



## ENSAIOS DE ALTERABILIDADE DO GRANITO ORNAMENTAL BRANCO NEVASCA

Amanda Alves Peixoto SILVA<sup>1</sup>, Irani Clezar MATTOS<sup>2</sup>

**RESUMO:** O leucogranito denominado comercialmente Branco Nevasca, está localizado no município de Irauçuba, porção Centro-Norte do Estado do Ceará, ocupando uma área de 11 Km<sup>2</sup>. Sua mineralogia principal é composta por quartzo (31%), plagioclásio (30%) feldspato potássico (26%) e micas (10%). Seus minerais acessórios (3%) compreendem basicamente apatita, granada, zircão e opacos. Sua utilização no mercado de rocha ornamental exige um maior conhecimento de suas propriedades químico-mineralógicas a fim de realizar uma seleção mais eficiente do material, resultando em um melhor aproveitamento e direcionamento de aplicação. Assim, por meio de ensaios de alteração acelerada foi possível verificar a alterabilidade do granito em questão. Para isso, foram selecionadas duas porções de fácies distintas do granito e submetidas a ataques de névoa salina, SO<sub>2</sub>, umidade e raios ultravioleta com determinação de cor, brilho e massa antes e após cada ensaio. Estes ensaios reproduzem a ação de agentes desgastantes para as rochas com finalidade ornamental. Os resultados foram semelhantes entre as duas fácies analisadas e mostraram-se satisfatórios, com pouca mudança no peso, menos de 0,2%, e brilho com resultado mais expressivo na amostra Am 2. A variação cromática total no granito, representado por  $\Delta E$ , obteve em todos os ensaios valores menores que 5, classificando-se como de baixa intensidade e significando também uma alta resistência aos ataques. A cor original do granito, determinada pela sua composição mineralógica, influenciou na variação de Luminosidade nas amostras, tornando necessária uma adequação mais criteriosa do material de acordo com o local ao qual será exposto, a fim de evitar uma alteração significativa no valor de  $\Delta E$ .

**Palavras-chave:** Granito. Alterabilidade. Rocha Ornamental.

**ABSTRACT:** *The commercially named Branco Nevasca leucogranite is located in the municipality of Irauçuba, in the Center-North portion of the state of Ceará, occupying an area of 11 km<sup>2</sup>. Its main mineralogy is composed of quartz (31%), plagioclase (30%) potassium feldspar (26%) and micas (10%). Its accessory minerals (3%) basically comprise apatite, garnet, zircon and opaque. Its use in the ornamental rock market requires a greater knowledge of its chemical-mineralogical properties in order to make a more efficient selection of the material, resulting in a better utilization and*

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Geologia Universidade Federal do Ceará

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia

*application direction. Thus, through accelerated alteration tests it was possible to verify the alterability of the granite in question. For this, two portions of different granite facies were selected and subjected to attacks of saline mist, SO<sub>2</sub>, humidity and ultraviolet rays with determination of color, brightness and mass before and after each test. These tests reproduce the action of wear agents on ornamental rocks. The results are similar between the two facies analyzed and were satisfactory, with little change, no weight, less than 0,2%, and brightness with a more expressive result in the Am 2 sample. The total chromatic variation in granite, represented by  $\Delta E$ , obtained values less than 5 in all tests, classified as low intensity and also meaning a high resistance to attacks. The original color of the granite, determined by its mineralogical composition, influenced the variation of luminosity in the samples, making it necessary to adjust the material more carefully according to the location to which it will be exposed, in order to avoid a significant change in the value of  $\Delta E$ .*

*Key words: Granite. Alterability. Ornamental Stone.*

## 1. INTRODUÇÃO

As rochas com finalidade ornamental são caracterizadas por meio de sua durabilidade e padrões estruturais, texturais e diversidade de cores. No entanto, estas rochas suportam processos de alteração ao longo do tempo resultando em variações composicionais e texturais que podem interferir na qualidade estética do material. Isto posto, Aires-Barros (2001) definiu o termo “alterabilidade” como a susceptibilidade da rocha de alterar-se ao longo do tempo. Fatores climáticos, ambientais, tipo e intensidade de alteração, propriedades físico-químicas, heterogeneidade textural, modo de extração e beneficiamento e tipo litológico são fatores que condicionam a alterabilidade de uma rocha (AIRES-BARROS, 2001; FRASCÁ, 2003; SIMÃO, 2003). Destaca-se assim a necessidade da realização de ensaios de alteração acelerada, contribuindo para um melhor aproveitamento por meio de uma seleção e aplicação

correta dos materiais além de indicar um conjunto de medidas preventivas para retardar ou impedir o envelhecimento da rocha e estimar sua durabilidade.

