



**ENTAC2006**

**A CONSTRUÇÃO DO FUTURO** XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **ROCHAS ORNAMENTAIS: ESPECIFICAÇÃO PARA REVESTIMENTO DE PISOS.**

**Sérgio T. F. Moreiras (1); Antenor B. Paraguassú (2); Rogério Pinto Ribeiro (3);**

(1), (2), (3)- Departamento de Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil –(1) e-mail: [strajano@gmail.com](mailto:strajano@gmail.com); (2) [nonus@sc.usp.br](mailto:nonus@sc.usp.br); (3) [ribeiro@sc.usp.br](mailto:ribeiro@sc.usp.br)

### **RESUMO**

**Proposta:** O uso de ladrilhos de rocha ornamental no revestimento de pisos possui ampla aceitação comercial devido à beleza dos padrões estético-cromáticos e a elevada durabilidade. Porém é muito comum encontrar em obras de revestimento com rochas diversas patologias como manchas, trincas, deslocamentos e outras. Isso se deve ao fato que a seleção da rocha, geralmente, é realizada apenas com base nos padrões estético-cromáticos, negligenciando as características intrínsecas da rocha. O objetivo deste trabalho foi selecionar as características mais importantes das rochas para revestimento de pisos e com os resultados dos ensaios adequar seu uso a ambientes mais propícios. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise Petrográfica, Determinação da Resistência à Abrasão Profunda, Ensaio de Resistência ao Escorregamento, Determinação do Coeficiente de Dilatação Térmica Linear, Ensaio de Resistência à Tração por Três Pontos e Resistência ao Impacto de Corpo Duro. **Resultados:** A técnica permite para determinado ambiente onde se deseja aplicar a rocha ornamental, selecionar a rocha mais adequada em função dos agentes agressivos existentes, do risco de escorregamento, do risco de queda de objetos, da intensidade do tráfego de pedestres e das solicitações mecânicas no piso. **Contribuições/Originalidade:** Seleção de rochas ornamentais para pisos com base nas suas características intrínsecas.

Palavras-chave: Rochas Ornamentais, revestimento de pisos, ladrilhos e caracterização tecnológica.

### **ABSTRACT**

**Propose:** The use of dimension stone slab has a great commercial acceptance because of his beauty and durability. In stone's job is very common the occurrence of pathologies like stain, cracks and plucking out because when people selecting the stone they do not account the rock properties. This paper intends to show how to select the stone for floor covering based on the stone properties and the place where it's built in. **Methods:** Petrographic Description, Determination of Abrasion Resistance, Determination of Slip Resistance, Determination of Thermal Dilatation Coefficient, Determination of Flexural Resistance and Impact Resistance. **Findings:** The method allows to select the stone that is more adequated to the floor characteristics. **Originality/value:** Select Dimension stone for floor covering based on stones properties.

Keywords: Dimension Stone, floor covering, slab and technological characterization.

## 1. INTRODUÇÃO

As rochas ornamentais são um produto de grande aceitação comercial, com uma grande diversidade de padrões estético-cromáticos que conferem a edificação imponência, beleza e durabilidade. No revestimento de pisos as rochas são empregadas na forma de ladrilhos sendo as dimensões mais comuns de 30x30, 40x40, 50x50 cm e espessuras de 1, 2, 3 e 4 cm. Os ladrilhos são assentados com argamassas convencionais de cimento e areia. Vêm se desenvolvendo nos últimos anos argamassas colantes para assentamento de rochas.

Dentre os mais de 500 tipos de rochas produzidos pela indústria da pedra no Brasil, o presente trabalho dará maior enfoque aos granitos. O termo granito aqui utilizado, refere-se a um grupo grande de rochas, silicáticas que geralmente contem em sua constituição quartzo, feldspato e mica, sendo os mais comuns: o granito, o gnaiss, o sienito, o diorito, e outras.

A produção dos ladrilhos começa na serragem de grandes blocos de rocha, em equipamento denominado tear multilâmina, produzindo as chapas brutas. Estas passam pelas politrizes para dar polimento, lustro e brilho. Neste momento de processo produtivo as placas estão prontas para serem desdobradas em ladrilhos.

