# UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Estudo e análise do estado de conservação das rochas, por método não destrutivo, do Palácio da Justiça de São Paulo

### **ALFREDO TOSHIO SUZUKI**

Dissertação apresentada ao Programa Geociências (Mineralogia e Petrologia) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Mineralogia Geral, Analítica e Aplicada

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Aparecida Del Lama Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP. Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a) via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação: Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

## Suzuki, Alfredo Toshio

Estudo e análise do estado de conservação das rochas, por método não destrutivo, do Palácio da Justiça de São Paulo / Alfredo Toshio Suzuki; orientadora Eliane Aparecida Del Lama. -- São Paulo, 2018.

127 p.: il.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia) -- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2018.

1. Palácio da Justiça. 2. Rochas ornamentais. 3. Métodos não destrutivos. 4. Geoturismo urbano. 5. Conservação de monumentos. I. Del Lama, Eliane Aparecida, orient. II. Título.

## UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

# Estudo e análise do estado de conservação das rochas, por método não destrutivo, do Palácio da Justiça de São Paulo

## **ALFREDO TOSHIO SUZUKI**

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Aparecida Del Lama

Dissertação de Mestrado

Nº 803

COMISSÃO JULGADORA

Dra. Eliane Aparecida Del Lama

Dra. Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá

Dra. Thais Alessandra Bastos Caminha Sanjad

SÃO PAULO 2018

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus e a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram a conquistar mais essa etapa da minha vida.

Agradeço e dedico este trabalho a Izabel, a nossas filhas, Marianna e Denise, e ao nosso neto Samuel, pela ajuda, apoio incondicional e incentivo em todas as horas da minha vida.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Aparecida Del Lama pela paciência e tolerância com meus problemas de saúde, pelo apoio, confiança, dedicação, pelos ensinamentos proporcionados e pela disponibilidade e acompanhamento para conclusão deste trabalho.

À comissão julgadora, composta pela Dr<sup>a</sup>. Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá e Dr<sup>a</sup>. Thais Alessandra Bastos Caminha Sanjad, por todos os ensinamentos proporcionados com as devidas correções e orientações necessárias para adequar esta dissertação.

Aos funcionários do Palácio da Justiça e do Museu do TJSP pela ajuda na obtenção de informações sobre a construção do Palácio, em especial a Sra. Soraya T. R. Pinto e a Sra. Claudia F. B. Pires, do serviço de visitação do Palácio, que sempre incentivaram este trabalho desde o primeiro contato e o tornaram realidade.

À assessoria de imprensa, através da Sra. Rosangela Sanches, pelo apoio nas pesquisas e materiais necessários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo de Mestrado.

Aos amigos Vanessa, Diogo Braz, Rafael, Alexander e Patrícia pelo incentivo, ajuda e disponibilidade às minhas dúvidas.

Aos professores da Pós-graduação e funcionários do IGc-USP.

Ao Lauro K. Dehira pela ajuda na organização e preparação deste trabalho.

O segredo da saúde mental e corporal está em não se lamentar pelo passado, não se preocupar com o futuro, nem se adiantar aos problemas, mas viver sábia e seriamente o presente.

Buda

#### **RESUMO**

Suzuki, A.T., 2018, Estudo e análise do estado de conservação das rochas, por método não destrutivo, do Palácio da Justiça de São Paulo [Dissertação de Mestrado], São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 127 p.

A crescente preocupação com a conservação e preservação dos bens do patrimônio histórico construído tem levado os diversos ramos do conhecimento a executarem estudos de diagnóstico e caracterização das edificações e monumentos, tanto quanto aos seus materiais constituintes quanto às questões de funcionalidade e finalidade no contexto da sociedade. No ramo da geologia, estudos da geodiversidade dos monumentos e edificações vêm sendo executados no centro velho da cidade de São Paulo e em diversos outros pontos da cidade, com a caracterização dos materiais pétreos que os constituem. Esses monumentos, de inestimável valor, tanto histórico quanto cultural, devem ser conservados para as futuras gerações prevenindo as alterações naturais devido ao intemperismo, seja físico ou químico, e às ações antrópicas, preservando esses bens com ações preventivas de conservação. A presente dissertação objetivou colaborar com essa linha de pesquisa, visando caracterizar os materiais pétreos do Palácio da Justiça, patrimônio histórico e cultural da cidade de São Paulo tombado em 1981, assim como o seu estado de alteração, e com isso contribuir para futuros trabalhos de restauro, quando necessários. Tratandose de monumento tombado, foram utilizados métodos não destrutivos, isto é, com equipamentos que não alteram nem danificam as rochas analisadas e que podem ser feitas em situ. Foram utilizados o espectrofotômetro para medição da cor da superfície e o Martelo de Schmidt (esclerômetro) para medição da dureza superficial da rocha. Nos ensaios com o espectrofotômetro foi possível medir a cor atual da rocha, podendo ainda servir como padrão para futuros ensaios. Também foi possível comparar a rocha em diferentes usos e desgastes. No Palácio foi encontrado grande variedade de rochas ornamentais, tais como. Mármore Vermelho Real Belga, Mármore Carrara Branco, Mármore Nero Marquina com Fósseis, Calcário Lioz, Mármore Vermelho Bidasoa, Mármore Giallo Verona, Mármore Calacatta Oro, Mármore Botticino, variados Calcários Fossilíferos e Granito Rosa Itupeva. Dentre as rochas encontradas no Palácio, o Granito Rosa Itupeva, nome comercial desse granito, foi escolhido para os ensaios esclerométricos, por se apresentar em diferentes formas, como colunas, revestimento de paredes internas e externas, pisos e escadas. O índice esclerométrico variou de 30 em superfícies serradas a 42 a 48 em superfícies polidas. O Palácio passou por uma reforma geral, finalizada em 2017, sendo que as rochas aí presentes se apresentam em boas condições de conservação. Pela diversidade de rochas ornamentais encontradas no Palácio esse local constitui um local adequado para a prática de geoturismo no centro da capital paulista, visando a divulgação das geociências através da visitação ao Palácio da Justiça. Sugere-se que a caracterização das rochas que foram identificadas e caracterizadas nesta dissertação sejam incorporadas ao guia de visitação do Palácio apresentando aos visitantes as belíssimas rochas ali existentes.