Comercialmente denominado Branco Nevasca, o granito estudado situa-se no município de Irauçuba, porção Centro-Norte do Estado do Ceará. Ocupa uma área de aproximadamente 11 Km<sup>2</sup> e os afloramentos ocorrem sob a forma de matacões e lajedos. Sua utilização para fins ornamentais requer um maior conhecimento de suas propriedades químico-mineralógicas visto que são aspectos específicos que influenciam diretamente o valor comercial do produto, os modos de utilização e a relevância do material diante das condições do mercado.

Diante disso, com o propósito de avaliação de sua alterabilidade, o granito foi submetido a ensaios que simulam os principais agentes desgastantes que atuam na deterioração de rochas de uso ornamental.

## 2. SÍNTESE PETROGRÁFICA

As amostras representam duas fácies do corpo granítico e ambas exibem estrutura maciça, granulação fina a média, com dimensões entre 0,3 a 2,0 mm aproximadamente, textura predominantemente hipidiomórfica e em alguns locais, idiomórfica. As relações de contato entre os minerais foram em sua maioria classificados como côncavo-convexo e serrilhado, principalmente entre os cristais de quartzo e feldspato, evidenciando um bom embricamento mineral. Os contatos classificados como planos são minoria e estão predominantemente entre as micas e os cristais de quartzo.

A amostra 1 (Am 1) exibe uma coloração branca a branco-esverdeada, composta por feldspatos (plagioclásio > feldspato potássico), quartzo e mica branca. Os minerais acessórios são representados por apatita, granada, fluorita preenchendo fratura nos feldspatos e produtos de alteração, demonstrados por sericita, argilominerais, epidoto, carbonato e óxidos de Fe. Os feldspatos geralmente ocorrem associado a quartzo e micas, com inclusões de plagioclásio e quartzo, alteração para mica branca e argilominerais, além de pertitas sob forma de machas e veios. O plagioclásio tem grau de alteração moderado, exibe processos de albitização, saussuritização e transformação para minerais argilosos. O quartzo distribui-se na rocha como cristal individual e formando agregados cristalinos. Apresenta extinção ondulante e fraturas irregulares por vezes preenchidas com feldspatos e muscovita. As micas são representadas predominantemente por zinnwaldita,

muscovita e sericita, resultado da alteração dos feldspatos e ocorrem em agregados ou lamelas individuais.

A amostra 2 (Am 2) exibe uma coloração branco acinzentada e é composta por plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, muscovitas/zinnwalditas e biotita. Os minerais acessórios mais significativos são granadas, titanitas, zircão, minerais argilosos e opacos. Os feldspatos apresentam cristais geminados, substituição para mica e processos de albitização, inclusões de plagioclásio, extinção ondulante e alteração para minerais argilosos ou oxidação de óxido de ferro. O quartzo apresenta fraturamentos irregulares e por vezes preenchidas por mica branca e fluorita, recristalização em subgrãos e extinção ondulante. Localmente exibe textura granofírica. As micas estão dispostas na massa quartzo-feldspática como lamelas individuais preenchendo microfissuras dos feldspatos e também formando agregados lamelares. Esses agregados são subédricos e não apresentam pleocroísmo forte (com exceção da biotita). Nota-se preenchimento das clivagens por opacos e associam-se geralmente com quartzo, microclínio e plagioclásio.

## 3. METODOLOGIA

Os ensaios para determinação média da coloração foram realizados no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), Rio de Janeiro, utilizando um colorímetro da marca Technidyne Color Touch 2 Model ISSO para estipulação dos valores nos eixos a, b e L. As amostras selecionadas representavam duas porções distintas do corpo granítico que divergiam na quantidade

de minerais máficos, representados principalmente por biotita e óxido de Mn.