Os especificadores na seleção do tipo de rocha para revestimento de pisos, na maioria dos casos, negligenciam as propriedades intrínsecas das rochas. Levam em conta apenas os padrões estético-cromáticos, o que é a causa de diversas patologias como manchas, trincas e deslocamentos.

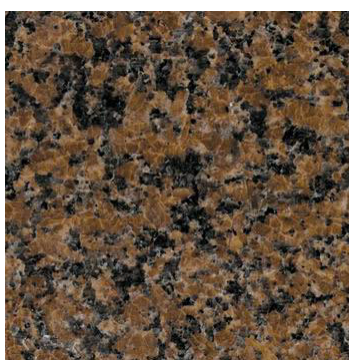
Nesse sentido o presente trabalho submeteu três tipos de granitos de ampla aceitação comercial a uma série de ensaios de caracterização tecnológica, com o objetivo de propor os ambientes mais adequados para a aplicação de cada tipo litológico em função das suas propriedades intrínsecas.

## 2. ROCHAS ESTUDADAS

Foram selecionados três granitos ornamentais, Figura 1, comercializados com as denominações de Preto Indiano, Vermelho Brasília e Verde Labrador. Os critérios para escolha foram a grande aceitação comercial e diferentes características tecnológicas de um tipo para o outro.



*Preto Indiano*



*Vermelho Brasília*



*Verde Labrador*

Figura 1 – Tipos litológicos estudados

As rochas foram submetidas à análise petrográfica, segundo as diretrizes da norma ABNT NBR12768:1992, sendo as descrições apresentadas a seguir.

**Preto Indiano** – é um migmatito, exibindo diversos graus de gnaissificação, constituído predominantemente dos seguintes minerais: andesina/oligoclásio (42,0%), quartzo (23,0%), biotita (23,0%) e microclínio (4,5%), além de sillimanita (5,0%) e muscovita (3,0%) e menos frequentemente por granada (1,0%) e cordierita (0,3%). Os minerais secundários (0,2%) são opacos, zircão, carbonatos, sericita e argilo-minerais. Apresenta textura granoblástica a granolepidoblástica, de granulação média, predominantemente entre 1,5 e 4,0 mm. Em geral, a rocha exhibe baixo microfissuramento e fraca alteração

mineral. O microfissuramento é predominantemente intragrãos. As microfissuras são de pequena extensão e normalmente preenchidas por sericita e muscovita. A alteração mineral relaciona-se principalmente aos cristais de silimanita e à alguns cristais de plagioclásio.

**Vermelho Brasília** - é um sienogranito, de coloração vermelha, inequigranular de granulação grossa, oscilando desde 3 mm até mais de 50 mm. Seus minerais essenciais são quartzo (32,0%), microclínio (41,0%), oligoclásio (16,0%) e biotita (5,0%); como acessórios (2,0%) opacos, apatita, zircão e granada e minerais secundários (< 4,0%) sericita, muscovita, epidoto, clorita, carbonatos, argilo-minerais e hidróxidos de ferro. O grau de microfissuramento é baixo, predominantemente intergranular, nos cristais de quartzo. Quando abertas, as microfissuras mostram-se preenchidas por minerais opacos, sericita e algum epidoto. A alteração mineral é fraca a moderada, caracterizada por visível argilo-mineralização dos cristais de feldspatos. Os cristais de plagioclásio são os mais afetados (Figura 2), principalmente em seus núcleos.

**Verde Labrador** - é um charnockito (hiperstênio sienogranito) com granada. Apresenta estrutura maciça com coloração verde-escura acastanhada e granulação de fina a grossa, variando de 2 a 25mm. Seus minerais essenciais são quartzo (15,0%), microclínio (40,0%), oligoclásio (20,0%), biotita (5,0%), hiperstênio (5,0%), hornblenda (5,0%), granada (5,0%), como acessórios (5,0%) opacos, alanita, apatita e zircão e minerais secundários (< 4,0%) filossilicatos, carbonato e hidróxidos de ferro. O grau de microfissuramento é intenso, o maior das três rochas em estudo, predominantemente intergrão. As transformações minerais são moderadas, evidenciadas pela alteração deutérica de feldspatos, a partir de microfissuras, em argilominerais e sericita, com hidróxidos de ferro associados. O hiperstênio encontra-se fortemente alterado ao longo e próximo de clivagens.