Palavras-chave: Palácio da Justiça, rochas ornamentais, métodos não destrutivos, geoturismo urbano, conservação de monumentos.

#### **ABSTRACT**

Suzuki, A.T., 2018, Study and analysis of the stone conservation condition by non-destructive method of the Palace of Justice of São Paulo. [Master's Thesis], São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 127 p.

The concern about conservation and preservation of historical heritage has led the various branches of knowledge to carry out studies on the diagnosis and characterization of buildings and monuments, as well as their constituent materials regarding the questions of functionality and purpose for society. In the field of geology, studies of the geodiversity of monuments and buildings have been carried out in the old center of the city of São Paulo and in several other points of the city, with the characterization of their stone materials. These monuments of inestimable value, both historical and cultural, must be preserved for future generations by preventing natural changes due to weathering, physical or chemical, and to anthropic actions, preserving the heritage with preventive conservation actions. This dissertation had the objective of collaborating with this line of research, aiming to characterize the stone materials of the Palace of Justice, historical and cultural heritage of the city of São Paulo protected by law since 1981, as well as its conservation condition, and of contributing to future restoration works. As the Palace of Justice is a monument protected by law, nondestructive methods, such as spectrophotometer and Schmidt hammer (sclerometer), were used because they do not alter or damage the analyzed stone and they can be applied in situ. With the spectrophotometer it was possible to measure the current color of the stone; therefore, the data should be used as a standard for future trials. It was also possible to compare the stone in different uses. A great variety of ornamental stones was found in the Palace, such as: Red Belgian Royal Marble, White Carrara Marble, Nero Marquina Marble with Fossils, Lioz Limestone. Red Bidasoa Marble. Giallo Verona Marble. Calacatta Oro Marble, Botticino Marble, Fossiliferous Limestones and Pink Itupeva Granite. Among the stones found in the Palace, Pink Itupeva Granite (commercial name of this granite) was chosen for the sclerometric tests because it occurs in different forms, such as columns, internal and external wall cladding, floors and stairs. The sclerometric index ranged from 30 on sawn surfaces to 42-48 on polished surfaces. The Palace underwent a general renovation completed in 2017. Because of that the stones present good conservation condition. Due to the diversity of ornamental stones found in this building, it is a suitable place for practicing geotourism in the center of the city of São Paulo, aiming at the dissemination of geosciences through the visitation to the Palace of Justice. It is suggested that the characterization of the stones identified in this dissertation should be added to the visitation guide of the Palace pointing out to the visitors the beautiful stones present there.

Keywords: Palace of Justice, ornamental stone, non-destructive methods, urban geotourism, conservation of monuments.

## SUMÁRIO

_	RADECIMENTOS	
ΕΡĺ	ÍGRAFE	V
RES	SUMO	vii
	STRACT	
1	INTRODUÇÃO	1
2	MATERIAIS E MÉTODOS	5
	2.1 Compilação Bibliográfica	5
	2.2 Espectrofotometria	6
	2.3 Esclerometria	
	HISTÓRIA DO PALÁCIO DA JUSTIÇA DE SÃO PAULO	
4	ANÁLISE DAS ROCHAS DO PALÁCIO DA JUSTIÇA	
	4.1 Características dos Mármores	26
	4.2 Características dos Granitos	
	4.3 Identificação das Rochas do Palácio	
	4.3.1 Rochas do 6º pavimento e mezanino	30
	4.3.2 Rochas do 5º pavimento	
	4.3.3 Rochas do 4º pavimento	
	4.3.4 Rochas do 3º pavimento - mezanino	39
	4.3.5 Rochas do 2º pavimento	
	4.3.6 1º Pavimento ou Térreo	47
5	ASPECTOS DA COR	49
	5.1 Sistema CIE	
	5.2 Resultados Obtidos na Espectrofotometria	
	5.2.1 Rocha 1 - Mármore Vermelho Real Belga	
	5.2.2 Rocha 2 – Mármore Nero Marquina com Fósseis	
	5.2.3 Rocha 3 – Mármore Nero Marquina Com Fósseis	
	5.2.4 Rocha 4 – Calcário Fossilífero	61
	5.2.5 Rocha 5 - Mármore Carrara Branco	63
	5.2.6 Rocha 6 – Calcário Lioz	
	5.2.7 Rocha 7 – Calcário Fossilífero	
	5.2.8 Rocha 8 – Mármore Vermelho Bidasoa	
	5.2.9 Rocha 9 - Mármore Vermelho Bidasoa	68
	5.2.10 Rocha 10 - Mármore Calacatta Oro	
	5.2.11 Rocha 11 - Mármore Giallo Verona	
	5.2.12 Rocha 12 – Granito Rosa Itupeva Polido	73
	5.2.13 Rocha 13 - Granito Rosa Itupeva encerado	74
	5.2.14 Rocha 14 - Granito Rosa Itupeva sem Polimento	75
	5.3 Análise Cromática das Rochas do Palácio	78
6	MÉTODO ESCLEROMÉTRICO	
	6.1 Índices Esclerométricos de Granitos	87
	6.2 Ensaio no Palácio da Justiça	90
	6.3 Discussão dos Resultados	
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	. 101
REF	FERÊNCIAS	. 105
APÉ	ÊNDICE	. 109