A medição de massa e brilho foi realizada antes de cada ataque visando a comparação da perda em termos percentuais. Definido pela Commission Internationale de l'Eclairag (CIE), determinou-se o CIELAB (1976) como o padrão de cor a ser utilizado na análise colorimétrica. Neste sistema a cor é caracterizada através de 3 parâmetros:

- L: Luminosidade, onde os valores são dados entre 0 (preto) e 100 (branco);
- a: Coordenada cromática vermelho (+) / verde (-);
- b: Coordenada cromática amarelo (+) / azul (-);

A variação total de cor ao fim dos ensaios pode ser calculada por meio da

seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + \sqrt{(\Delta a)^2 + \sqrt{(\Delta b)^2}}$$

Onde:

$\Delta L$  = L (final) – L (inicial), representando a variação da luminosidade;

$\Delta a$  = a (final) – a (inicial), representando a variação da cromaticidade ao longo do eixo verde-vermelho;

$\Delta b$  = b (final) – b (inicial), representando a variação da cromaticidade ao longo do eixo azul-amarelo.

Foram determinados pelo CETEM critérios de classificação relacionando a intensidade de  $\Delta E$  e sua resistência ao ataque (Tabela 1). Designou-se também o efeito da variação de cores por meio das diferenças de valores dos parâmetros L, a e b (Tabela 2).

Tabela 1. Parâmetros de classificação para intensidade de  $\Delta E$  e resistência ao ataque.

Valores de $\Delta E$	Intensidade de $\Delta E$	Resistência ao Ataque
$\Delta E > 10$	Alta	Baixa
$\Delta E > 5$ e $\leq 10$	Moderada	Moderada
$\Delta E \leq 5$	Baixa	Alta

Tabela 2. Classificação dos efeitos das variações de cores de acordo com os parâmetros L, a e b.

Eixo	Crítérios para Classificação	Varição das Cores
$\Delta L$	0	Mais preto
	100	Mais branco
$\Delta a$	>0	Mais Vermelho
	<0	Mais Verde
$\Delta b$	>0	Mais Amarelo
	<0	Mais Azul

O ataque de névoa salina utilizou a norma ABNT 8094/83. Após a lavagem e secagem, os corpos-de-prova foram submetidos a 30 ciclos (540 horas) na câmara de salinidade. Finalizados os ensaios, ocorreu a imersão em água deionizada por uma semana ou quando a condutividade da solução em contato com os corpos-de-prova, durante pelo menos 12 h, não excedeu duas vezes o valor da água original para a remoção de todos os sais depositados. Em seguida, secagem em estufa durante 24 h em temperatura de  $40 \pm 5^\circ \text{C}$ .

O ataque de  $\text{SO}_2$  foi baseado na norma ABNT/ NBR 8096/83. Realizou-se lavagem e secagem em estufa por 24 h à  $70^\circ\text{C}$ . Em seguida, as amostras ficaram expostas na câmara a ambiente adicionado com  $\text{SO}_2$  em  $40^\circ\text{C}$  por 8 horas. Em seguida, a câmara foi aberta por 16 h para ventilação, caracterizando um ciclo.

Foram realizados um total de 30 ciclos, completando 720 horas de ensaio.

O ataque de umidade baseou-se na norma ABNT/ NBR 8095/83 e o ataque de raios ultravioleta (UV) seguiu as diretrizes do método ASTM/G53, no entanto, com número maior de horas de exposição. Os corpos de prova foram secos em estufa por 24 h a  $70^\circ\text{C}$  seguidos de 50 ciclos de exposição aos raios UV, totalizando 400 h.

#### 4. ENSAIOS DE ALTERAÇÃO ACELERADA – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios foram realizados utilizando amostras (figura 1) de duas fácies do albite granito denominado comercialmente como Branco Nevasca. As amostras apresentavam texturas, estrutura e granulação similares, diferenciando na mineralogia que influenciou a variação de cor, com a amostra um (Am 1) apresentando uma coloração mais branca e a amostra dois mais acinzentada, resultado da presença de biotita, óxido de Mn e minerais opacos.

