

## PERDA DE LUSTRO EM ROCHAS ORNAMENTAIS DURANTE ABRASÃO PROGRESSIVA: PRINCIPAIS FATORES CONDICIONANTES

Antonio Carlos ARTUR<sup>1</sup>, Eberhard WERNICK<sup>1</sup>, Eleno de Paula RODRIGUES<sup>2</sup>, Renato Meira ANDRIGHETTI<sup>3</sup>, Paulo Henrique Gulelmo de SOUZA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Depto de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP.  
Av. 24A, 1515 – Bairro Bela Vista, 13506-900, Rio Claro, SP.

Fone (19) 526.2824, Fax (19) 524.9644, E-mail: [acartur@rc.unesp.br](mailto:acartur@rc.unesp.br)

<sup>2</sup>Escola SENAI Mário Amato, Faculdade de Tecnologia Ambiental

Av. José Odorizi, 1555 Bairro Assunção. 09861-000, São Bernardo do Campo, SP

Fone (11) 4109.9499, Fax (11) 4351.6985, E-mail: [granito116@sp.senai.br](mailto:granito116@sp.senai.br)

<sup>3</sup>Bolsista FAPESP

Depto de Petrologia e Metalogenia/IGCE/UNESP, Caixa Postal 178 - 13506-900, Rio Claro, SP.

Fone (19) 526.2824, Fax (19) 524.9644.

<sup>4</sup>Aluno Curso de Graduação em Geologia - UNESP

Depto de Petrologia e Metalogenia/IGCE/UNESP, Caixa Postal 178 - 13506-900, Rio Claro, SP.

Fone (19) 526.2824, Fax (19) 524.9644.

### RESUMO

A quantificação da resistência à abrasão superficial de cerâmicas esmaltadas é descrita na norma NBR 13818 – Anexo D (ABNT, 1997) e denominada de método PEI, desenvolvido pelo Porcelain Enamel Institute, USA. O crescente desgaste das superfícies cerâmicas é acompanhado por uma progressiva perda do seu lustro.

A metodologia PEI, largamente utilizada em revestimentos cerâmicos, foi aplicada em 18 rochas (magmáticas, metamórficas e migmatíticas) polidas visando, com isso, a avaliação dos principais fatores que condicionam a resistência da perda de lustro inicial dessas rochas quando da sua utilização como materiais de revestimento em edificações. Os ensaios de abrasão foram executados num abrasímetro durante 50, 100, 150, 300, 450 e 600 ciclos, segundo a metodologia PEI, no Laboratório de Ensaios Cerâmicos do Sindicato de Ceramistas de Santa Gertrudes, SP. A perda de lustro, após cada ensaio, foi determinada através de um *Gloss Meter*, marca Horiba, modelo IG-310, e na caixa de luz padrão. Cada um dos três grupos de rochas ensaiadas continha variedades com composição mineralógica qualitativa e quantitativa e/ou granulação absoluta e relativa, e/ou cores, e/ou graus de alteração, e/ou intensidade das estruturas paralelas nitidamente distintas o que permitiu a análise da importância relativa de cada um destes fatores.

Os resultados mostraram que rochas portadoras de quartzo mantêm por mais tempo seu lustro que rochas sem quartzo; que as rochas com grandes cristais de quartzo perdem mais lentamente o lustro que rochas com textura equigranulares ou quartzo intersticial. Rochas equigranulares com quartzo mantêm o lustro melhor que as com megacristais de feldspatos. Rochas frescas mantêm mais o seu lustro quando comparadas com equivalentes levemente intemperizadas. Nas rochas com ou sem quartzo, a perda do lustro é mais lenta nas rochas claras que nas escuras e entre os mármores, os dolomíticos perdem seu lustro mais lentamente que os calcíticos. Gnaisses com teores de quartzo semelhantes aos de rochas magmáticas apresentam perda de lustro comparável.

Os resultados obtidos enfatizam claramente a importância dos ensaios realizados na definição da utilização ótima de diferentes rochas ornamentais e ressaltam a necessidade de sua caracterização petrográfica detalhada.

### INTRODUÇÃO

A perda de lustro de cerâmicas com camada esmaltada e rochas ornamentais polidas é função, principalmente, de dois fatores: abrasão e corrosão/dissolução por agentes químicos. O ataque químico é particularmente intenso em revestimentos de áreas de uso específico de residências (cozinhas, banheiros, lavanderias) e em revestimentos expostos parcialmente ou totalmente a meios ambientes agressivos, tais como locais com forte poluição aérea que se reflete, entre outros, em chuvas ácidas ou ambientes de orlas marítimas caracterizados pela maresia. Já a perda do lustro por abrasão é devida principalmente ao desgaste da superfície do revestimento por atrito pelo trânsito humano e de veículos, limpeza com ferramentas de alta dureza (por exemplo escovas e palhas de aço), jatos de água pressurizada, etc.

A perda progressiva do lustro de uma superfície de revestimento inicialmente refletora confere à mesma um aspecto de sujeira irremovível, escurece o ambiente de sua aplicação pela diminuição da luz refletida (isto é, aumento da porcentagem de luz absorvida no total da luz incidente) e gera uma percepção emocional de desgaste, desleixo, sujeira e desarmonia. Este é o caso, por exemplo, do contraste entre reluzentes lojas de grifes situadas em centros comerciais cujos pisos ostentam aspecto encardido pela perda do lustro do revestimento do piso por intenso tráfego humano.

Há longa data existe a percepção empírica que a sensação visual da perda do lustro pode ser retardada quer pela utilização de revestimentos com certos padrões de movimento e cores específicas com destaques para movimentos irregulares e cores claras sem que existam, entretanto, estudos de ensaios comparativos em larga escala. A realização destes estudos comparativos esbarra em uma série

de dificuldades, tais como: a diferença dos ensaios de abrasão a que são submetidos pisos cerâmicos esmaltados, porcelanatos e rochas ornamentais; a melhoria acelerada das características físicas da camada esmaltada dos pisos cerâmicos; o lançamento acelerado no mercado de revestimentos com novas cores e novos padrões movimentados; a falta de homogeneidade de cor nas rochas ornamentais; a utilização crescente de revestimentos com superfícies com características muito variadas, de muito a pouco refletoras (superfícies polidas e semi-polidas) a rústicas (muito pouco refletoras). Em outros casos o efeito refletor é obtido pela aplicação, pós-assentamento, de uma camada de resinas com características físicas distintas das superfícies esmaltadas queimadas das cerâmicas. É o caso típico de ardósias com aplicação de uma camada de resina tipo *sinetco*.

Em cerâmicas revestidas a determinação de sua dureza (resistência ao risco, um dos vários tipos de escarificação que os revestimentos podem sofrer) e à abrasão é acompanhada, paralelamente, pela determinação da perda do lustro da camada esmaltada, quer por determinações absolutas (reflexão medida via *Gloss Meter*) quer relativas (avaliação visual). A realização conjunta destas duas metodologias é necessária já que o valor absoluto do poder de reflexão de um revestimento não pode ser correlacionado diretamente com a percepção visual da perda de lustro que depende de numerosos fatores previamente mencionados e aos quais devem ser acrescidos a dimensão da área revestida e a intensidade, homogeneidade e tipo (direta ou indireta) da luz incidente, a combinação cromática com objetos sobrepostos (móveis, tapetes, quadros, etc.) e a natureza e a cor do revestimento de áreas adjacentes. No que tange ao padrão movimentado do revestimento cabe destacar que o mesmo pode ser de dois tipos: primário, quando intrínseco ao material de revestimento ou, secundário, quando resultar da combinação de revestimentos de natureza distinta sob forma de mosaico ou de um mesmo tipo de revestimento retangular assentado segundo direções perpendiculares ou, ainda, pela utilização de peças de revestimento com diferentes dimensões.

Nas rochas ornamentais a determinação de sua resistência à abrasão é efetuada pelo método Amsler (norma NBR 12042, ABNT 1992), durante o qual uma espessura substancial do corpo-de-prova é desgastado, o que impede a determinação, em paralelo, da perda progressiva do lustro da superfície originalmente polida.

No presente trabalho os autores apresentam resultados da perda de lustro de 18 diferentes tipos de rochas ornamentais polidas, aplicando às mesmas a mesma metodologia utilizada em cerâmicas revestidas. Os resultados são descritos à luz da composição, textura, movimentação e cor das rochas testadas e resultam em conclusões que foram transformadas em recomendações sobre a escolha correta de rochas ornamentais polidas, quando um dos objetivos do revestimento é a manutenção prolongada do seu lustro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados 18 diferentes tipos de rochas ornamentais polidas e tradicionalmente utilizadas como materiais de revestimento, sendo 10 granitos, 3 sienitos, 2 gabros e 3 mármore, selecionados e fornecidos pela EMIGRAN Pisos e Revestimentos em Granitos, com sede na cidade de São João da Boa Vista, SP. Este conjunto de rochas incluiu variedades com cores cinza (2 amostras), avermelhadas (2), amareladas (5), castanhas (3), pretas (2), verdes (2) e branca (1).