### 3. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

#### 3.1. Índices Físicos

Norma: ABNT NBR 12766:1992.

O objetivo desse ensaio é a determinação da massa específica aparente seca e saturada, a porosidade aparente e o índice de absorção de água de rochas que se destinam ao uso como material de revestimento.

A massa específica aparente é utilizada para determinar o peso próprio das placas de rochas. A porosidade aparente, a absorção d'água aparente e por capilaridade são aspectos que devem ser considerados na seleção de rochas que ficam expostas as intempéries e a ambientes de elevada umidade.

#### 3.2. Resistência ao desgaste

O ensaio de abrasão profunda foi originalmente desenvolvido para ladrilhos cerâmicos e mede o comprimento da ranhura provocada por um disco de aço em uma superfície plana de um corpo de prova, utilizando-se a máquina Capon. COMAZZI *et al.* (1995) demonstraram a sua adequabilidade para medidas de abrasão em mármore e granitos e, desde então, tem sido usado para estudos em rochas ornamentais pelo Comitê Europeu de Normatização.

Para a sua determinação, foram utilizados 3 corpos-de-prova de 10x10x2cm de cada granito, obtidos pelo corte de ladrilhos comerciais.

Seguindo-se as diretrizes da norma NBR 13818 (ABNT, 1997), cada corpo-de-prova foi colocado no abrasímetro de modo a tangenciar o disco rotativo. O reservatório do equipamento foi preenchido com alumina (grana 80) e ajustado para permitir um fluxo contínuo durante a rotação do disco.

A resistência à abrasão profunda é expressa em volume de material removido(mm<sup>3</sup>), calculado pelo comprimento da cavidade “C<sub>cav</sub>”.

Este ensaio é determinante para rochas que se destinam para revestimento de pisos. Materiais com baixos índices de desgaste são ideais para uso em locais de alto tráfego, como estações rodoviárias, shoppings, metrô e outros.

### **3.3. Coeficiente de atrito dinâmico**

Pode ser definido como a relação entre as força tangencial e vertical que atuam sobre a superfície ensaiada. É medido com um equipamento denominado “scivolosímetro”, que foi desenvolvido para ensaios em ladrilhos cerâmicos.

O ensaio é realizado de acordo com as diretrizes da norma NBR 13818 (ABNT, 1997), sendo inicialmente montada uma pista com 40 cm de largura por 200 cm de comprimento constituída por cinco ladrilhos. As medições foram realizadas com a superfície seca e molhada.

Depois de posicionado sobre a superfície da pista, o scivolosímetro percorreu uma distância aproximada de 150 cm. Para cada ladrilho são anotadas 6 medidas e, então, os valores mínimos e máximos de coeficiente de atrito indicados no equipamento são calculados.

### **3.4. Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear**

Norma: ABNT NBR12765:1992

O objetivo deste ensaio é a determinação do coeficiente de dilatação térmica de rochas para revestimento. Esse é um dos parâmetros utilizados para determinação do espaçamento das juntas entre ladrilhos de rochas empregadas como material de revestimento.

Devem ser retirados dois corpos de prova cilíndricos, em posições que representem as duas direções da placa, com 3 cm de diâmetro e no mínimo o dobro de altura.

As amostras são submetidas a aquecimento de 0°C até 50°C e posterior resfriamento no mesmo intervalo de temperatura, determinando-se a variação do comprimento nas duas situações e os coeficientes de dilatação térmica respectivos.

O resultado final se dá pela média das leituras do resfriamento e aquecimento dos dois corpos-de-prova.

### **3.5. Resistência ao impacto de corpo duro**

Normas: ABNT NBR 12764:1992,

Esse ensaio determina a resistência ao impacto de corpo duro de amostras de rocha em forma de placa com dimensões de 20x20x3 cm, através da queda de uma esfera de aço, com 1 kg e diâmetro de 6 cm, assentada sobre um colchão de areia.

A esfera é abandonada em queda livre com altura inicial de 20 cm. O procedimento é repetido aumentando-se a altura de queda de 5 em 5 centímetros até que ocorra a ruptura da placa, sendo esta altura o parâmetro de resistência. Caso ocorram lasqueamento e fissuras na placa essas também devem ser registradas. O resultado final será a média aritmética das alturas que rompem os cinco corpos-de-prova.