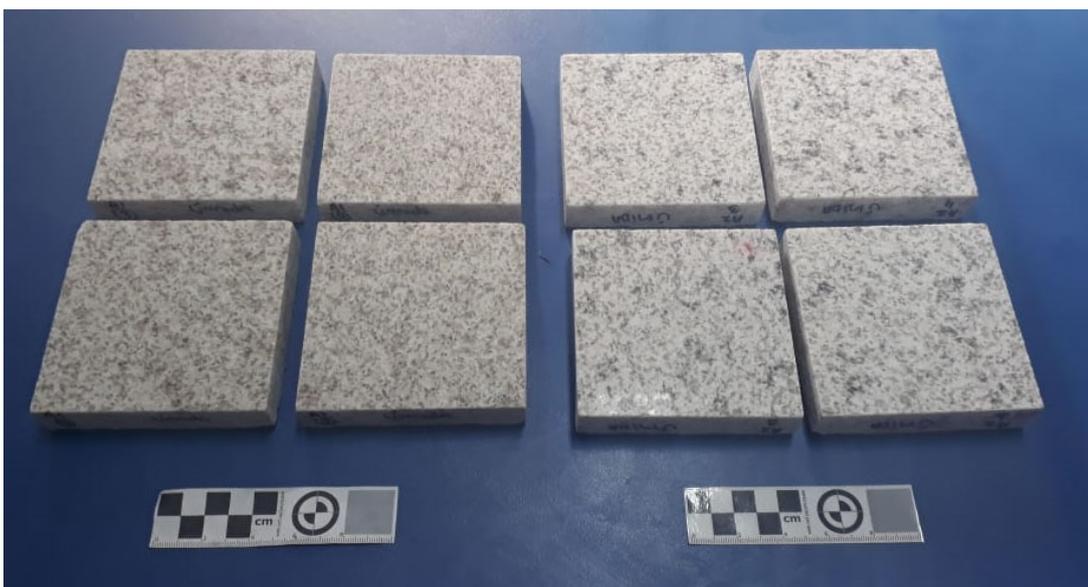


Figura 1: Corpos de prova de duas fácies do granito Branco Nevasca. À esquerda, amostras Am 1 e à direita, amostras Am 2.

#### 4.1 Exposição à Névoa Salina

Este ensaio visa avaliar as alterações ocasionadas por meio da exposição a condições com atmosfera agressiva,

como de ambientes climáticos marinhos. A Tabela 3 exibe os resultados obtidos neste ensaio.

Tabela 3. Valores de perda de massa, variação de brilho e variação cromática após ataque de névoa salina.

Névoa Salina						
	Massa (%)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	Brilho (%)
Am 1	0,07	-4,55	0,04	0,74	4,6	2,19
Am 2	0,14	-2,39	-0,59	2,66	3,62	2,23

#### 4.2 Exposição ao Dióxido de Enxofre

Este ensaio representa o efeito da atmosfera rica em SO<sub>2</sub>, simulando ambientes com atividades industriais

e atmosfera poluída, e consequentemente, o efeito das chuvas ácidas sobre o material. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos neste ensaio.

Tabela 4. Valores de perda de massa, variação de brilho e variação cromática após exposição a SO<sub>2</sub>.

SO <sub>2</sub>						
	Massa (%)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	Brilho (%)
Am 1	0,02	1,65	0,47	-1,2	2,09	2,69
Am 2	0,03	1,47	-0,06	-0,5	1,55	2,43

#### 4.3 Ensaio de Exposição à Umidade

Este ensaio avalia a ação de uma atmosfera condicionada por

aquecimento e umidificação. A Tabela 5 apresenta os resultados do ataque de umidade.

Tabela 5. Valores de perda de massa, variação de brilho e variação cromática após ataque de umidade.

Umidade						
	Massa (%)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	Brilho (%)
Am 1	0,09	4,4	-0,2	-0,67	4,46	1,28
Am 2	0,07	4,51	-0,07	-0,26	4,52	1,5

#### 4.4 Ensaio de Exposição aos Raios Ultravioletas

Este ensaio reproduz a ação da radiação ultravioleta e oxidação através

de umedecimento e secagem na rocha. Os resultados obtidos deste ensaio apresentam-se na Tabela 6.