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade os materiais pétreos foram utilizados na fabricação de armas e utensílios devido à sua abundância, resistência e durabilidade. Depois foram utilizados como expressão da arte, demonstrado através das pinturas rupestres do período paleolítico. A partir de 7.000 a.C., as rochas começaram a ser utilizadas em expressões religiosas na construção de monumentos megalíticos, que designa uma construção monumental com base em grandes blocos de pedras (Augusto e Del Lama, 2011). Muitos monumentos antigos foram construídos em rochas e permanecem até hoje, tais como o Coliseu na Itália e as Pirâmides Maia no México.

O Brasil não possui monumentos antigos, comparados aos de outros continentes de além mar. Na cidade de São Paulo, apenas no final do século XIX, começam a aparecer edifícios com partes em pedra, principalmente no centro na área do conhecido triângulo histórico. No início do século XX, a partir de 1920, os primeiros arranha-céus e edifícios são construídos na cidade, entre eles o Palácio da Justiça, objeto de estudo deste trabalho.

As edificações fazem parte do patrimônio construído, incorporando elementos da geodiversidade com a utilização de rochas como itens de ornamento e decoração, pisos, revestimentos e colunas.

O patrimônio construído pode refletir a geodiversidade local, quando utiliza as rochas que afloram na região; e também uma geodiversidade mais ampla quando há presença de rochas importadas, tanto nacionais quanto internacionais.

A geodiversidade presente no patrimônio construído pode ser observada em museus, palácios, estátuas, monumentos e edifícios em geral. Apesar de o ambiente urbano ser na maioria dos casos dissociado da geologia tradicional devido à não ocorrência de afloramentos naturais de rocha, vários autores (Stern et al., 2006; Liccardo et al., 2008; Augusto, 2009; Liccardo et al., 2012; Del Lama et al., 2015) postulam que o ambiente urbano é propício para aproximar o público da geologia, principalmente pelas facilidades de acesso às edificações e monumentos construídos em pedra, estimulando a visitação por meio de roteiro geoturísticos.

Dessa forma, alguns trabalhos foram dedicados à elaboração de roteiros geoturísticos ou geológico cultural, com identificação dos tipos rochosos que constituem os monumentos e edificações, prática esta que se está popularizando no Brasil, fazendo parte do denominado Geoturismo Urbano, constituindo uma forma de turismo para estudiosos e leigos em centros urbanos onde se objetiva a disseminação dos conceitos geocientíficos.

Há roteiros em algumas capitais, tais como, Curitiba, Natal e Salvador (Liccardo et al., 2008; Carvalho, 2010; e Pinto, 2015; respectivamente); e em São Paulo podem ser consultados os trabalhos de Stern et al. (2006), Reys et al. (2008), Augusto e Del Lama (2011), Rodrigues (2012) e Del Lama et al. (2015).

A presente dissertação aborda a questão da Geologia Urbana, buscando se apropriar do meio construído (pisos, colunas, pilares e revestimentos) para apresentar a diversidade e caracterização de litotipos existentes no Palácio da Justiça na cidade de São Paulo, importante prédio do patrimônio paulistano.

Para essa caracterização foram utilizados os métodos não destrutivos aplicados no estudo do patrimônio histórico, como já abordado em diversos trabalhos na cidade de São Paulo (Augusto, 2009; Gimenez, 2012; Rodrigues, 2012; Grossi, 2013; Kuzmickas, 2013; Kanke, 2013; Gimenez e Del Lama, 2014; Kuzmickas e Del Lama, 2014; Machado, 2015; Grossi et al., 2015; Del Lama et al., 2016).

Dentre os métodos não destrutivos, neste trabalho, foram realizadas análises com o espectrofotômetro e o esclerômetro.

Estes estudos possibilitaram um conhecimento do atual estado de conservação das rochas e possibilitará uma comparação futura de seus parâmetros em novos estudos, bem como, auxiliar ou compor o "guia de visitação monitorada" sobre as rochas que compõe o Palácio.

Em termos de conservação de monumentos e de materiais pétreos o assunto ainda é recente na área das Geociências, mas gradualmente as publicações e trabalhos estão aumentando (Frascá, 2003; Silva e Roeser, 2003; Del Lama, 2006; Baptista Neto et al., 2006; Stern et al., 2006; Philipp e Di Benedetti, 2007; Reys et al., 2008; Del Lama et al., 2008; Teixeira et al., 2008; Costa, 2009; Augusto, 2009; Gimenez, 2012; Rodrigues, 2012; Grossi, 2013;

Kuzmickas, 2013; Kanke, 2013; Gimenez e Del Lama, 2014; Kuzmickas e Del Lama, 2014; Machado, 2015; Grossi et al., 2015; Del Lama et al., 2016).