Como no setor de rochas ornamentais o termo granito tem uma aplicação muito ampla, incluindo rochas magmáticas e metamórficas silicatadas, com ou sem quartzo, a utilização dos termos sienitos e gabros ao lado dos granitos visou ressaltar o papel do quartzo, do feldspato e dos minerais máficos nos processos de abrasão. Por outro lado, o grupo dos granitos inclui desde rochas homogêneas, porfíricas a equigranulares, migmatitos e ortognaisses, todos portadores de quartzo, para permitir a avaliação da influência da estrutura (movimento ou desenho na nomenclatura comercial) no processo de desgaste de rochas quartzo-feldspáticas. Igual objetivo foi perseguido nos sienitos com a escolha de rochas com estrutura fluidal variando entre muito intensa a fraca e nos mármore com a escolha de amostras maciças calcíticas e dolomíticas, além de um mármore travertino com estrutura brechóide muito porosa e impregnada com resina. Quanto aos gabros, ambos homogêneos, optou-se por duas amostras com diferentes granulações. Para ressaltar melhor o papel da granulação no processo de desgaste rochoso foram escolhidas duas amostras composicionalmente similares representadas por biotita gabronoríticos. Quanto à alteração foi dada ênfase a rochas sãs, ressaltando-se que a cor amarela de granitos resulta predominantemente de processos mais ou menos intensos de alteração intempérica e/ou hidrotermal.

Os Quadros 1a,b, oferece as principais feições das rochas ensaiadas incluindo nome comercial, classificação petrográfica, composição mineralógica volumétrica (moda), textura, estrutura e grau de alteração. A importância de várias destas feições na resistência das rochas à abrasão foi discutida por Artur et al. (2001). A descrição petrográfica foi executado segundo a norma NBR 12768 (ABNT, 1992a) complementadas por sugestões apresentadas por Rodrigues et al. (1996; 1997) e Artur et al. (2001).

A determinação da resistência à abrasão superficial (metodologia PEI – Porcelain Enamel Institute, USA) foi executada no Laboratório de Ensaio Cerâmicos do Sindicato dos Ceramistas de Santa Gertrudes, SP, segundo a norma NBR 13818 – Anexo D (ABNT, 1997). O ensaio foi executado em abrasímetro em seis etapas, respectivamente, com 50, 100, 150, 300, 450 e 600 ciclos de abrasão. A perda de lustro, após cada etapa, foi determinada para todas as rochas ensaiadas segundo duas metodologias: 1) perda de lustro absoluto, determinada pela medição da luz refletida sobre a

**Quadro 1a: Síntese Petrográfica das Rochas Estudadas**

Mineralogia (%)		Rochas Quartzo-feldspáticas (Granitos)									
		Verde Candeias	Juparaná Palha	Marrom Cachoeira	Vermelho Salmão	Prata Interlagos	Cinza Mauá	Amarelo Ornamental	Lilas Gerais	Amarelo Amêndoa Clássico	Verde Labrador
Quartzo	32,0	32,7	20,8	30,7	33,4	26,0	27,2	32,8	25,7	27,7	
Plagioclásio	46,5	14,3	35,2	18,2	32,6	27,5	19,4	24,1	31,4	18,0	
Microclínio	15,9	44,3	37,6	47,2	22,1	30,8	43,0	35,8	34,0	33,3	
Biotita	2,5	3,9	1,9	3,0	9,0	12,3	5,9	5,4	7,0	8,3	
Hornblenda	1,6	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	
Piroxênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,7	
Granada	-	2,3	-	-	-	-	3,5	-	-	-	
Muscovita	-	1,3	-	-	1,3	-	-	-	-	-	
Sillimanita	-	0,4	-	-	-	-	0,2	-	0,6	-	
Opacos	0,4	Tr	0,6	0,3	0,3	1,6	0,3	0,5	tr	0,6	
Apatita/titanita/zircão	tr	Tr	tr	Tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,3	
Sericita/Epidoto/Clorita/Carbon./Argilo-minerais	1,1	0,8	0,9	0,6	1,3	1,8	0,5	1,4	1,3	1,1	
Granulação (mm)	Variação	0,3 a 4,0	0,2 a 3,0	0,3 a 5,0	0,2 a 3,0	-	0,2 a 2,5	0,3 a 3,0	0,3 a 15,0	-	
	Predominância	1,0 a 3,0	1,5 a 2,5	1,5 a 3,0	1,5 a 3,0	1,5 a 2,5	-	1,0 a 2,5	1,5 a 6,0-	-	
	Matriz	-	-	-	-	-	0,2 a 3,0	-	-	0,3 a 4,0	
Fenocristal	-	-	-	-	-	15,0 a 20,0	-	-	15,0 a 25,0	-	
<b>Classificação (QAP)</b>	Gnaisse granodiorítico	Sill.-granada sienogranito	Gnaisse monzogranítico	Biotita sienogranito	Biotita monzogranito	Biotita monzogranito	Sill.-granada sienogranito	Biotita gnaisse monzogranítico	Biotita monzogranito	Charnockito	
Cor da Rocha	Verde	Amarelada Claro	Marrom	Vermelho	Cinza Claro	Cinza	Amarela	Lilás	Amarelo claro	Verde	
Estrutura	foliada	foliada	foliada	discretamente foliada	maciça	maciça	mediamente foliada	mediamente foliada	maciça	protomilonítica	
Textura	equigranular	inequigranular	inequigranular	inequigranular	equigranular	porfírica	inequigranular	equigranular	inequigranular	porfírica	
Grau de Alteração	Microclínio	alto a moderado	moderado	moderado	incipiente a moderado	moderado	moderado	moderado	moderada	incipiente	
	Plagioclásio	alto a moderado	moderado a alto	moderado a alto	alto	alto	moderado	alto a moderado	moderada	incipiente a moderado	
	Biotita	alto	moderado	moderado	alto	alto	incipiente	alto	moderada	moderado	
Hornblenda	alto	--	moderado	--	--	--	--	--	--	--	

**Quadro 1b (continuação): Síntese Petrográfica das Rochas Estudadas**

Mineralogia (%)		Rochas Feldspáticas (Gabros e Sienitos) e Carbonáticas (Mármore)										
		Marrom Caldas	Café Imperial	Marrom Rubi	Preto Aracruz	Preto Total	Branco Cintilante	Bottitino	Travertino			
Quartzo	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-
Feldspato Potássico	69,8	77,0	79,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plagioclásio	4,1	1,9	9,1	55,7	50,5	-	-	-	-	-	-	-
Biotita	4,9	3,6	2,3	13,5	19,5	-	-	-	-	-	-	-
Hornblenda	6,3	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piroxênio	7,5	12,4	4,7	21,3	25,0	-	-	-	-	-	-	-
Opacos	3,1	1,1	2,6	8,5	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Apatita/titanita/zircão	2,7	3,4	0,9	0,3	tr	-	-	-	-	-	-	-
Calcita	-	-	-	-	-	95,0	4,0	98,5	-	-	-	-
Dolomita	-	-	-	-	-	5,0	96,0	-	-	-	-	-
Sericita/epidoto/clorita/ carbonatos/argilo-minerais	0,7	0,6	0,4	0,7	tr	-	-	-	-	-	-	-
Grau de Alteração	Varição	0,2 a 9,0	0,3 a 25,0	0,2 a 2,0	0,2 a 2,5	0,2 a 2,0	0,1 a 2,5	01, a 0,8	microgranular	0,3 a 0,5	-	-
	Predominância	3,0 a 5,0	2,0 a 9,0	0,5 a 1,0	1,0 a 2,0	0,5 a 1,2	1,0 a 2,0	microgranular	microgranular	-	-	-
<b>Classificação (QAP)</b>		Álcali sienito	Álcali sienito	Sienito	Biotita gabronorito	Biotita gabronorito	Dolomita mármore	Mármore travertino				
Cor da Rocha	Marrom	Marrom Escuro	Marrom Claro	Discretamente foliada	Preta	Preta	Branco	Bege	Bege			
Estrutura	fluidal	fluidal			maciça	maciça	maciça	maciça	maciça			
Textura	inequigranular	inequigranular	equigranular	equigranular	equigranular	equigranular	equigranular	equigranular	equigranular			
Microclínio	moderada a incipiente	moderado a incipiente	alta		--	--	--	--	--			
Plagioclásio	incipiente	ausente	incipiente	incipiente	incipiente	incipiente	--	--	--			
Biotita	incipiente	moderado	incipiente	moderado	incipiente	incipiente	--	--	--			
Piroxênio	moderada	moderado	incipiente a moderado	moderado	moderado	moderado	--	--	--			
Hornblenda	ausente	--	ausente	--	--	--	--	--	--			

superfície ensaiada através de *Gloss Meter* - marca Horiba, modelo IG 310; 2) perda de lustro visual, através da avaliação da perda do lustro das superfícies abrasadas utilizando-se caixa de luz padrão da metodologia PEI.

