



Aferição de brilho e índices físicos: caracterização de rochas ornamentais

D.R. Laranjeira¹, F.M. da C. Oliveira², E.B. de Melo² & M.L. de S.C. Barros³

1 UFPE/Departamento de Engenharia Civil - Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. Cidade Universitária 50740-530 Recife - PE (Brasil) dilaranjeira@msn.com

2 UFPE/Departamento de Geologia - Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. Cidade Universitária 50740-530 Recife - PE (Brasil) felisbela.oliveira@ufpe.br

3 UFPE/Departamento de Engenharia de Minas - Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n. Cidade Universitária 50740-530 Recife - PE (Brasil)

Abstract The luster index in ornamental stones is used to evaluate its better utilization (interior or exterior). The methodology used consists in determination of light reflection index, using the electronic devise *Glossmeter*, performed in five ornamental stones well established in the market, exploited in the northeast Brazil. San Marco, from State of Paraíba, has dark color, bear iron-magnesian micas susceptible to oxidation. It has homogeneous luster, enhanced in shaded areas, favoring its use for interiors. Florence Red, from State of Paraíba, had not considerable luster variation; it is the most resistant to alteration, evidenced by its enrichment in K-feldspar. Because its high luster and resistance to alteration, the most adequate application is external. Abelha Branca, from State of Ceará, Picuí Tropical and Picuí de Verinha, from State of Paraíba, have less prominent luster and with greater variation, essentially due to its quartz rich nature with fine-grained texture and with micro fissures that increase in humidity absorption, making them more adequate to estimate the alteration by the determination of luster. Physical properties and luster indexes are function of the mineralogy and texture of the rocks. The quantitative determination of these parameters is very important to indicate the better use of ornamental stones.

Palavras-chave: Rochas ornamentais, índices físicos e de brilho.

INTRODUÇÃO A aplicação de rochas ornamentais tem sido incrementada pela sua utilização na construção civil, obras de arte, urnas funerárias e decoração de interiores, apreciadas pela qualidade, estética e durabilidade.

Rochas ornamentais são peças de valor mercadológico, cuja preferência é pela estética, dentro da qual a intensidade e homogeneidade do brilho possuem grande importância.

A quantificação da mineralogia, de índices físicos e de brilho, com a respectiva aferição estatística para garantir a confiabilidade no acervo disponível, além de alimentar banco de dados de rochas ornamentais, contribui para propostas de adequação de normas técnicas, principalmente no que se refere ao número amostral.

É oportuno ter claro que estética depende de brilho, sendo propósito do estudo interrelacionar os dados quantificadores desse com correspondentes porosidade e absorção de umidade. Todos dependentes da composição mineral e da textura. Deve-se destacar que a rocha de melhor brilho nem sempre se adequa ao uso pretendido.

A aplicabilidade e funcionalidade do índice de brilho e sua comparação com os índices físicos de amostras com aceitação mercadológica é o conteúdo essencial do trabalho. O uso do equipamento portátil Glossmeter para medir brilho, revelado útil e

convicente, traz consigo a força do caráter prático da operação.

A pesquisa estudou cinco tipos de rochas silicáticas: Picuí de Verinha, Florence Red, San Marco, Abelha Branca e Picuí Tropical, nomes comerciais de tipos bem aceitos.

ÍNDICES FÍSICOS E DE BRILHO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS Na preparação das peças em rochas ornamentais, a serragem transmite abrasão e impacto, microfissurando as mais quartzosas, o polimento modifica porosidade e absorção de umidade. O polimento requer uma mesa com 24 cabeçotes, os materiais susceptíveis a fissuramento são submetidos aos cinco primeiros e, levigados, são resinados para diminuir a porosidade. Após secagem voltam a ser polidos por completo. O polimento também depende da composição mineral, pois é tanto melhor quanto menor o teor de minerais de alta dureza.

Diversos autores têm estudado amplamente correlações entre propriedades de rochas ornamentais. Foi demonstrado (Onodera & Asoka Kumara 1980) que presença de clivagem e microfissuras reduzem a resistência à compressão e aumentam a resistência ao impacto. Concluiu-se (Tugrul & Zarif 1998) que a massa específica seca possui relação direta com a razão modal quartzo/feldspatos e inversa com a



porosidade. A presença de grãos anedrais de quartzo preenchendo os espaços entre os outros grãos minerais seria a razão para essas correlações.

Composição mineralógica A composição mineral das rochas está ligada à variedade que é em função da formação geológica e dos minerais que constituem as rochas (Flain 1995).