Tabela 6. Valores de perda de massa, brilho e variação cromática após ensaio de exposição aos Raios Ultravioletas

Exposição aos Raios Ultravioletas						
	Massa (%)	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$	Brilho (%)
<b>Am 1</b>	0,02	3,67	-0,19	-0,61	3,72	0,61
<b>Am 2</b>	0,22	3,95	0,22	-0,79	4,03	+3,14

As amostras de ambas as fácies obtiveram resultados semelhantes. A perda de massa mostrou-se insignificante em todos os ensaios, com perda de menos de 0,2%, não ocasionando nenhuma variação no aspecto da amostra. De modo análogo, a perda de brilho não foi significativa, com resultado mais expressivo no ensaio de exposição aos raios UV na amostra Am 2 (alteração em 3,14%), não gerando mudanças visuais.

A variação da luminosidade mostra um tênue clareamento em todos os ensaios, com exceção da exposição à névoa salina, onde o  $\Delta L$  apresentou valor negativo, indicando leve escurecimento nas duas amostras.

No ensaio de exposição a umidade, as duas amostras tenderam ao verde, de acordo com os resultados de  $\Delta a$ . Nos demais ensaios, a amostra 1 obteve respostas tanto do vermelho quando do verde. Já a amostra 2, mostrou uma tendência geral ao verde, com exceção da exposição a raios ultravioletas. Em relação à  $\Delta b$ , houve uma nítida tendência ao azul nas duas amostras, com exceção do resultado do ataque de névoa salina, onde ocorreu uma aproximação para o amarelo.

A variação cromática total no granito, representado por  $\Delta E$ , obteve em todos os ensaios valores menores que 5, classificando-se como de baixa intensidade, significando também uma

alta resistência aos ataques. A alteração na coloração do granito é confirmada em todos os ensaios, onde a maior alteração se destaca na Luminosidade ( $\Delta L$ ) e não nas cores ( $\Delta a$  e  $\Delta b$ ). Em relação à Luminosidade, as amostras Am1 apresentaram respostas próximas aos limites dos ensaios de exposição à névoa salina, umidade e raios UV. As amostras Am 2 mostraram resultados satisfatórios para névoa salina e SO<sub>2</sub> e moderados para umidade e raios UV. As respostas dos ensaios para a Luminosidade foram determinadas pela cor original do granito que varia apenas entre branco e cinza. Os principais minerais que compõem este granito não apresentam coloração (a e b) e sim Luminosidade, com o feldspato apresentando cor branca e quartzo levemente esfumado e assim, ao serem expostos aos ataques, o aumento na luminosidade ocorreu caracterizado pelo “branqueamento” da albita, ocasionado provavelmente pela lixiviação na superfície polida do plagioclásio, e do quartzo através do preenchimento de suas microfissuras. O brilho apresentou resultados satisfatórios para as duas fácies em todos os ensaios, com um ganho sutil na amostra Am 2 ao ensaio de exposição aos raios UV. As variações cromáticas dos parâmetros  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$  no granito estão sintetizados nos gráficos das Figuras 2 e 3.

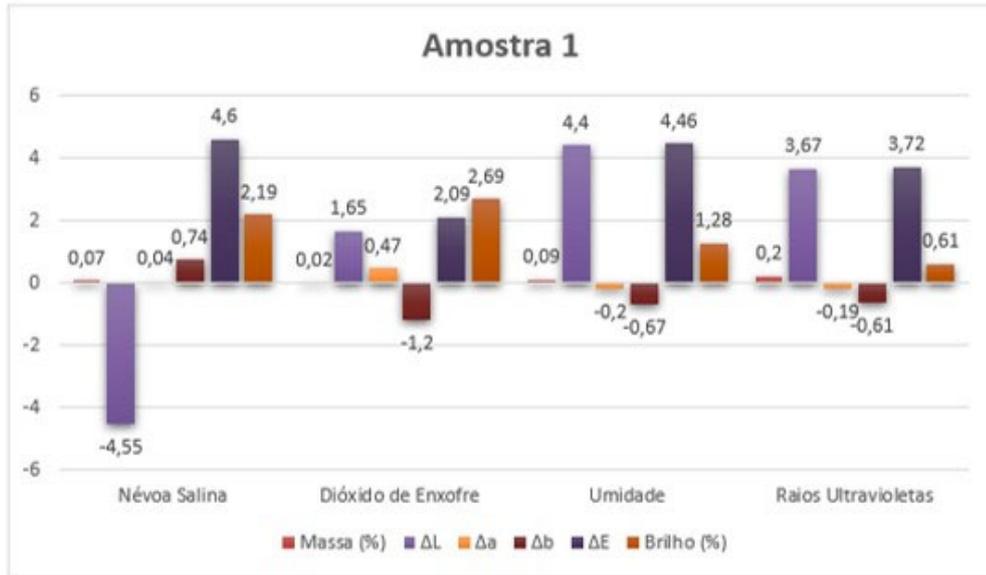


Figura 2: Variação dos parâmetros cromáticos  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  e  $\Delta E$  do GBN após os ensaios de alteração acelerada para a amostra 1.