Neste sentido, o presente trabalho se resume ao reconhecimento das rochas presentes no Palácio da Justiça e a análise do estado de conservação por métodos não destrutivos, auxiliando na pesquisa de preservação do legado deixado pelos nossos ancestrais e bases para a elaboração de roteiro geoturístico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar o estado de conservação das rochas foram realizadas diversas visitas ao Palácio para visualizar e analisar sua atual condição de preservação, e realizar as medições *in situ*.

O estudo e análise do estado de conservação das rochas do Palácio da Justiça, com métodos não destrutivos, possibilitou a verificação do estado do material pétreo sem provocar quaisquer danos ou coleta de materiais, e que auxiliará na preservação do patrimônio histórico e cultural da cidade. As técnicas utilizadas foram a espectrofotometria e esclerometria, com uso de Espectrofotômetro Portátil e Esclerômetro Digital, respectivamente.

O espectrofotômetro e o esclerômetro pertencem ao Laboratório de Estudos do Patrimônio Cultural do Instituto de Geociências da USP.

Através destes estudos e análises foi possível padronizar os parâmetros atuais contribuindo para uma comparação futura sobre o grau de deterioração e conservação das rochas do Palácio por meio de técnicas não destrutivas.

Para uma melhor ambientação com o objeto de estudo, foi realizada uma visita monitorada, em 2015. Esta visita monitorada é oferecida gratuitamente, com início às 13:30h e duração aproximada de 3 horas para grupos de 20 a 40 pessoas, sendo necessário o agendamento prévio conforme descrito no site do TJSP; para visitas sem monitoria, em grupos menores ou individuais, são livres e podem ser realizadas de 2ª a 6ª feira, das 12:30 às 18 horas.

Neste tour foram abordados assuntos relativos à área jurídica, sobre o Tribunal de Justiça, palestra proferida por magistrado da Corte, os julgamentos mais importantes no Salão do Júri e a oportunidade de assistir a uma sessão de julgamento de 2ª Instância, porém nenhum comentário a respeito da arquitetura, da construção do Palácio e das rochas ornamentais que ali se encontram em todas as partes. O estudo aqui elaborado poderá auxiliar esta visita monitorada, aproximando os estudantes, visitantes e turistas em geral dos aspectos da geodiversidade.

## 2.1 Compilação Bibliográfica

Para a confecção desta dissertação, foi inicialmente feita uma pesquisa bibliográfica sobre o edifício e proveniências das rochas utilizadas na sua

construção, porém constatou-se que há pouca documentação sobre a construção do edifício e não houve êxito quanto à procedência das rochas.

No acervo do Palácio foram encontradas as referências Nalini (1989) e Imprensa Oficial do Estado de São Paulo (IMESP, 2007).

Foram feitas pesquisas no acervo da Biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU-USP) sobre a Coleção Ramos de Azevedo e escritório associado participante do projeto do Palácio; na Biblioteca Walter Wey, na estação Pinacoteca; e na Biblioteca interna do Palácio da Justiça.

Foram utilizados também o livreto do guia de visitação monitorada (SPr4-Diretoria de Relações Institucionais, 2018) e o site do Tribunal de Justiça de São Paulo, (http://www.tjsp.jus.br/).

A pesquisa iconográfica foi realizada em livros e páginas da internet com inúmeras fotos e imagens do Palácio.

As pesquisas para o reconhecimento dos litotipos presentes no Palácio foram baseadas em Dib (1998), IPT (2004) e Price (2007), além de diversos catálogos de pisos e revestimentos disponíveis no mercado.

Diversas marmorarias de São Paulo foram consultadas, devido à dificuldade em identificar as rochas, algumas já não mais exploradas, contando com a ajuda de antigos marmoristas, funcionários ou donos de marmorarias, tais como: Butantã, Tulio, Gramad, São Paulo, Marmocity, Pedras Gonzales, GPs, entre outras.

## 2.2 Espectrofotometria

O Método espectrofotométrico foi a técnica utilizada para avaliar, no espaço de cor (CIELab ou CIELCh), as características cromáticas das rochas, possibilitando identificar sua cor de maneira não-subjetiva (Figura 2.1).

O espectrofotômetro portátil utilizado foi CM-2500D (Figura 2.2), fabricado pela Konica Minolta. O equipamento tem geometria esférica com abertura fixa de 8mm, medição simultânea SCI (componente especular incluso) e SCE (componente especular excluso) e ângulo de observação de 10°. Os dados analíticos das medidas obtidas pelo Espectrofotômetro foram tratados através dos programas OnColor version 5.4.5.1 e Microsoft Excel 2010, versão 14.



Figura 2.1 - Determinação dos parâmetros colorimétricos da coluna externa do Palácio em Granito Rosa Itupeva utilizando o espectrofotômetro.



Figura 2.2 - Espectrofotômetro portátil. Fonte: http://www.nikias.gr/full\_news2.php?newsid=47

Com esta técnica colorimétrica, é também possível avaliar o grau de sujidade dos edifícios urbanos, que está diretamente relacionada com as condições climáticas e da poluição ambiental ao redor, comparando com a cor original das rochas analisadas, bem como auxiliar na eficiência de técnicas de limpeza (Fort et al., 2000).