A composição mineral modal das amostras determina as cores: K-feldspato apresenta coloração rósea a avermelhada, conforme inclusões de ferro, pouco alterável; plagioclásio, coloração alva e/ou verde, conforme inclusões de epidoto, é medianamente alterável; mica apresenta lamelas brilhantes prateadas ou pretas, a depender da inclusão de matéria orgânica, é muito alterável. O quartzo, cinzento translúcido, não altera, porém é desencadeador de alteração por microfissurar-se facilmente, aumentando a porosidade (Tabela 1).

Amostra	K-feldspato (%)	Plagioclásio (%)	Quartzo (%)	Mica (%)	Total (%)
Picuí de Verinha	63	15	11	11	100
Florence Red	64	6	24	6	100
San Marco	–	70	6	24	100
Abelha Branca	–	75	20	5	100
Picuí Tropical	64	7	18	11	100

Tabela 1. Composição mineralógica modal mesoscópica das rochas pesquisadas

Picuí de Verinha possui cor predominante bege pela quantidade de K-feldspato. Florence Red apresenta cor avermelhada devida à quantidade de K-feldspato com inclusões de óxido de ferro. San Marco tem coloração escura esverdeada, por causa da quantidade de plagioclásio com inclusão e associação de epidotos e micas. Abelha Branca é uma rocha alva devida ao plagioclásio albitico, com pequenas regiões cinzentas formadas por quartzo. Picuí Tropical é rósea escuro, por causa do teor de K-feldspato, e pontos cinzentos de quartzo.

Índices físicos Para determinar os índices físicos usaram-se: estufa, balança de alta precisão e bandejas.

Para cada fase de produção (bruto, serrado, levigado e polido) prepararam-se trinta corpos de prova prismáticos nas dimensões 2,0 × 2,0 × 1,5 cm.

Baseou-se na norma brasileira NBR-12766 para determinação dos índices físicos (massa específica, porosidade e absorção de água aparentes), com número amostral triplicado.

As peças foram levadas à estufa em bandejas com espaçamentos regulares para circular ar, permanecendo 24 h, antes de serem pesadas. Daí foram submersas gradativamente em água com nível inicial foi 1/3 da altura das amostras; após 4 h nível de 2/3 da altura das amostras; e finalmente, após mais 4 h, completamente submersas. Ao completar 48 h do início da imersão, pesou-se a amostra ao ar e na condição submersa (Tabela 2 e Tabela 3).

		MASSA ESPECÍFICA SECA				MASSA ESPECÍFICA SATURADA			
		média	Des. padrão	variância	coef. varianç.	média	Des. padrão	variância	coef. varianç.
Picuí Tropical	Bruta	2,7683	0,0454	0,0021	0,0164	2,7821	0,0465	0,0022	0,0167
	Serrado	2,6977	0,0085	0,0001	0,0032	2,7147	0,0079	0,0001	0,0029
	Levigado								
	Polido	2,7600	0,2165	0,0469	0,0784	2,8211	0,2812	0,0791	0,0997
Picuí Verinha	Bruta	2,7892	0,1538	0,0236	0,0551	2,8051	0,1564	0,0245	0,0558
	Serrado	2,7069	0,0123	0,0002	0,0046	2,7227	0,0121	0,0001	0,0045
	Levigado	2,7883	0,2623	0,0688	0,0941	2,8092	0,2645	0,0700	0,0942
	Polido	2,7386	0,1199	0,0144	0,0438	2,7725	0,1582	0,0250	0,0570
Florence Red	Bruta	2,6975	0,0363	0,0013	0,0135	2,7202	0,0319	0,0010	0,0117
	Serrado	2,7118	0,0615	0,0038	0,0227	2,7282	0,0616	0,0038	0,0226
	Levigado	2,7919	0,1104	0,0122	0,0396	2,8031	0,1160	0,0135	0,0414
	Polido	2,7598	0,0806	0,0065	0,0292	2,7801	0,0914	0,0083	0,0329
Abelha Branca	Bruta	2,7203	0,0485	0,0024	0,0178	2,7391	0,0503	0,0025	0,0025
	Serrado	2,7302	0,0399	0,0016	0,0146	2,7455	0,0398	0,0016	0,0145
	Levigado								
	Polido	2,7854	0,1206	0,0146	0,0433	2,8046	0,1286	0,0165	0,0458
San Marcos	Bruta	3,0003	0,0611	0,0037	0,0204	3,0166	0,0624	0,0039	0,0207
	Serrado	3,0019	0,0109	0,0001	0,0036	3,0150	0,0105	0,0001	0,0035
	Levigado								
	Polido	3,0488	0,1332	0,0177	0,0437	3,0612	0,1499	0,0225	0,0490