## RESULTADOS, ANÁLISES E INTERPRETAÇÃO

### Abrasão e Perda de Lustro

O Quadro 2 contém os resultados da perda absoluta do lustro de rochas ornamentais polidas submetidas a 50, 100, 150, 300 e 450 ciclos de desgastes. As 10 primeiras correspondem a granitos, isto é, rochas ricas em feldspatos e quartzo. As 5 seguintes correspondem a rochas feldspáticas, sendo as 3 primeiras pobres em minerais máficos (sienitos) e as 2 últimas ricas neste tipo de minerais (gabros). Finalmente as 3 últimas são mármore calcíticos ou dolomíticos.

Para cada ensaio constam para todas as rochas três tipos de informações (Quadro 2):

- o primeiro refere-se ao lustro medido das amostras após cada ciclo de abrasão via *Gloss Meter*;
- o segundo refere-se à manutenção percentual do lustro inicial da rocha expressa pela relação:  $(\text{Lustro após o ensaio de desgaste por abrasão sob variados ciclos} = L_{50}, L_{100}, L_{150}, L_{300}, L_{450}) / (\text{Lustro inicial} = Li) \times 100$ . Esta fórmula independe do valor medido do lustro inicial que não foi o mesmo para todas as amostras, variando entre 75 (Amarelo Ornamental) e 85 (Marrom Cachoeira, Vermelho Salão e Marrom Caldas);
- o último refere-se à constatação ou não da perda do lustro inicial por avaliação segundo o método PEI (NBR 13818 – Anexo D; ABNT 1997). O segundo e terceiro tipos de dados estão visualizado nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Tanto no Quadro 2 como nas Figuras 1 e 2 a seqüência das amostras em cada um dos 3 grupos de rochas segue uma ordem decrescente de manutenção do lustro inicial após 450 ciclos de abrasão  $[(L_{450}/Li) 100]$ , já que após 600 ciclos de abrasão ( $L_{600}$ ) todas as amostras analisadas mostraram perda de lustro pelo método PEI.

Do Quadro 2 e das Figuras 1 e 2 emergem as seguintes constatações principais:

1. Após 450 ciclos de abrasão os granitos, com exceção do Verde Labrador, apresentam manutenção do lustro inicial  $(L_{450}/Li)100$  semelhantes, variando de 30,9% para o Verde Candeias e 25,3% para o Amarelo Amêndoa Clássico, ou seja, foi perdido respectivamente para estas rochas 69,1% e 74,7% do lustro inicial medido;
2. Os sienitos Marrom Caldas e Café Imperial mantiveram 23,5 e 22,5% do lustro inicial após abrasão de 450 ciclos, valores estes bastante próximos ao do granito Amarelo Amêndoa Clássico (25,3%);

3. O sienito Marrom Rubi e os gabros Preto Aracruz e Preto Total mantiveram entre 18,8 e 17,9% do lustro inicial medido e junto com o granito Verde Labrador constitui um grupo de rochas nas quais o lustro mantido após 450 ciclos de abrasão foi menor que 20% do lustro inicial medido;

4. Finalmente todo o grupo de rochas carbonáticas, que inclui tanto mármore calcíticos quanto dolomíticos, perderam totalmente o lustro inicial medido após 450 ciclos de abrasão;

5. A constatação do início da perda visual do lustro pela metodologia PEI com a progressiva abrasão (Figura 2), variou nos quatro grupos de rochas considerados. Entre os granitos a constatação visual da perda de lustro iniciou-se após 300 ciclos de abrasão (Verde Candeias e Verde Labrador), enquanto no Prata Interlagos e Cinza Mauá o mesmo fenômeno foi constatado apenas após 600 ciclos de abrasão. Os sienitos tiveram constatação visual de perda de lustro entre 300 (Marrom Caldas e Café Imperial) e 450 ciclos de abrasão (Marrom Rubi). Todos os gabros tiveram perda de lustro constatado visualmente após 300 ciclos de abrasão e os mármore apresentaram esta feição após 150 ciclos de abrasão. Estes dados revelam:

- a) que os mármore são as rochas que mais rapidamente perdem seu lustro;
- b) que em granitos, sienitos e gabros, rochas de composição bem distinta, a constatação visual da perda do lustro pode iniciar-se após idêntica abrasão (300 ciclos);
- c) as rochas que mais mantém seu lustro sob condições de progressiva abrasão são certos tipos de granitos (Cinza Mauá e Prata Interlagos);
- d) o fato que num mesmo grupo de rochas, por exemplo os granitos, a constatação visual do início da perda do lustro variou entre 300 e 450 ciclos, indica que a mesma designação litológica para diferentes rochas ornamentais não implica que todas as variedades apresentem a mesma resistência à perda do lustro por abrasão progressiva. Isto implica que além da simples composição mineralógica existem outros fatores que condicionam a perda mais ou menos rápida do lustro das rochas ornamentais;
- e) A Figura 1 indica que nos três grupos de rochas silicatadas (granitos, sienitos e gabros) a porcentagem de lustro mantido decresce igualmente após 50, 100 e 150 ciclos de abrasão, como indicado pelas 3 curvas paralelas a sub-paralelas para as 15 amostras iniciais. Ao mesmo tempo a porcentagem de lustro mantido dos mármore decresce de forma significativa, principalmente no intervalo entre 50 e 100 ciclos de abrasão. Após 300 ciclos de abrasão a porcentagem do lustro mantido tende a homogeneizar-se para os diferentes grupos litológicos e já torna patente que a porcentagem de manutenção do lustro inicial diminui segundo a seqüência granitos - sienitos - gabros - mármore. Esta constatação acentua-se após 450 ciclos de abrasão, com a marcante exceção do Verde Labrador, um granito

**Quadro 2 - Capacidade de manutenção do lustro inicial medido (absoluto e relativo) e constatação visual do início da perda de lustro em diferentes rochas ornamentais**

NÚMERO DE CICLOS	Denominação Comercial	Classificação Petrográfica	Quadro 2 - Capacidade de manutenção do lustro inicial medido (absoluto e relativo) e constatação visual do início da perda de lustro em diferentes rochas ornamentais																
			Verde Candeias Biotita gnaisse tonalítico	Juparanã Palha Sill-granada sienogranito	Marrom Cachoeira Biot.gnaisse monzogranítico	Vermelho Salmão Biotita monzogranito	Prata Interlagos Biotita monzogranito	Cinza Mauá Biotita monzogranito	Amarlo Ornamental Sill-granada sienogranito	Lilas Gerais Biot. gn monzogranítico	Amarlo Amêndoa Clássico Biotita monzogranito	Verde Labrador Charnockito Protomilonítico	Marrom Caldas Sienito	Café Imperial Sienito	Marrom Rubi Sienito	Preto Aracruz Biotita gabronorito	Preto Total Biotita gabronorito	Branco Cintilante Mármore dolomítico	Mármore Bottino Mármore Calcítico
50	Lustro Inicial (Li)		81	80	85	82	77	75	83	79	78	85	80	80	80	78	84	83	81
	Lustro medido (L <sub>50</sub> ) (L <sub>50</sub> /Li) 100		72	72	82	80	60	65	77	68	65	77	76	73	67	62	71	65	64
100	Perda Lustro Visual (PEI)		88,9	90,0	96,5	94,1	77,9	86,7	92,8	86,1	83,3	90,6	95,0	91,3	83,8	79,5	84,5	78,3	79,0
	Lustro medido (L <sub>100</sub> ) (L <sub>100</sub> /Li) 100		n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
150	Perda Lustro Visual (PEI)		62	65	71	68	52	56	68	57	56	69	62	63	57	54	51	36	34
	Lustro medido (L <sub>150</sub> ) (L <sub>150</sub> /Li) 100		76,5	81,3	83,5	80,0	67,5	74,7	81,9	72,2	71,8	81,2	77,5	78,8	71,3	69,2	60,7	43,4	42,0
300	Perda Lustro Visual (PEI)		n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
	Lustro medido (L <sub>300</sub> ) (L <sub>300</sub> /Li) 100		52	56	60	56	47	48	58	5848	49	58	50	50	48	42	30	20	17
450	Perda Lustro Visual (PEI)		64,2	70,0	70,6	68,3	61,0	64,0	69,9	60,8	62,8	68,2	62,5	62,5	60,0	53,8	35,7	24,1	21,0
	Lustro medido (L <sub>450</sub> ) (L <sub>450</sub> /Li) 100		38	40	40	41	36	37	39	31	35	36	30	32	30	25	6	5	1
600	Perda Lustro Visual (PEI)		46,9	50,0	47,1	47,1	48,8	49,3	47,0	39,2	44,9	42,4	37,5	40,0	37,5	32,1	7,1	6,0	1,2
	Lustro medido (L <sub>600</sub> ) (L <sub>600</sub> /Li) 100		s	n	n	n	n	n	n	n	s	s	s	n	s	s	-	-	-
600	Perda Lustro Visual (PEI)		25	24	25	23	21	20	22	20	10	20	18	15	15	14	0	0	0
	Lustro medido (L <sub>600</sub> ) (L <sub>600</sub> /Li) 100		30,9	30,0	29,4	28,1	27,3	26,7	26,5	25,3	12,8	23,5	22,5	18,8	18,8	17,9	0	0	0
600	Perda Lustro Visual (PEI)		-	s	s	n	n	n	s	s	-	-	-	s	-	-	-	-	-
	Lustro medido (L <sub>600</sub> ) (L <sub>600</sub> /Li) 100		-	-	-	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: n – perda de lustro não constatado segundo metodologia PEI;