#### 2.3 Esclerometria

O método esclerométrico permite medir a dureza superficial do Granito Rosa Itupeva.

Para obter as medidas esclerométricas foi utilizado o Esclerômetro Digital Rebound Hammer, modelo W-D 1500, fabricado pela empresa NDT James Instruments Inc. (Figura 2.3). O Esclerômetro, também conhecido como Martelo de Schmidt ou Martelo de Rebote, pode ser facilmente utilizado em

campo sem a necessidade de coletar amostras devido a sua portabilidade e leveza.



Figura 2.3 - Esclerômetro digital – Modelo W-D 1500.

## 3 HISTÓRIA DO PALÁCIO DA JUSTIÇA DE SÃO PAULO

O ponto de partida da história do Tribunal, sede do Poder Judiciário paulista, atualmente localizada na Praça da Sé, teve seu primeiro berço na Rua da Boa Vista n. 20 (Figura 3.1), quando foi inaugurado o Tribunal da Relação das Províncias de São Paulo e Paraná, no dia 3 de fevereiro de 1874. Com a proclamação da república em 1889, as constituições estaduais e federal começaram a ser promulgadas. Assim, o Tribunal de Justiça de São Paulo – TJSP foi efetivamente criado em 1891 como órgão máximo do judiciário estadual substituindo o Tribunal da Relação (TJSP, 2018).



Figura 3.1 - Berço do Poder Judiciário Paulista, Rua da Boa Vista, 20. Fonte: TJSP (2018).

Desde a criação do Tribunal da Relação São Paulo e Paraná houve a necessidade de alugar outros imóveis para instalação de varas e cartórios. Na década de 1900, já denominado Tribunal de Justiça de São Paulo, elevou-se o número de juízes e houve a divisão das câmaras, exigindo uma sede própria e definitiva, com o objetivo de ampliar a prestação jurisdicional, pois São Paulo crescia, bem como a demanda da sociedade (Nalini, 1989).

Em 1911, o Secretário da Justiça e da Defesa e futuro Presidente da República, Washington Luís, dirige um ofício ao engenheiro e arquiteto Francisco de Paula Ramos de Azevedo requerendo um projeto para a sede definitiva do Tribunal de Justiça, com diversas especificações das dependências internas, procedendo-se ao lançamento da pedra fundamental no dia 24 de janeiro de 1920. Na realização do Assentamento da Pedra Fundamental foi enterrada por

personalidades uma arca contendo objetos históricos que guardam a história da sociedade da época.

Ramos de Azevedo (1851-1928) (Figura 3.2) era o "construtor oficial" do Governo do Estado de São Paulo, sendo que as mais importantes obras da cidade foram projetadas e construídas por ele, entre elas, o Teatro Municipal, o prédio dos Correios e Telégrafos, o Edifício Ramos de Azevedo, o Parque D. Pedro, o Quartel da Rota, a Escola Caetano de Campos, a Casa das Rosas, o Palácio da Justiça, a Pinacoteca do Estado e o Palácio das Indústrias.

A construção de diversos outros palácios, escolas, hospitais, palacetes e cadeias também foram orientados por ele e creditados ao seu escritório. As mudanças dos padrões arquitetônicos em São Paulo, entre os séculos 19 e 20, deve-se principalmente ao empreendedor Ramos de Azevedo e ao seu escritório de engenharia e arquitetura.



Figura 3.2 - Retrato do arquiteto Ramos de Azevedo, por Oscar Pereira da Silva. Fonte: http://www.bontempo.com.br/2015/02/23/para-visitar-exposicao-celebra-arquitetura-da-cidade-de-sao-paulo/.

A desapropriação e demolição do Quartel de Linha (Figura 3.3), que ocupava o terreno do Palácio da Justiça, cuja entrada era localizada na rua Onze de Agosto (anteriormente denominada rua do Quartel), durou nove anos e a obra sofreu durante os treze anos de sua construção, os infortúnios das revoluções de 1924, 1930 e movimento de 1932. Ademais, em 1928 faleceu o arquiteto Ramos de Azevedo e um novo contrato foi firmado com seus sócios Ricardo Severo e Arnaldo Dumont Vilares em 1929, para dar continuidade à construção do prédio (Figuras 3.4 a 3.6) (http://www.tjsp.jus.br/Museu/PalacioDaJustica).



Figura 3.3 - A entrada do antigo Quartel de Linha na Rua do Quartel, em 1913, atual Rua Onze de Agosto.

Fonte: https://saopaulopassado.wordpress.com/2015/08/18/a-rua-do-quartel-e-os-voluntarios-da-patria/

Apesar de todos os esforços, em 1931 o contrato teve que ser prorrogado, ficando responsáveis os engenheiros Raul Silveira Simões e Alfredo Matias pela fiscalização das obras. A inauguração parcial do Palácio ocorreu após treze anos, no dia 2 de janeiro de 1933, e a finalização total de seus espaços em 25 de janeiro de 1942, data da festividade de reinauguração, pactuando com o aniversário de 388 anos da cidade de São Paulo.



Figura 3.4 - Obras da construção do Palácio da Justiça de São Paulo. Fonte: Nalini (1989).