Tabela 2. Índices Físicos



		POROSIDADE				ABSORÇÃO APARENTE DA ÁGUA			
		média	Des. padrão	variância	coef. varianç.	média	Des. padrão	variância	coef. varianç.
Picuí Tropical	Bruta	1,3851	0,3221	0,1037	0,2325	0,4999	0,1141	0,0130	0,2283
	Serrado	1,7050	0,1809	0,0327	0,1061	0,6321	0,0681	0,0046	0,1077
	Levigado								
	Polido	1,2627	0,1302	0,0170	0,1031	0,4556	0,0272	0,0007	0,0597
Picuí Verinha	Bruta	1,5833	0,3088	0,0954	0,1950	0,5690	0,1140	0,0130	0,2004
	Serrado	1,5804	0,1611	0,0260	0,1020	0,5839	0,0603	0,0036	0,1032
	Levigado	1,8518	0,2442	0,0596	0,1319	0,6637	0,0514	0,0026	0,0775
	Polido	1,5118	0,1974	0,0390	0,1306	0,5525	0,0721	0,0052	0,1304
Florence Red	Bruta	2,2664	1,1457	1,3126	0,5055	0,8434	0,4460	0,1989	0,5289
	Serrado	1,6501	0,1901	0,0361	0,1152	0,6089	0,0727	0,0053	0,1194
	Levigado	2,0339	0,5828	0,3397	0,2866	0,7257	0,1824	0,0333	0,2513
	Polido	1,3511	0,1648	0,0272	0,1220	0,4896	0,0582	0,0034	0,1188
Abelha Branca	Bruta	1,8794	0,4703	0,2212	0,2502	0,6901	0,1696	0,0287	0,2457
	Serrado	1,5274	0,2315	0,0536	0,1516	0,5597	0,0857	0,0073	0,1532
	Levigado								
	Polido	1,3575	0,2179	0,0475	0,1605	0,4869	0,0668	0,0045	0,1371
San Marcos	Bruta	1,6237	0,2632	0,0693	0,1621	0,5406	0,0834	0,0070	0,1543
	Serrado	1,3115	0,1263	0,0160	0,0963	0,4370	0,0427	0,0018	0,0978
	Levigado								
	Polido	1,5156	0,2356	0,0555	0,1554	0,4973	0,0748	0,0056	0,1504

Tabela 3. Índices Físicos

Amostras de Florence Red, San Marco e Abelha Branca tiveram aumento da massa específica do estado bruto para o polido, devido à grande quantidade de material de fácil polimento que facilita o fechamento dos poros da chapa. Picuí Tropical e Picuí de Verinha diminuíram a massa específica do estado bruto para o polido, por causa do quartzo de granulometria fina, que se microfissura quando do polimento. Foram as que menos diminuíram a porosidade do estado bruto para o polido.

Verificou-se a lógica relação linear entre absorção de umidade, porosidade e massa saturada aparente.

Brilho é o resultado de reflexão de luz. Nas rochas, depende da cor, textura/estrutura e composição mineral.

Para a quantificação do brilho utilizou-se um medidor de brilho (glossmeter IG 330) que consiste em um emissor de luz e um foto-sensor para medir o percentual de reflexão. As aferições podem ser feitas sob ângulo de incidência 60°, ou 20° com maior acuracidade. O brilho foi quantificado em séries de medições compostas de cinco aferições em cada um dos trinta corpos de prova de cada rocha sob os dois ângulos de incidência (Tabela 4).

O medidor de brilho é mais sensível a 20° e representa menor área, com melhor adequação para quantificar a homogeneidade textural-granulométrica e acompanhar a alterabilidade. Isso qualifica o

material ao uso em ambiente interno de baixa luminosidade.

Amostra	Média 20°	Média 60°	Δ	$\Delta(\%)$
Picuí de Verinha	58	76	18	23,7
Florence Red	65	80	15	18,8
San Marco	68	78	10	12,8
Abelha Branca	57	74	17	23,0
Picuí Tropical	58	75	17	22,7

Tabela 4. Médias de brilho com ângulos de incidência 20° e 60°, e diferença dos valores

As medições se realizaram para estimar a variação do brilho de amostras poupadas de qualquer ataque. Não houve variação relevante ao longo da monitoração (Tabelas 5 e 6).