Esse ensaio tem importância para rochas a serem empregadas nos revestimentos de pisos, paredes até 1,5 metros de altura, degraus, soleiras, mesas, balcões, pias e outros. Quanto maiores forem os valores das alturas encontrados nos resultados, maior será a resistência ao impacto do material.

### **3.6. Resistência à tração por três pontos**

Normas: ABNT NBR 12763:1992,

Esse procedimento de ensaio fornece o módulo de ruptura, conhecido também como tração na flexão de rochas, que se destinam a material de revestimento.

Para tal, amostras prismáticas com dimensão de 20x10x5cm são fixadas em prensa hidráulica sendo a carga aplicada no cutelo superior a uma taxa de carregamento de aproximadamente 0,6 MPa/s até que ocorra a ruptura do corpo-de-prova.

Com a carga de ruptura (P) se calcula a tensão de ruptura à tração na flexão pela equação a seguir:

$$\sigma_t = 3PL/2bd^2$$

Onde: L – vão de ensaio; b – largura do corpo-de-prova; d – altura do corpo-de-prova

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Índices Físicos

Tabela 1 – Resultados do ensaio dos índices físicos

<b>MATERIAL</b>	<b><math>\rho_{sec}</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\rho_{sat}</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>\eta</math> (%)</b>	<b><math>\alpha</math> (%)</b>
Preto Indiano	2.770	2.780	0,98	0,35
Vermelho Brasília	2.621	2.628	0,69	0,26
Verde Labrador	2.677	2.685	0,24	0,09

Onde  $\rho_{sec}$  – massa específica aparente seca;  $\rho_{sat}$  - massa específica aparente seca;  $\eta$  – porosidade aparente;  $\alpha$  – absorção d'água

### 4.2. Abrasão profunda

Tabela 2 – Resultados do ensaio de abrasão profunda

<b>MATERIAL</b>	<b><math>C_{cav}</math> (mm)</b>	<b>V (mm<sup>3</sup>)</b>
Preto Indiano	25	128,3
Vermelho Brasília	24,4	120,6
Verde Labrador	22,6	92,6

### 4.3 . Atrito Dinâmico

Tabela 3 – Resultados do ensaio de atrito dinâmico.

<b>MATERIAL</b>	<b>Coefficiente de atrito dinâmico</b>	
	<b>Superfície seca</b>	<b>Superfície molhada</b>
Preto Indiano	0,52	0,44
Vermelho Brasília	0,57	0,49
Verde Labrador	0,40	0,36

#### 4.4. Coeficiente de dilatação térmica linear

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de dilatação térmica linear

MATERIAL	Coeficiente de dilatação térmica $\beta$ ( $10^{-3} \text{ mm/m}^\circ\text{C}$ )
Preto Indiano	7,65
Vermelho Brasília	5,6
Verde Labrador	6,4

#### 4.5. Tração na flexão

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de tração na flexão

MATERIAL	Tensão de ruptura (Mpa)
Preto Indiano	7,52
Vermelho Brasília	11,85
Verde Labrador	11,26

#### 4.6. Impacto de corpo duro

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de impacto de corpo duro

MATERIAL	Ruptura (m)
Preto Indiano	0,74
Vermelho Brasília	0,49
Verde Labrador	0,44

### 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Da petrografia observa-se que das três rochas apenas o Verde Labrador possui microfissuramento intenso, sendo vetado o seu uso em ambientes sujeito a vibrações (mêtro, rodoviária, aeroportos, calçamentos próximos a vias tráfegáveis e etc), que possam propagar essas fraturas. Das três rochas também é a única que possui alteração mineral evidenciada, sendo vetado seu uso em ambientes externos e sujeitos a água de lavagem concentrada.

A espessura das placas determina-se pelas diretrizes da norma CEN EN 1341:2001, com a tensão de ruptura do corpo-de-prova (Tabela 5), da carga de ruptura (função da classe de uso – Tabela 7), do comprimento do ladrilho e do comprimento do vão do ensaio de flexão. A espessura dos ladrilhos pode ser obtida pela expressão seguinte:

$$t = \sqrt{\frac{1,6 \times 1500 \times L \times P}{R \times W}}$$

Onde t – espessura do ladrilho (mm); L – comprimento do vão do ensaio de flexão (mm); P – carga de ruptura (KN); R – tensão de ruptura (MPa); W – comprimento do ladrilho (mm).