Figura 3.5 - Obras da construção do Palácio da Justiça de São Paulo. Fonte: Nalini (1989).

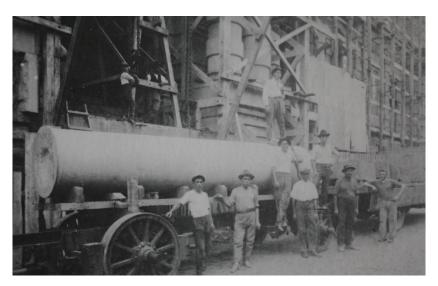


Figura 3.6 - Obras da construção do Palácio da Justiça de São Paulo. Fonte: Nalini (1989).

O projeto original previa a construção de três pavimentos (Figura 3.7), que na época parecia ser o suficiente para os trabalhos da Justiça, mostrou-se indevido com o crescimento dos litígios, obrigando o Poder Público a acrescentar um quarto pavimento. Tempo depois se mostrou igualmente insuficiente, onde foi necessário construir um pavimento intermediário, um "mezanino", entre o segundo e o terceiro pavimentos, ampliando verticalmente o prédio (Figura 3.8). Assim sendo, o Palácio atualmente possui 6 pavimentos (Figura 3.9), incluindo o estacionamento, considerado como primeiro pavimento, ou ainda como andar térreo (Nalini, 1989).

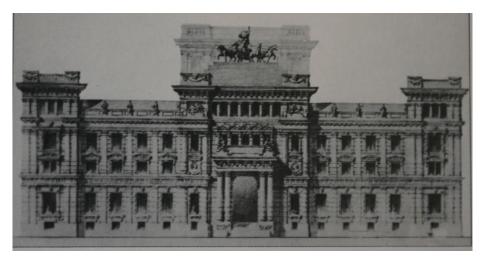


Figura 3.7 - Projeto inicial com 3 pavimentos. Fonte: Nalini (1989).

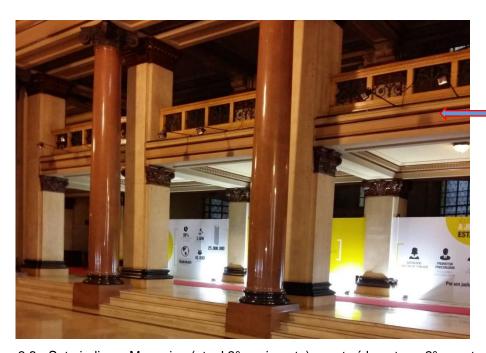


Figura 3.8 - Seta indica o Mezanino (atual 3° pavimento) construído entre o 2° e o atual 4° pavimentos.

Ao realizar o projeto do Palácio da Justiça, Domiziano Rossi, colaborador de Ramos de Azevedo, baseou-se no Palácio da Justiça de Roma (Figura 3.10), berço das nossas Leis, projetado pelo arquiteto perugiano Guglielmo Calderini, construído entre 1888 e 1910.



Figura 3.9 - Palácio da Justiça de São Paulo. Fonte: http://argeplan.com.br/palacio-de-justica/.



Figura 3.10 - Palácio da Justiça de Calderini, Roma. Fonte: https://fr.fotolia.com/id/37032786.

Em estrutura de concreto armado e alvenaria de tijolos, o edifício de seis pavimentos apresenta acabamentos suntuosos. Possui inúmeros elementos decorativos, tanto interna quanto externamente. Sua fachada possui acabamentos luxuosos e ornamentado com figuras, cariátides e símbolos do Judiciário (Figura 3.11).

Construído em estrutura metálica, complexa para época devido à presença de grandes espaços, tornou a obra pioneira neste tipo de construção. Italianos e espanhóis eram a maioria dos operários na construção do Palácio.



Figura 3.11 - Fachada do Palácio com símbolos do Judiciário. Fonte: https://observatoriosc.wordpress.com/2015/06/23/o-controle-indevido-de-magistrados/

Graças ao empenho dos operários foi possível instalar parte do fórum cível no Palácio da Justiça em 1926, o mesmo ocorrendo com o plenário do Júri em 1927. Júlio Prestes fez a inauguração parcial do Palácio (Nalini, 1989).

O edifício foi construído em estilo neoclássico possuindo acabamentos suntuosos e ornamentados. Os móveis foram confeccionados pelo Liceu de Artes e Ofício, onde Ramos de Azevedo foi diretor.

A porta principal de entrada de ferro fundido situada na parte central da fachada do Palácio (Figura 3.12), pesando aproximadamente 6 toneladas e localizado no 2° pavimento com acesso por escadas laterais, é o local de entrada do público desde a sua inauguração parcial em 2 de janeiro de 1933. Abaixo da porta principal de entrada, ao nível da rua, encontra-se o estacionamento localizado no 1° pavimento (Figura 3.13).

A porta principal de ferro, de duas folhas simétricas, dá acesso ao Salão dos Passos Perdidos, amplo espaço de distribuição para os vários setores do Palácio, salas de audiências, elevadores e o Plenário do Júri.

O Salão dos Passos Perdidos serviu para abrigar, nos anos 50, junto de suas colunas de granito que sustentam os andares superiores, algumas instalações do Tribunal Regional Eleitoral (TRE) (Nalini, 1989).