s - perda de lustro constatado segundo metodologia PEI

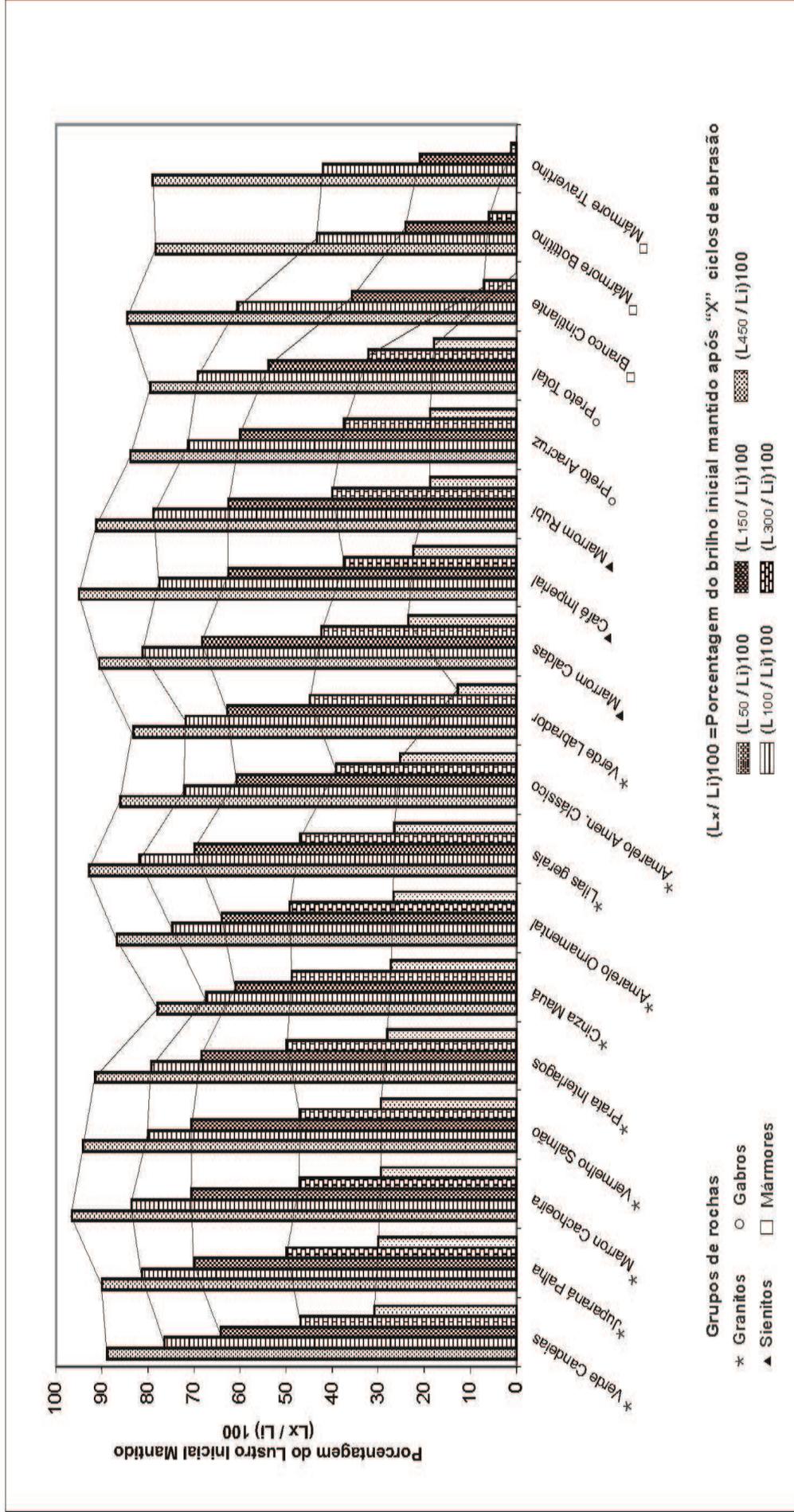


Figura 1 - Porcentagem do lustro inicial mantido nos diferentes grupos de rochas ornamentais estudadas após abrasão progressiva segundo a metodologia PEI

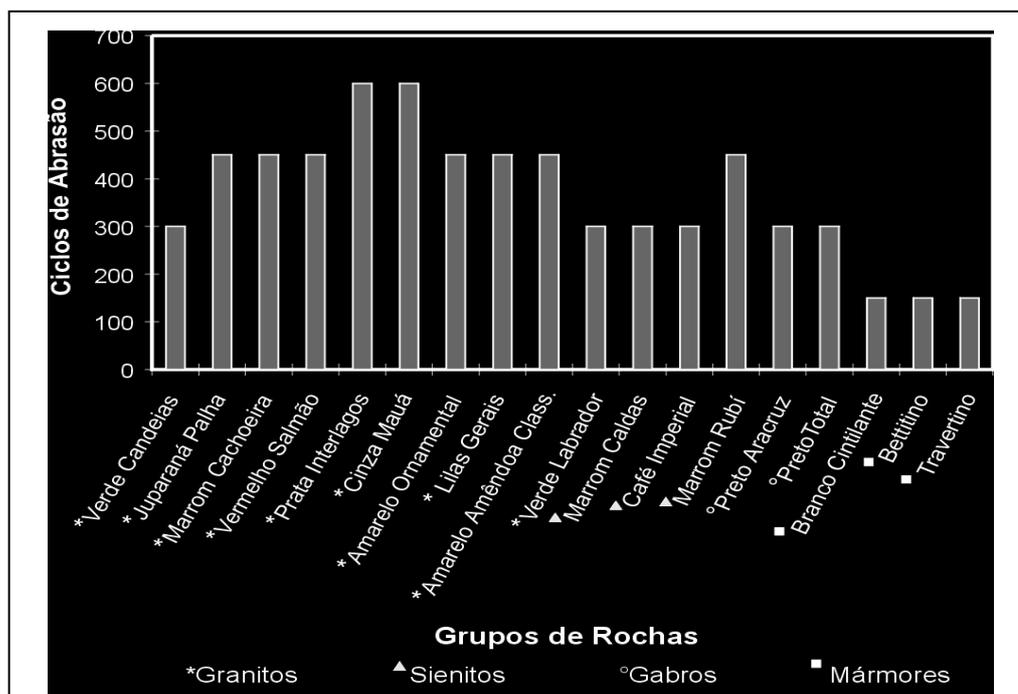


Figura 2 - Histograma no qual o limite superior das colunas corresponde ao início da perda do lustro por estimativa visual em rochas submetidas à abrasão progressiva segundo a metodologia PEI.

com capacidade de manutenção do lustro inicial inferior a dos sienitos e gabros submetidos à igual abrasão.