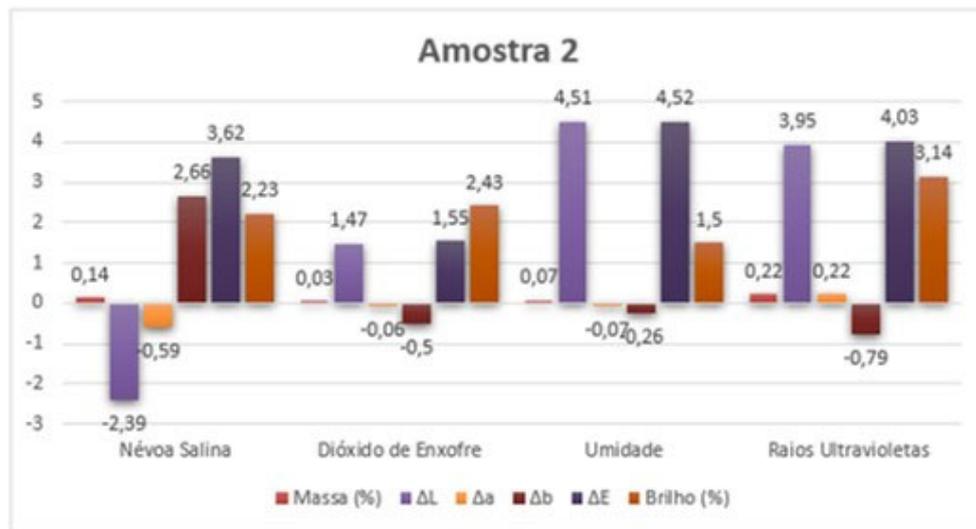


Figura 3: Variação dos parâmetros cromáticos  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  e  $\Delta E$  do GBN após os ensaios de alteração acelerada para a amostra.

## 5. CONCLUSÕES

O resultado dos ensaios de alteração acelerada mostrou-se satisfatório em relação à alterabilidade do granito Branco Nevasca, apresentando valores de  $\Delta E$  inferiores a cinco, com variação insignificante nos parâmetros relacionados à massa, brilho e cor em ambas as fácies. Os

resultados relacionados à luminosidade, determinados pela cor original do granito, em resposta aos ataques foram mais expressivos, sendo necessária uma adequação mais criteriosa do material de acordo com o local ao qual será exposto, podendo ocorrer alteração no valor de  $\Delta E$  de acordo com o tempo de exposição à condição do ambiente.

## REFERÊNCIAS

- AIRES-BARROS, L. **As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias.** Volume 1. Lisboa. Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico. 590 p. 2001.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G53:** Standard Practice for Operating Light and Water Exposure Apparatus (Fluorescent UV-Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials. Philadelphia, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094:** Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8095:** Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à atmosfera úmida saturada. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8096:** Material metálico revestido e não-revestido – Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro, 1983.
- CIELAB - Commission International de Eclairage (CIE). **Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms.** Supplement 2 to CIE publication 15. Colorimetry Bureau Central de la CIE. Paris. 1976.
- FRASCÁ, M.H.B.O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento.** São Paulo: USP. 281p. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SALES, F. A. C. B. **Estudo Comparativo dos Parâmetros de Caracterização Tecnológica em Rochas Ornamentais e de Revestimentos Resinadas e não Resinadas.** Tese. Geodinâmicas e Recursos Minerais. 174 p. 2012.
- SIMÃO, J.A.R.S. **Rochas ígneas como pedra ornamental, causas, condicionantes e mecanismos de alteração implicação tecnológicas.** Tese (Doutorado) Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, Portugal. 202 p. 2003.