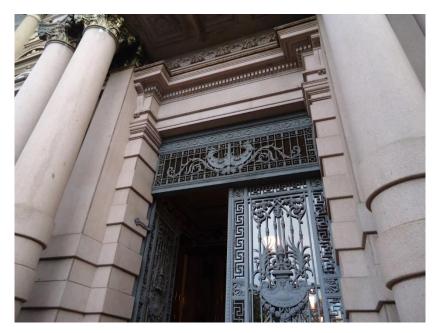


Figura 3.12 - Porta principal do Palácio da Justiça em ferro fundido com colunas e revestimentos das paredes em Granito Rosa Itupeva.



Figura 3.13 - Fachada do Palácio localizado na Praça Clóvis Bevilacqua com estacionamento no 1° pavimento e porta de entrada no 2° pavimento.

Fonte: http://bugleader.tumblr.com/post/134331416721/fachada-e-detalhes-do-palacio-da-

justica-de-s%C3%A3o

Por problemas políticos na década de 70, houve o fechamento temporário da porta principal para possibilitar o controle do acesso do público através das portas laterais, situadas nas ruas Anita Garibaldi e Onze de Agosto.

Em ocasiões especiais, a porta chegou a abrir para cerimônias no Salão dos Passos Perdidos, bem como para a inauguração da Justiça Itinerante em 1998.

No dia 7 de setembro, dia da Pátria, a presidência do Tribunal de Justiça, gestão 2002/2003, restaurou a abertura da porta ao público.

O Salão dos Passos Perdidos (Figura 3.14) é o nome oficial do espaçoso vestíbulo de circulação central das dependências do Palácio da Justiça, que também denomina espaços semelhantes no Palácio da Justiça de Roma, entre outros prédios oficiais (http://www.tjsp.jus.br/Museu/PalacioDaJustica).

Atualmente esse espaço é destinado a exposições temporárias ou às solenidades comemorativas da história do Tribunal. Antigamente ali permanecia o público à espera dos julgamentos nas diversas salas do Palácio.



Figura 3.14 - Salão dos Passos Perdidos.

O Salão dos Passos Perdidos (Figura 3.15) possui 16 colunas em Granito Rosa Itupeva polido. São colunas estruturais que sustentam parte dos pavimentos superiores e pesam aproximadamente 15 toneladas cada uma, têm bases e capitéis de bronze desenhadas pelo escultor Domiciano Rossi em 1928 (TJSP, 2018).



Figura 3.15 - Salão dos Passos Perdidos, ao fundo o Salão do Tribunal do Júri. Fonte: http://www.guiadasemana.com.br/sao-paulo/turismo/pontos-turisticos/palacio-da-justica-de-sao-paulo.

Dispostos junto às áreas laterais, próximos à porta de entrada que antecede o Salão dos Passos Perdidos, podem ser observados bustos e placas expostas sobre rochas graníticas que retratam importantes personalidades jurídicas e uma imagem de Cristo (Figura 3.16).



Figura 3.16 - Átrio próximo à porta de entrada com a imagem de Cristo e exposição de bustos e placas.

Dentro do Palácio foi construído um ambiente de dimensão grandiosa, para alocar o Tribunal do Júri (Figura 3.17), denominado Salão do Júri, localizado ao fundo do Salão dos Passos Perdidos, medindo vinte e um metros de profundidade por onze de largura, totalizando 231 m², com altura correspondente a dois pavimentos. O Salão do Júri foi desativado em 1988, sendo atualmente utilizado para palestras e eventos da magistratura.



Figura 3.17 - Salão do Júri.

Atrás da mesa da presidência do Júri acha-se a imagem do Cristo Crucificado (Figura 3.17), ladeada por duas amplas janelas decoradas com vitrais. O teto do salão é ilustrado com pinturas e uma claraboia com vitrais (Figura 3.18).

Os vitrais do Palácio foram elaborados pelo ateliê Casa Conrado, que na época era coordenado por Conrado Sorgenicht Filho, e se constituem em verdadeiras obras de arte. Os vitrais das deusas da Justiça *Themis* e *Diké* ladeiam Cristo no Plenário do Júri e os vitrais as *virtudes da Justiça*, a Galeria da Sala Ministro Costa Manso. Os vitrais das 7 virtudes da Justiça retratam: a paz, o pensamento, o passado, a temperança, a inocência, a verdade e a esperança. Alguns vitrais das virtudes da Justiça estão ilustrados nas Figuras 3.19 a 3.23.

Em 1889, Conrado Sorgenicht, nascido na cidade de Essen, norte da Alemanha, começou a produzir em São Paulo vitrais como os importados da Europa. Essa técnica minuciosa ganhou espaço em igrejas, prédios públicos, igrejas e mansões paulistanas.

O crescimento e monopólio do ateliê Casa Conrado deveu-se a parcerias com engenheiros, arquitetos e principalmente com Ramos de Azevedo. A Casa Conrado executou obras na Catedral Metropolitana, no Mercado Municipal, no Palácio das Indústrias, na Faculdade de Direito do Largo São Francisco, entre outras.



Figura 3.18 - Teto do salão do Júri ilustrado com pinturas e uma claraboia com vitrais.



Figura 3.19 - Vitral da Temperança.



Figura 3.20 - Vitral da Esperança.







Figura 3.22 - Vitral do Pensamento.



Figura 3.23 - Vitral da Inocência.