#### Fatores que Controlam a Perda do Lustro das Rochas Ornamentais

O poder de manutenção do lustro original de rochas ornamentais depende de uma série de fatores, entre os quais cabe destacar:

**Composição mineral.** A Figura 1 mostra que após 450 ciclos de abrasão fica patente que um dos principais fatores de manutenção do lustro deve-se à composição da rocha. Granitos são compostos principalmente por quartzo e feldspatos, respectivamente com dureza 7 e 6 na escala de Mohs. Os sienitos são rochas essencialmente feldspáticas, o que explica a sua manutenção do lustro inicial semelhante ao dos granitos após 450 ciclos. Já os gabros são rochas ricas em feldspatos (plagioclásios) e minerais máficos, o primeiro com dureza 6 na escala de Mohs e os segundos com dureza entre 3 e 6, de acordo com os tipos de minerais máficos presentes na rocha (biotita, anfibólio, piroxênio, olivina). Isto explica a sua capacidade de manutenção do lustro inicial igual ou algo inferior a dos sienitos (comparar Marrom Rubi, Preto Aracruz e Preto Total). Já os mármore são compostos por carbonatos, minerais com dureza 3 para a calcita e 4 para a dolomita na escala de Mohs. Esta baixa dureza indica pouca resistência à abrasão, com a conseqüente rápida remoção da superfície original polida;

**Teor de Quartzo.** O grupo dos granitos, como um todo, é o grupo de rochas ornamentais com maior capacidade de manutenção do lustro original pela

presença do quartzo, mineral de elevada dureza. Entretanto, a Figura 3 não permite estabelecer diretamente uma relação entre a capacidade de manutenção do lustro original e o teor de quartzo da rocha. Esta figura indica que para o Verde Candeias, Juparaná Palha, Lilas Gerais e Prata Interlagos, todos granitos com aproximadamente iguais teores de quartzo, a constatação visual da perda de lustro segundo a metodologia PEI ocorre após 300 ciclos de abrasão para o primeiro, após 450 ciclos de abrasão para o segundo e o terceiro e apenas após 600 ciclos de abrasão para o último tipo de granito acima mencionados (Figura 4). Isto indica claramente que não é o teor absoluto de quartzo contido num granito o fato único que controla a capacidade de manutenção do lustro entre os granitos.

**Dimensões do Quartzo.** A Figura 3 relaciona a capacidade de manutenção do lustro de granitos, não só em função do seu teor de quartzo, já previamente discutido, mas também com as dimensões médias deste mineral. Nota-se que após 450 ciclos de abrasão a maior taxa de manutenção do lustro inicial ocorre em granitos com elevados teores de quartzo (acima de 30%) e nos quais o quartzo tem uma granulação dominante de 3,5 mm (Verde Candeias). Já, o com menor taxa de manutenção do lustro inicial foi o granito Verde Labrador caracterizado por teor de quartzo inferior a 30% e com cristais de quartzo de dimensões reduzidas, da ordem de 0,8 mm. Enquanto que no primeiro caso o quartzo representa grandes e freqüentes pontos de resistência na trama feldspática menos dura, no segundo caso o quartzo representa pequenos e menos freqüentes pontos de resistência na matriz feldspática.

Em termos de uma imagem comparativa o Verde Candeias representaria uma broca de vidia no

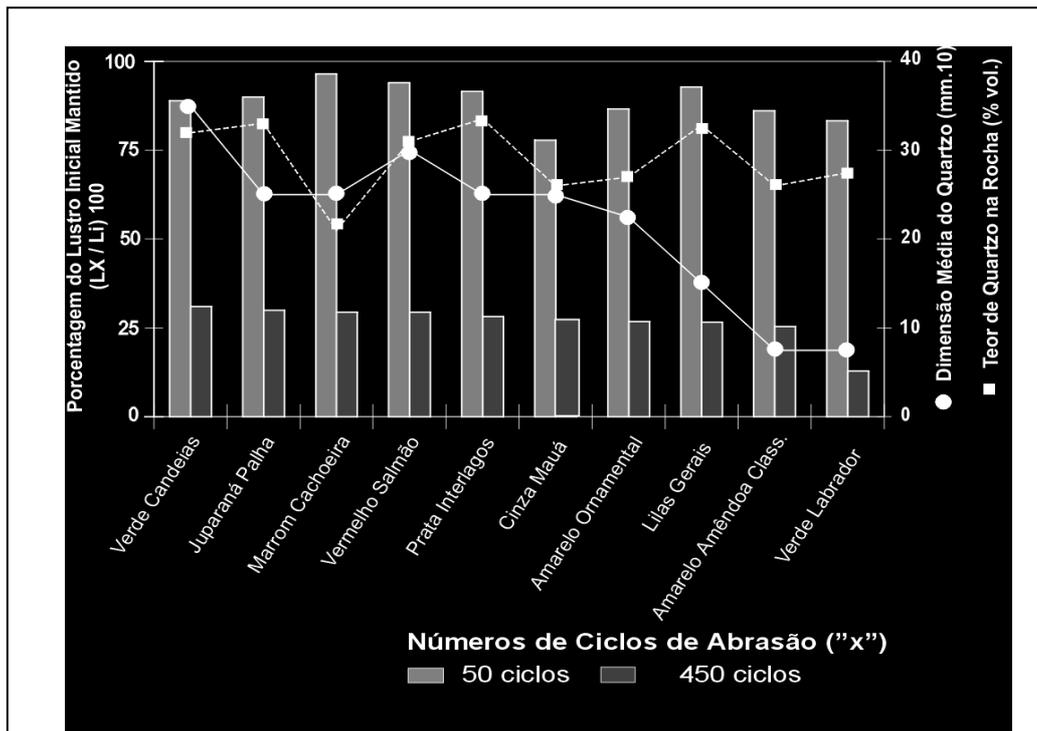


Figura 3 – Porcentagem do lustro inicial mantido, teor de quartzo e dimensão média do quartzo em diferentes tipos de granitos estudados após 50 e 450 ciclos de abrasão, segundo a metodologia PEI.

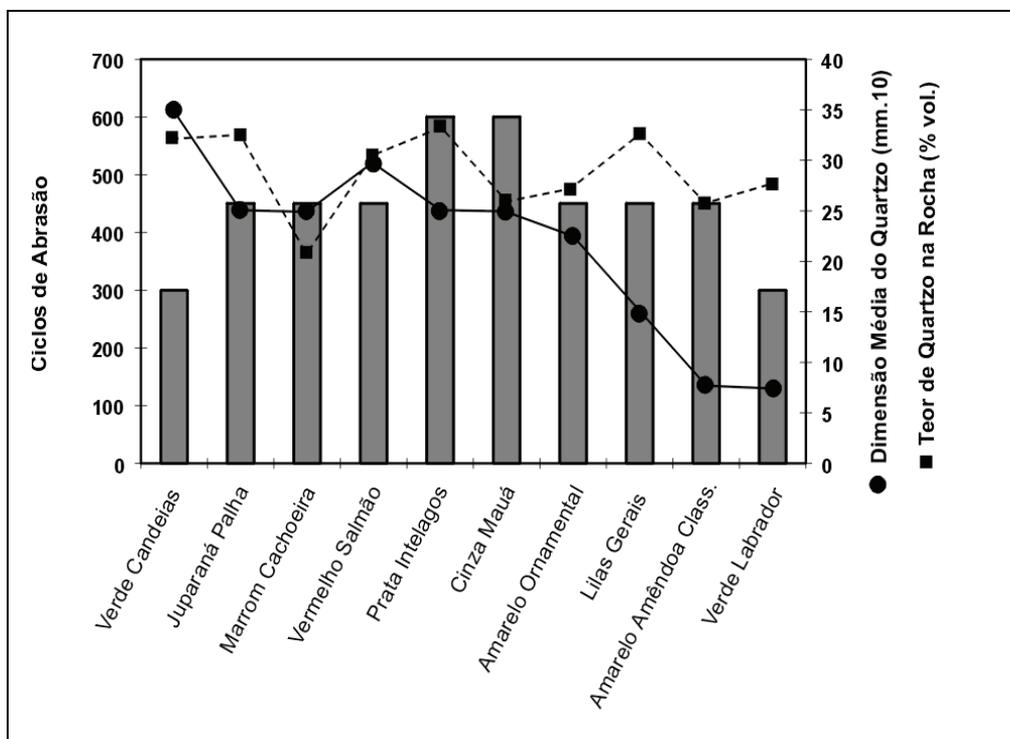


Figura 4 – Perda de lustro inicial por estimativa visual, teor de quartzo e dimensão média do quartzo em diferentes tipos de granitos submetidos a abrasão progressiva segundo a metodologia PEI. O limite superior de cada coluna indica o início da perda do lustro inicial e expressa em ciclos de abrasão aplicados à rocha ensaiada.

qual estão incrustados grandes e numerosos grãos com elevada dureza (diamantes) e o Verde Labrador uma broca sinterizada de vídria com diamantes de menor granulometria. Mostra a experiência que o segundo tipo de broca apresenta maior desgaste durante sondagens rotativas que o primeiro tipo. A Figura 3 mostra, por outro lado, que a combinação de elevados teores de quartzo de grande granulação não revela sua maior potencialidade de manutenção do lustro inicial se a abrasão for apenas incipiente, por exemplo de 50 ciclos.

Se a combinação do teor de quartzo e as dimensões médias deste mineral explica bem a variável capacidade de manutenção do lustro inicial de diferentes granitos, esta característica não se reflete claramente na constatação visual do início de perda de brilho pela metodologia PEI (Figura 4).