Florence Red apresentou o melhor índice de brilho a 60°, apesar da grande quantidade de quartzo, cuja granulometria é grossa e sempre menor que a dos cristais de feldspato. Ainda nas condições de 60°, o tipo San Marco apresentou um bom resultado. Com ângulo de 20° San Marco obteve o melhor índice de brilho, logo sucedido por Florence Red. Verifica-se também que San Marco, afora a melhor homogeneidade granulométrico-textural, foi a rocha que apresentou menor variação de brilho ao variar o ângulo, dado que significa a sua melhor adequação para uso em ambientes com pouca luminosidade.



Série	Nov/02			Jan/03			Mar/03		
Amostra	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Picuí de Verinha	74	4,3	0,0572	76	4,3	0,0565	77	3,5	0,0462
Florence Red	79	4,1	0,0512	81	4,8	0,0596	80	4,5	0,0567
San Marco	77	4,1	0,0525	79	3,8	0,0482	78	3,8	0,0491
Abelha Branca	73	2,5	0,0345	75	3,2	0,0425	74	3,4	0,0456
Picuí Tropical	74	5,8	0,0784	75	6,1	0,0819	75	6,0	0,0801

Tabela 5. Médias de brilho a 60°, respectivos desvios padrão e coeficientes de variação

Série	Jan/03			Mar/03		
Amostra	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Picuí de Verinha	58	6,9	0,1181	59	6,7	0,1142
Florence Red	65	8,0	0,1233	65	7,8	0,1197
San Marco	69	7,7	0,1121	68	8,0	0,1187
Abelha Branca	57	5,9	0,1031	57	5,7	0,1003
Picuí Tropical	58	10,3	0,1784	58	11,0	0,1898

Tabela 6. Médias de brilho a 20°, respectivos desvios padrão e coeficientes de variação

Foi procedida e resumida nas tabelas IV e V análise dos parâmetros estatísticos para verificar a representatividade dos dados. Os valores enquadram-se como regulares, tomando como referencial o limite de coeficientes de variação de 40% estabelecido em similar tratamento de dados ligados à exploração mineral (Maranhão 1985), comprovando a representatividade e confiabilidade da pesquisa.

CONCLUSÕES O trabalho se propôs ao estabelecimento de um critério quantitativo para a abordagem do brilho, na expectativa de estendê-lo como critério de avaliação do aspecto estético, oferecendo meios de comparação entre peças similares aos produtos estudados.

San Marco possui micas ferro-magnesianas, oxidáveis. Seu brilho mais destacado a 20° indica maior reflexão analisada ponto a ponto, com maior homogeneidade, o que sugere maior destaque à sombra, melhor aplicação estético-decorativa em ambiente interno.

Florence Red, cujo brilho não varia consideravelmente entre duas medições sucessivas, é a rocha de provável menor alterabilidade, confirmada pela composição mineral rica em K-feldspato. Seu destacado brilho a 60°, reforça a sugestão de uso externo mais adequado.

Os tipos Picuí Tropical, Abelha Branca e Picuí de Verinha são peças cujos valores de brilho se revelaram menos destacados. A composição quartzosa com granulometria fina caracteriza maior distribuição de micro-fissuramento e absorção de umidade, tornando-as mais apropriadas à monitoração da variação da quantidade de brilho como critério da estimativa de alterabilidade. Deve-se evitar seu uso em ambientes com grande umidade.

A variação dos valores medidos periodicamente para o brilho é proposta como princípio de aferição numérica para a alterabilidade. Não houve variações relevantes ao longo de dois anos sem qualquer uso, ficando claro que a monitoração precisa continuar e, como etapa seguinte, experimentar um simulador de intemperizações.

Referências

- FLAIN E.P. 1995. *Tecnologia de Produção de Revestimento de Fachadas de Edifícios com Placas Pétreas*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 180 p.
- GUPTA A.S. & SESHAGIRI RAO K. 2000. Weathering effects on the strength and deformational behaviour of crystalline rocks under uniaxial compression state. *Engineering Geology Review* [em linha], **56**:257-274.
- MARANHÃO R.J.L. (3a. ed) 1985. *Introdução à Pesquisa Mineral*. ETENE/BNB, Fortaleza, 796 pp.
- ONODERA T.F. & ASOKA KUMARA H.M. 1980. Relation between texture and mechanical properties of crystalline rocks. *International Associating Engineering Geology Bulletin*, **22**:173 – 177.
- TUGRUL A. & ZARIF I.H. 1999. Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. *Engineering Geology Review* [em linha], **51**:303-317.