Tabela 7 – Carga de ruptura mínima em função da classe de uso. Fonte: CEN EN 1341:2001.

Classe	Carga de ruptura mínima (KN)	Usos
1	0,75	Somente pedestres
2	3,5	Pedestres e bicicletas
3	6,0	Entrada de garagem, motos e veículos leves
4	9,0	Áreas de pedestres com uso ocasional de veículos
5	14,0	Áreas de pedestres com uso ocasional de veículos pesados
6	25,0	Ruas e postos de gasolina

A Tabela 8 apresenta o cálculo da espessura dos três tipos litológicos estudados, considerando ladrilhos de 40 x 40 cm e classe de uso 2.

Tabela 8 – Espessuras do ladrilho calculada de acordo com a norma CEN EM 1341:2001

MATERIAL	Tensão de ruptura (Mpa)	Espessura Calculada (mm)	Espessura Comercial (mm)
Preto Indiano	7,52	22	30
Vermelho Brasília	11,85	18	20
Verde Labrador	11,26	18	20

O não atendimento dessa espessura é a causa mais comum de ocorrência de trincas nas bordas dos ladrilhos, conforme Figura 2.



Figura 2 – Trinca na borda do ladrilho, cuja causa mais provável é a espessura insuficiente.

Quando do assentamento das placas devem ser previstas as juntas entre ladrilhos, que são determinadas através da expressão:

$$j = l \times \beta \times \Delta T$$

Onde:  $j$  – espaçamento mínimo da junta,  $l$  – comprimento do ladrilho,  $\beta$  - coeficiente de dilatação térmica e  $\Delta T$  é a variação de temperatura.

Para calcular as juntas entre placas consideraremos novamente ladrilhos de 40 x 40 cm,  $\beta$  obtido do ensaio de dilatação térmica e  $\Delta T$  igual a 50 °C de acordo com a norma ABNT NBR12765:1992.

Tabela 9 – Espessuras calculadas das juntas entre placas

<b>MATERIAL</b>	<b>Coeficiente de dilatação térmica <math>\beta</math> (<math>10^{-3}</math> mm/m°C)</b>	<b>Espessura Calculada (mm)</b>
Preto Indiano	7,65	0,15
Vermelho Brasília	5,6	0,11
Verde Labrador	6,4	0,13

Na prática observa-se que a espessura das juntas entre placas para ladrilhos de 40x40 cm está entre 1 e 2 mm, o que é suficiente para acomodar as deformações dos três tipos de rochas estudadas.

Essas juntas são preenchidas com nata de cimento após o assentamento das placas. Se esse preenchimento não for muito bem controlado, podem ocorrer vazios nas juntas, que permitirão a entrada de água no piso causando manchas (Figura 3). Outra questão é que em locais sujeitas a grande variação de temperatura, como ambientes externos, o rejunte composto apenas de cimento não é capaz de acomodar estas deformações e pode trincar causando também manchas.

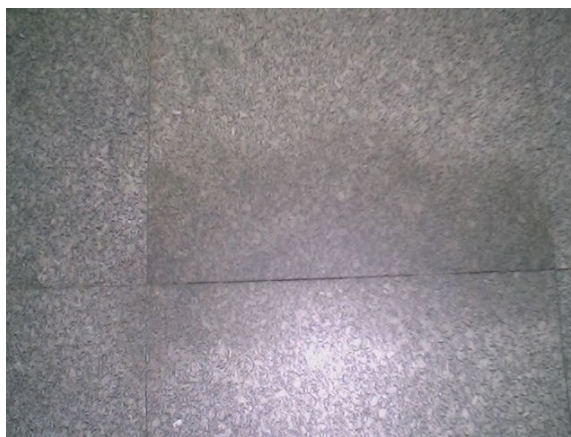


Figura 3 – Piso da estação Consolação do metrô de São Paulo, onde se observa a ocorrência de manchas, devido a inexistência ou destacamento do rejunte na junta entre ladrilhos.