Um caso típico desta discrepância é o Verde Candeias que apesar de apresentar entre todos os granitos ensaiados a maior capacidade de manutenção de lustro inicial, apresenta constatação visual de perda de brilho já após 300 ciclos de abrasão e apresenta, sob este aspecto, características idênticas ao Verde Labrador, o granito com menor capacidade de manutenção do lustro inicial medido.

**Movimentação da Rocha.** No caso dos granitos, sienitos e mármore foram estudadas rochas com variada movimentação e/ou estruturas, e que comercialmente são reduzidas apenas à expressão rocha com e sem movimentação. Entre os granitos destaca-se o Verde Candeias com estruturas irregulares migmatíticas difusas (movimentação nebulítica) a gnáissica (movimentação paralela). Já os granitos Juparaná Palha, Amarelo Ornamental, Lilas Gerais e Verde Labrador apresentam gnaissificação mais ou menos patente o que implica numa foliação metamórfica paralela mais ou menos desenvolvida. Finalmente, o Vermelho Salmão, Prata Interlagos, Amarelo Amêndoa Clássico e Cinza Mauá são granitos propriamente ditos e praticamente homogêneos (rochas não movimentadas).

Entre os sienitos, os três tipos testados tem estruturas fluidais cuja intensidade diminui segundo a seqüência Café Imperial – Marrom Caldas – Marrom Rubi, este também com granulação mais fina, o que implica em decrescente movimentação paralela. Os gabros Preto Aracruz e Preto Total são homogêneos e granulação média/fina. Os mármore Branco Cintilante e Bettitino também são homogêneos, sendo o primeiro dolomítico e o segundo calcítico, enquanto o mármore calcítico travertino tem estrutura brechóide que implica numa movimentação fragmentada irregular, rica em poros (que necessitam impregnação da rocha com resinas).

Observando-se a Figuras 1 e 2 nota-se a nítida influência da movimentação da rocha no grau de abrasão necessária para a constatação visual da perda de lustro pela metodologia PEI. A foliação protomilonítica do Verde Labrador resulta em intenso microfissuramento e conseqüentemente no aumento da escarificação durante a abrasão, com conseqüente perda do lustro já após 300 ciclos de abrasão.

Situação similar ocorre no caso do Café Imperial e Marrom Caldas, rochas estas com movimentação paralela variável de intensa a forte. Após 300 ciclos de abrasão, estas rochas apresentam início de perda de lustro pela metodologia visual PEI, à semelhança dos gabros Preto Aracruz e Preto Total. Em oposição, no Marrom Rubi, sem movimentação paralela e granulação fina, a perda de lustro só é detectada visualmente após 450 ciclos de abrasão. A movimentação nebulítica/paralela do Verde Candeias implica em constatação visual de perda de lustro após 300 ciclos de abrasão. Este fato resulta da combinação de dois aspectos: a orientação da rocha que conduz ao desenvolvimento de fraturas perpendiculares e obliquamente aos planos de foliação e da estrutura migmatítica que implica numa distribuição mais heterogênea do quartzo e do feldspato, com concentrações locais mais ou menos amplas e enriquecidas em feldspatos, onde a rocha assemelha-se, em termos de dureza, aos sienitos. Nas rochas gnaissificadas, com movimentação paralela mais ou menos clara e persistente, a constatação visual de perda de lustro só ocorre após uma abrasão durante 450 ciclos. Finalmente os granitos com movimentação homogênea apresentam constatação visual de perda de lustro após abrasão durante 450 (Vermelho Salmão e Amarelo Amêndoa Clássico) e 600 (Prata Interlagos e Cinza Mauá). Não existe correlação entre a maior e a menor manutenção visual do lustro e a textura (variação relativa da granulação dos granitos), que é inequigranular grossa/média no Vermelho Salmão, porfirítica serial com matriz média no Amarelo Amêndoa Clássico, equigranular médio no Prata Interlagos e porfirítica serial em matriz média no Cinza Mauá, o que indica a existência de outros fatores condicionantes da capacidade de manutenção do lustro inicial.

Entre os mármore, nem a composição nem a movimentação demonstraram influência na constatação inicial da perda do lustro por metodologia visual PEI, que em todos os casos ocorre após 150 ciclos de abrasão. Entretanto, a Figura 1 demonstra que em termos de lustro medido nos mármore maciços, o mármore dolomítico supera o mármore calcítico e ambos ultrapassam a resistência à perda do lustro do mármore calcítico travertino com estrutura brechóide.

**Cor da Rocha.** Como mencionado anteriormente, a percepção visual da perda de lustro de um revestimento é condicionado, em parte, pela cor da rocha ornamental. A experiência empírica sugere que em rochas claras a perda do lustro é menos notada que em rochas escuras. Para comprovar a influência da cor no condicionamento da percepção da perda do lustro em rochas ornamentais, as amostras ensaiadas incluíram variedades cinzentas, avermelhadas, amareladas, castanhas, verdes, pretas e brancas.

A Figura 5 revela a ausência de uma relação sistemática entre a capacidade de manutenção do lustro inicial absoluto e a cor da rocha. Entretanto, esta correlação fica patente na Figura 6 que indica que a constatação visual da perda de lustro pela metodologia PEI ocorre nos granitos cinzentos Mauá

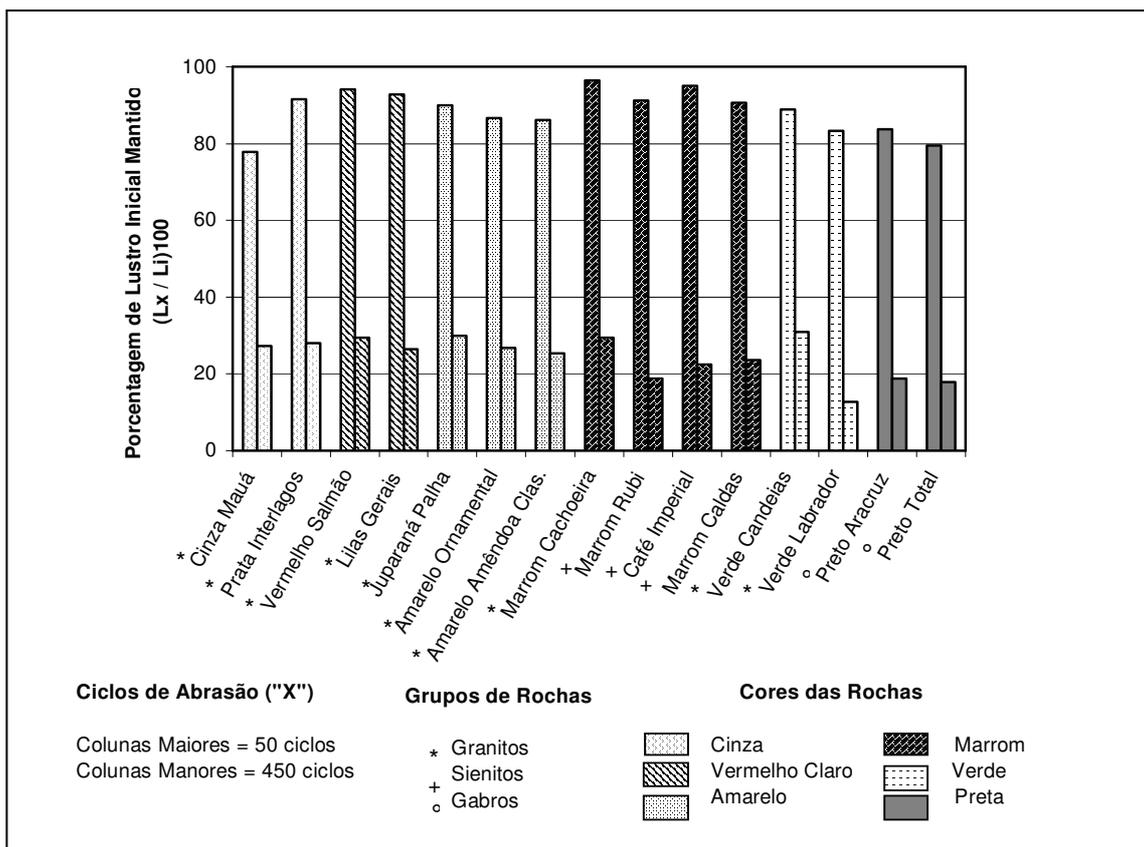


Figura 5 – Percentagem do lustrado inicial mantido e cor em diferentes tipos de rochas ornamentais silicatadas submetidas a 50 e 450 ciclos de abrasão segundo a metodologia PEI.

