas do granito “Exótico Fuji” estão diretamente relacionadas à sua composição mineralógica, textura e estrutura internas, que, em síntese, definem sua melhor aplicação. Possui boa qualidade estético-decorativa, preço competitivo e suas características tecnológicas são adequadas às principais aplicações de rochas ornamentais. Através da visita à pedreira percebe-se que há a necessidade de um estudo de otimização da etapa de extração de blocos, a fim de aumentar a recuperação do

maciço e melhorar a qualidade do granito “Exótico Fuji”, amenizando a propagação de microfissuras no bloco. Cuidados no manuseio, transporte e corte também devem ser tomados para tal objetivo.

Com relação aos resultados obtidos para os índices físicos pode-se dizer que atende aos requisitos da norma da ASTM C 615 e Frazão e Farjallat [12], tendo densidade aparente de 2.647 Kg/m<sup>3</sup>, absorção d`água de 0,339% e porosidade de 0,89%. O resultado de resistência a compressão uniaxial foi de 55,97 MPa e resistência à tração por de 5,49 MPa os quais ficaram abaixo do valor sugerido pela ASTM C 615 e Frazão e Farjallat [12] levando em consideração que o material é um pegmatito. O resultado de resistência ao desgaste abrasivo Amsler foi de 0,658mm foi bastante satisfatório comparando com o valor sugerido por Frazão e Farjallat [12].

## Agradecimentos

Agradecemos a empresa FUJI S/A – Mármore e Granitos, por fornecer os dados da pedreira em estudo que permitiram a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 Frascá MHBO. Qualificação de rochas ornamentais e para revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste; 2002; Salvador, Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT; 2002. p. 128-135.
- 2 Beltrão BA. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado Paraíba: diagnóstico do município de Pedra Lavrada. Recife: CPRM; 2005 [acesso em 5 mar. 2015]. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/PEDRI34.pdf>
- 3 Abirochas. A diversidade das rochas ornamentais: critérios de especificação e aplicação em revestimentos; 2009 [acesso em 28 jan. 2015]. Disponível em: [http://www.ivolution.com.br/news/upload\\_pdf/6191/ApresentaExpoacabamentos.pdf](http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/6191/ApresentaExpoacabamentos.pdf).
- 4 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15845. Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. ANEXO A (normativo) Análise Petrográfica. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.
- 5 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15845. Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. ANEXO B (normativo) Densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.

- 6 Frascá MHBO. Qualificação de Rochas Ornamentais e para Revestimento de Edificações: Caracterização Tecnológica e Ensaio de Alterabilidade. In: Anais I Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste; 2001; Salvador, Bahia. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; 2001. p, 128-135.
- 7 Kalix TMF. Estudo de caracterização tecnológica com ênfase em alterabilidade dos tipos comerciais do “granito” marrom imperial [dissertação de mestrado]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2011.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15845: rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. ANEXO E (normativo) Resistência à Compressão Uniaxial. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15845. Rochas para revestimento: métodos de ensaio. ANEXO F (normativo) Módulo de Ruptura (Flexão por carregamento de três pontos). Rio de Janeiro: ABNT; 2010.
- 10 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 12042: Materiais inorgânicos: determinação do desgaste por abrasão. Rio de Janeiro: ABNT; 1992.
- 11 Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15845: Rochas para revestimento: métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.
- 12 Frazão EB, Farjallat JES. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: 1º Congresso Internacional da Pedra Natural. 1995; Lisboa, Portugal. Lisboa: CIMPOR; 1995. p. 47-58.
- 13 American Society for Testing and Materials. ASTM C 615: standard specification for granite dimension stone. West Conshohocken: ASTM; 2015.
- 14 Frascá MHBO. Estudos experimentais de alterabilidade acelerada de rochas graníticas para revestimento [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2003.
- 15 Iamaguti APS. Manual de rochas ornamentais para arquitetos [dissertação de mestrado]. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; 2001.

Recebido em: 20 Mar. 2015

Aceito em: 31 Maio 2015