É importante conhecer o parâmetro de desgaste abrasivo da rocha, pois rochas com baixas resistências ao desgaste abrasivo em locais sujeitos a elevado tráfego de pessoas podem sofrer desgaste excessivo comprometendo seu uso. Nesse sentido Gonzalez-Mesones (2005) apresenta na Tabela 10.valores mínimos do parâmetro de resistência ao desgaste (obtido pelo ensaio de abrasão profunda) em função da intensidade de uso.



Tabela 10 – Valores mínimos do ensaio de resistência Capon em função da intensidade de uso. Fonte: Gonzalez-Mesones (2005)

Usos	Medida do desgaste Capon
Individual	26
Normal	24
Coletivo intenso e lento	22
Degraus de escada	20
Coletivo intenso e rápido	20

Comparando os resultados desta tabela com os resultados da Tabela 2 observa-se que o Preto Indiano e o Vermelho Brasília se destinam a ambientes com intensidade normal de tráfego e o Verde Labrador a ambientes com tráfego intenso e lento.

A Tabela 3 contém os valores médios do coeficiente de atrito dinâmico em superfície seca e molhada das rochas estudadas. O charnockito “Verde Labrador” apresentou valores inferiores a 0,4, ou seja, segundo a norma NBR 13818 (ABNT, 1997) é indicado para condições normais de uso. O migmatito “Preto Indiano” e o sienogranito “Vermelho Brasília” que apresentaram valores superiores a 0,4, podem ser utilizados em locais onde se requer certa resistência ao escorregamento.

A resistência ao impacto de corpo duro é a propriedade da rocha que denota maior ou menor capacidade de receber o impacto de objetos. Ainda não existe para as rochas ornamentais classificação da resistência ao impacto de corpo duro em função do local de uso. Da análise dos resultados observa-se que o Preto Indiano é muito mais resistente que as outras duas rochas, que apresentam valores quase semelhantes.

## 6. CONCLUSÕES

As propriedades intrínsecas das rochas avaliadas nesse trabalho são uma ferramenta importante para a seleção das rochas em função do local de uso a que se destinam, evitando a ocorrência de diversas patologias que comprometeriam o desempenho e a durabilidade do piso.

No migmatito Preto Indiano não se constatou alto índice de microfissuramento o que permite utilizá-lo em regiões sujeitos a vibrações (metros, rodoviárias, aeroportos e etc), também não se constatou alteração evidenciada o que permite aplicá-los em ambientes externos e sujeitos a águas de lavagem. Deve ter seu uso limitado a ambientes de intensidade normal de tráfego de pedestres e pode ser utilizado em locais que requer certa resistência ao escorregamento. Das três rochas estudadas é a que possui maior resistência ao impacto de objetos.

Quanto ao microfissuramento e a alterabilidade o sienogranito Vermelho Brasília segue as mesmas orientações do migmatito Preto Indiano. Deve ter seu uso limitado a ambientes com intensidade normal de tráfego de pedestres e pode ser utilizado em locais que requer certa resistência ao escorregamento.

O Charnockito Verde Labrador, devido ao seu alto índice de microfissuramento não deve ser utilizado em locais sujeitos a vibrações e também não deve ser empregados em ambientes externos, sobretudo devido a alteração evidenciada no mineral hiperstênio. Pode ser empregado em ambientes com tráfego intenso, porém lento e não pode ser empregado em locais que requerem certa resistência ao escorregamento.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12763 : Determinação da resistência à flexão. Rio de Janeiro,1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12764 : Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro,1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12765 : Determinação da dilatação térmica linear. Rio de Janeiro,1992.

\_\_\_\_\_.NBR 12766 : Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção de água aparente. Rio de Janeiro,1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12768 : Análise Petrográfica. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 13818 : Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaios. Anexo E. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 13818 : Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaios. Anexo N. Rio de Janeiro, 1992.

Comazzi, G.; Frisa Morandini, A.; Tassone, P. Prenormative research on abrasive wear test methods for stone elements.In: 1º Congresso Internacional da Pedra Natural.p.32-36. Lisboa, 1995.

Comitê Europeu de Normatização. EN1341: Especificação para ladrilhos em pisos. Europa, 2001.

González-Mesones, F.L. (2005). La utilización de la piedra natural em la arquitectura em el marco de la nueva normativa europea.In: 1º Congresso Internacional de rochas Ornamentais. (CD-ROM).Guarapari, 2005.