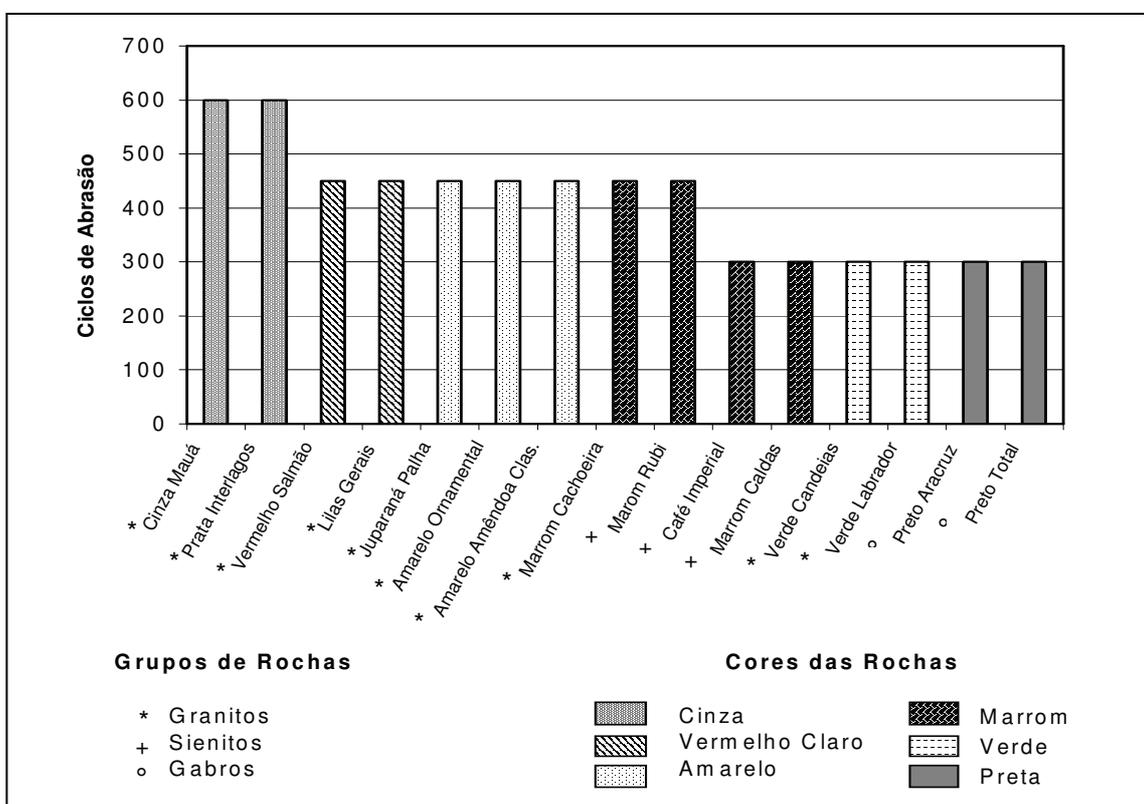


Figura 6 – Perda do lustrado inicial por estimativa visual e cor em diferentes grupos de rochas silicáticas ornamentais submetidas à abrasão progressiva segundo a metodologia PEI.

e Interlagos apenas após 600 ciclos de abrasão. As duas rochas são homogêneas (sem movimentação). O Cinza Mauá apresenta textura porfírica serial, cerca de 25% de quartzo, cuja dimensão média é em torno 2,5 mm. O Prata Interlagos é equigranular, contém cerca de 35% de quartzo com dimensão média em torno de 2,5 mm. Entretanto, a porcentagem de lustro inicial mantido após 450 ciclos de abrasão situa o Prata Interlagos e o Cinza Mauá apenas no 5º e 6º lugares, respectivamente, entre todos os granitos ensaiados (Figura 1). Este conjunto de dados sugere que efetivamente a cor é um fator condicionante na percepção visual da perda de lustro em granitos ornamentais.

Granitos mais ou menos avermelhados, amarelados e acastanhados e sienitos castanhos apresentam perda visual do lustro segundo a metodologia PEI após 450 ciclos de abrasão. Os granitos reúnem uma ampla gama de variedades estruturais e texturais, incluindo rochas homogêneas a gnáissicas, equigranulares a porfíricas (ver Quadros 1a e 1b) e com teores e granulação de quartzo variáveis (Figuras 3 e 4). O sienito Marrom Rubi é uma rocha discretamente orientada, equigranular, marrom clara e com reflexos avermelhados, aspectos estes que o distingue dos demais sienitos estudados (Café Imperial e Marrom Caldas). Ainda entre os granitos, os de cor verde (Verde Candeias e Verde Labrador) apresentam perda visual do lustro pela metodologia PEI após 300 ciclos de abrasão, idêntico aos sienitos castanhos porfíricos fluidais e aos gabros pretos homogêneos e equigranulares (Preto Aracruz e Preto Total). Os granitos verdes tem as duas estruturas mais exóticas neste grupo de rochas, sendo o Verde Candeias um migmatito gnáissico e o Verde Labrador um protomilonito recristalizado. Aqui novamente fica patente a influência da cor na percepção visual da perda do lustro: enquanto que o Verde Labrador, entre os granitos, apresenta a menor porcentagem do lustro original mantido após 450 ciclos de abrasão, o Verde Candeias, sob mesmas condições de desgaste, apresenta a maior porcentagem de lustro original mantido, superando os granitos cinzentos Prata Interlagos e Cinza Mauá.

As causas da maior porcentagem de lustro inicial mantido pelos sienitos Marrom Caldas e Café Imperial, em relação ao Marrom Rubi, após 450 ciclos de abrasão é debitada à estrutura fluidal e à textura porfírica bem desenvolvida que provoca a isorientação dos cristais placóides de feldspato alcalino gerando planos refletos paralelos, cujo efeito supera a maior absorção de luz nestes sienitos mais escuros. Mas também aqui, o Marrom Rubi apresenta início visual de perda de lustro após maior abrasão (450 ciclos) que os sienitos mais escuros (300 ciclos).

Emergem assim duas considerações fundamentais: não existe relação direta entre a constatação da perda do lustro pela metodologia PEI e o lustro medido (ou a porcentagem do lustro original mantido) e que em rochas escuras (castanhas, verde e pretas) a percepção visual da perda do lustro é mais intensa que em rochas rosadas, amareladas e cinza claras/prateadas. Estas conclusões obviamente

não se aplicam aos mármore, nos quais a perda visual do lustro ocorre sistematicamente e independentemente de sua cor e tipo de carbonato dominante em sua composição, após 150 ciclos de abrasão.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Revestimentos cerâmicos (cerâmicas esmaltadas e porcelanatos) e materiais naturais (rochas ornamentais) desde que refletoras (ou pela aplicação de camada externa com estas características ou por polimento) estão sujeitas no decorrer do tempo a uma progressiva perda do seu lustro inicial, quer por ataques químicos quer por abrasão. O primeiro caso é comum em locais de manipulações de ácidos solventes, soluções salinas, sabão não perfeitamente neutralizados, agentes de limpeza agressivos e em ambientes poluídos que implicam, entre outros reagentes agressivos, no desenvolvimento de chuvas ácidas. O segundo caso ocorre principalmente em locais de tráfego humano intenso, quer em corredores de prédios públicos quer em centros comerciais.

A perda do lustro de rochas ornamentais e cerâmicos assentam em princípios diferentes. No primeiro caso a abrasão destrói uma superfície polida obtida no próprio material. No segundo caso implica na remoção gradual de uma camada refletora aplicada sobre um suporte cerâmico base e cujas características finais resultam de reações entre uma mistura de componentes a altas temperaturas em forno de queima. Já o porcelanato apresenta características intermediárias: resulta de reações a elevadas temperaturas (caso das cerâmicas), mas sofre posterior polimento (caso das rochas ornamentais).

Por isto mesmo a determinação da resistência à abrasão de cerâmicas revestidas e rochas ornamentais obedecem a metodologias distintas. Cerâmicas são testadas sob elevadas rotações e são desgastadas por um abrasivo constituído essencialmente por esferas de aço com dimensões variáveis (metodologia PEI). Rochas ornamentais são testadas sob rotações da ordem de 10 vezes menores e são desgastadas por areias compostas essencialmente por grãos de quartzo com dimensões variáveis (metodologia Amsler; segundo diretrizes da norma NBR 12042 da ABNT, 1992b). Comum a ambas as metodologias é que os equipamentos de abrasão combinam movimentos de rotação e translação para que a superfície testada entre em contato com o abrasivo segundo todas as direções possíveis.

No presente estudo os autores estudaram a perda de lustro de diferentes rochas ornamentais utilizando a metodologia PEI, que por suas características (maior velocidade de rotação e amostras submetidas ao desgaste por abrasivos mais duros) provoca um desgaste mais rápido nas rochas ornamentais do que a metodologia Amsler. Tal técnica visou obter respostas mais rápidas para determinar a influência de diferentes fatores na perda do lustro (função do grau de destruição da superfície

polida), incluindo a composição mineralógica da rocha, a proporção entre os minerais constituintes da rocha (moda), as dimensões absolutas e relativas dos minerais aglutinados na rocha, a estrutura da rocha (rochas movimentadas ou não), a cor da rocha e o teor de quartzo na rocha, já que este mineral é freqüente e característico em granitos. Este grupo de rochas inclui comercialmente granitos magmáticos homogêneos, granitos migmatíticos (ou granitos movimentados) e gnaisses graníticos caracterizados pela existência de uma foliação (orientação preferencial dos minerais resultantes da deformação e recristalização dos minerais durante o metamorfismo da rocha).

Outro aspecto foi a de determinar a existência ou não de uma relação entre a variação da capacidade refletora (= capacidade de manutenção do lustro inicial da superfície polida) de uma rocha submetida à abrasão progressiva e a perda de lustro determinado visualmente segundo a metodologia PEI. Para isto, após cada ensaio de abrasão foi medido o lustro da superfície desgastada por meio de um *Gloss Meter*, calculada a porcentagem de lustro inicial mantido e determinado visualmente a ocorrência ou não de perda de lustro segundo a metodologia PEI.

Alguns dos fatores determinantes da perda do lustro de rochas ornamentais estão representadas nas Figuras 1 a 6 e sua interpretação baseou-se principalmente nos dados do Quadro 1. Entre as principais conclusões que ressaltaram da interpretação dos resultados cabe destacar:

**1)** A reprodutibilidade dos dados obtidos. Tal fato baseia-se nos biotita gabronoritos Preto Aracruz e Preto Total, ambos maciços e homogêneos, e que mostram apenas pequenas variações na sua granulação que é média a fina no primeiro e fina no segundo. Tanto nas medidas quantitativas (Figuras 1 e 5) quanto nas relativas (Figuras 2 e 6) os resultados obtidos foram praticamente idênticos, o que confirma a validade das conclusões aqui apresentadas;

**2)** Considerando-se as rochas como um todo, nas fases iniciais dos desgastes (50, 100 e 150 ciclos de abrasão) a variação da porcentagem do lustro inicial é nitidamente proporcional ao valor medido do lustro inicial (Figura 1), e é menor nos mármore que nas rochas silicáticas (granitos, sienitos e gabros). Após 450 ciclos de abrasão as porcentagens de lustro inicial mantido estabilizam-se e desvinculam-se do lustro inicial medido. Ao mesmo tempo é realçada a influência da composição da rocha, apresentando os granitos maior capacidade de manutenção do lustro inicial, seguidos pelos sienitos, gabros e mármore. Entre as rochas silicáticas a porcentagem de lustro inicial mantido determina uma curva suavemente decrescente, de tal modo que os valores mais baixos para os granitos superpõem-se aos mais elevados dos sienitos e os mais baixos destes assemelham-se aos valores mais elevados dos gabros. Fica patente também a rápida diminuição da porcentagem de lustro inicial mantido nos mármore a partir de 300 ciclos de abrasão (Figura 1);

**3)** Não há relação direta entre o lustro medido e a constatação visual do início da perda de lustro pela metodologia PEI. Esta constatação ocorreu no Verde

Candeias e no Verde Labrador após 300 ciclos de abrasão (Figura 2). Entretanto, após 450 ciclos de abrasão, a porcentagem de lustro inicial mantido do Verde Candeias é significativamente maior que a do Verde Labrador (Figura 1). O mesmo é válido para os granitos Prata Interlagos e Cinza Mauá, para os quais foi constatado visualmente início de perda de brilho apenas após 600 ciclos de abrasão, correspondendo às rochas de melhor desempenho, sob este aspecto, entre as 18 litologias testadas (Figura 2). Entretanto, a sua capacidade de manutenção do lustro inicial após 450 ciclos de abrasão as coloca apenas em 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> lugares entre os 10 tipos de granitos estudados (Figura 1). Outros exemplos ficam patentes pela cuidadosa comparação entre as Figuras 1 e 2;

**4)** Foi observada boa correlação entre a capacidade de manutenção do lustro inicial e a combinação dos fatores teor de quartzo e a dimensão média deste mineral nas rochas. A Figura 3 mostra que após 450 ciclos de abrasão, a maior porcentagem de lustro inicial mantido é de granitos que apresentam, ao mesmo tempo, elevados teores de quartzo e contendo grãos de quartzo com grandes dimensões, e que a menor porcentagem é de granitos mais pobres em quartzo e nos quais o quartzo tem dimensões reduzidas (Figura 3). A Figura 4 confirma mais uma vez que não existe relação direta entre lustro medido e a constatação visual de início de perda de lustro segundo a metodologia PEI. Assim, no Verde Candeias e no Verde Labrador esta constatação ocorreu após 300 ciclos de abrasão, enquanto que estas rochas são, respectivamente, as com maiores e menores capacidades de manutenção do lustro inicial entre todos os granitos estudados após 450 ciclos de abrasão (Figura 3). Tal discrepância pode ser atribuída à diferente estrutura das duas rochas. O Verde Candeias tem estrutura migmatítica (rocha movimentada), enquanto o Verde Labrador é protomilonítico;

**5)** As Figuras 5 e 6 evidenciam a importância da cor das rochas silicatadas na constatação visual, segundo a metodologia PEI, do início da perda visual do lustro. Em rochas escuras (pretas, verdes, castanhas escuras) o início de perda de lustro é constatado após 300 ciclos de abrasão, enquanto que em rochas marrom claras, amareladas e vermelho claras esta feição só é observada após 450 ciclos de abrasão. Finalmente nas rochas cinzentas, tanto com tonalidades médias (Cinza Mauá) ou claras (Prata Interlagos), a constatação visual do início da perda de lustro só ocorreu após 600 ciclos de abrasão (Figura 6). Estas rochas são também homogêneas (Quadros 1a, 1b) e contém teores de quartzo acima de 30% e a granulação média deste mineral é da ordem de 2,5 mm (Figuras 3 e 4). Igualmente, são pouco alteradas (Quadros 1a, 1b). Desta maneira os bons resultados em termos de constatação visual do início da perda de brilho representa a melhor combinação entre o tipo litológico (granito), estrutura (homogênea ou ausência de movimentação), teor de quartzo (acima de 30%), tamanho médio dos grãos de quartzo (em torno de 2,5 mm) e grau de alteração (ausente a incipiente) de todas as rochas estudadas.

## RECOMENDAÇÃO

Face aos resultados obtidos, recomenda-se, sob o aspecto estético da manutenção por tempo máximo do lustro de um piso revestido por rochas ornamentais e sujeito a intenso tráfego humano, que a rocha aplicada seja um granito claro, com estrutura homogênea (rocha sem movimentação), rico em quartzo e que este mineral tenha grandes dimensões. Esta recomendação poderá ser testada pelo acompanhamento da evolução estética do “Shopping Center” Parque Don Pedro na Cidade de Campinas, SP, e inaugurado em 2002, cujo piso contém da ordem de 7.000 m<sup>2</sup> de rochas escuras desprovidas de quartzo num contexto de mosaicos com outras variadas de rochas ornamentais.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores A. C. Artur e R. M. Andrighetti agradecem à FAPESP, através do Processo 97/03800-3, e o autor E. Wernick ao CNPq, através do Processo 500459/90-8, que direta ou indiretamente deram suporte à esta pesquisa. Os agradecimentos são extensivos à empresa EMIGRAN Pisos e Revestimentos em Granitos, com sede na cidade de São João da Boa Vista - SP, pelo fornecimento das amostras utilizadas na presente pesquisa e ao Laboratório de Ensaio Cerâmicos do Sindicato de Ceramistas de Santa Gertrudes - SP, que gentilmente permitiram a execução dos ensaios para determinação da resistência à abrasão superficial.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARTUR, A.C.; MEYER, A. P.; WERNICK, E. 2001. Características tecnológicas de granitos ornamentais: a influência da mineralogia, textura e estrutura da rocha. Dados comparativos e implicações de utilização. *Anais do I Simp. Brasileiro de Rochas Ornamentais e II Semin. de Rochas Ornamentais do Nordeste*. p. 13-19. Salvador.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992a. Rochas para revestimento – análise petrográfica. 3 p. (norma ABNT-NBR 12768).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1992b. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 3 p. (norma ABNT-NBR 12042).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 1997. Determinação da resistência à abrasão superficial – Anexo D (normativo). p. 17-22. (norma ABNT-NBR 13818, Anexo D).
- RODRIGUES, E. de P.; CHIODI FILHO, C.; COUTINHO, J.M.V. 1997. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. *Rev. Rochas e Equipamentos*. V.47, 2p. Lisboa, Portugal.
- RODRIGUES, E. de P.; COUTINHO, J.M.V.; CHIODI FILHO, C. 1996. Petrografia microscópica: uma visão do passado, presente e futuro da rocha ornamental. *Rev. Rochas de Qualidade*. São Paulo, nº 127:80-84.