Os vitrais foram criados em três gerações: Conrado pai, filho e neto. Os mais significativos foram criados entre 1920 a 1935 quando a casa era

coordenada por Conrado filho, época da construção do Palácio da Justiça, e depois, entre 1950 a 1965, coordenada por Conrado neto (Mello, 2010).

O Palácio da Justiça Paulista é decorado com pinturas elaboradas pelo artífice italiano Antonio Venccitore, que orientou artesãos italianos na ornamentação de paredes e tetos ricamente decorados com os símbolos da Justiça.

O Palácio de Justiça, sede do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo, foi tombado pelo CONDEPHAAT em dezembro de 1981, considerado monumento histórico e cultural.

O tombamento do Palácio da Justiça ocorreu na época quando o Tribunal era presidido pelo Desembargador Young da Costa Manso. O descerramento da placa alusiva ao tombamento encontra-se na fachada principal do edifício, evento realizado em 29 de dezembro de 1981.

No Livro do Tombo é referenciado como um dos mais belos edifícios de São Paulo (Figura 3.24), de grande valor arquitetônico e de lutas em prol do Direito e da Justiça. No tombamento, o Presidente do Tribunal rememorou as etapas da construção, desde o projeto com Ramos de Azevedo até o término em 1942.



Figura 3.24 - Palácio da Justiça – Vista posterior. Fonte: https://www.pinterest.pt/pin/749849406678228648/

O Tribunal de Justiça de São Paulo, ao longo de décadas, transformouse no maior Tribunal de Justiça do mundo, composta por 337 fóruns instalados em 319 comarcas, distribuídos em 1.501 varas e 458 Juizados Especiais, além de mais de 240 Centros Judiciários de Solução de Conflitos e Cidadania, que, juntos, formam uma importante estrutura para atender todas as demandas judiciais do estado (TJSP, 2018).

Em 2017, já contava com 360 desembargadores, mais de 2.170 magistrados de primeiro grau, quase 44 mil funcionários, mais de 20 milhões de processos em primeira instância e mais de 660 mil processos em segunda instância, praticamente o dobro do segundo colocado (Corte Suprema di Cassazione na Itália), seja em número de causas, seja em quantidade de magistrados.

## 4 ANÁLISE DAS ROCHAS DO PALÁCIO DA JUSTIÇA

A rocha ornamental se identifica por um padrão estético, ou seja, pelos parâmetros da cor, da textura e da estrutura, características estas oriundas dos processos geológicos e os minerais responsáveis pela sua formação.

Para Mattos (2002), a rocha ornamental deve apresentar como requisitos básicos homogeneidade textural e estrutural, e possuir características tecnológicas dentro de padrões aceitáveis pelas normas técnicas. Porém, atualmente, há uma procura por rochas mais diferenciadas, com diferentes cores e padronagens.

A American Society for Testing and Materials – ASTM, órgão normalizador americano, define dimension stone (rocha ornamentai) como sendo qualquer material rochoso natural serrado, cortado em chapas e fatiado em placas, com ou sem acabamento mecânico, excluindo produtos acabados baseados em agregados artificialmente constituídos, compostos de fragmentos e pedras moídas e quebradas (ASTM, 2004).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, conforme norma NBR 15.012 (ABNT, 2003), define rocha ornamental como o material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento, utilizado para exercer uma função estética. A rocha para revestimento corresponde à rocha natural que, submetida a processos diversos de beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos, paredes e fachadas, em obras de construção civil. A rocha de revestimento corresponde ao material rochoso natural selecionado, beneficiado e acabado em formatos e tamanhos específicos, para atender a requisitos dimensionais exigidos para fins estruturais ou arquitetônicos.

As rochas ornamentais e de revestimentos utilizadas no Palácio da Justiça, seguem as duas grandes categorias comerciais utilizadas na construção civil, os *Granitos*", **que comercialmente englobam** rochas silicáticas (ígneas, ácidas e intermediárias plutônicas e/ou vulcânicas, charnockitos, gnaisses e migmatitos), e os *Mármores*, **comercialmente entendido** como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar, como metamórfica, passível de polimento (Frascá, 2014).

Ainda Mello et al. (2011), entre muitos autores, subdividem as rochas ornamentais em *Silicáticas* (gnaisses, granitos e similares), *Silicosas* (cherts e quartzitos), *Carbonáticas* (calcários, travertinos e mármores), *Ultramáficas* (serpentinitos e pedra-sabão), e *Síltico-argilosas foliadas* (ardósias).

Como podemos observar no Palácio, o mármore e o granito após serragem, com ou sem polimento, ressaltam características intrínsecas conferindo-lhes grande beleza. São os mais conhecidos e difundidos na utilização em revestimentos ou como peças ornamentais. Assim adquiriram grande importância econômica em diversos ramos da engenharia e arquitetura (Melo, 2008).

A identificação das rochas utilizadas na construção do Palácio da Justiça foi feita principalmente através de livros, catálogos, marmorarias localizadas em São Paulo e internet.

#### 4.1 Características dos Mármores

O mármore é uma rocha metamórfica, proveniente do calcário, por aumento de temperatura e pressão, e conforme a deformação imposta e a sua composição mineral, apresenta variedades de texturas e cores, entre elas marrom, branca, amarela, verde, rosa.

A mineralogia predominante consiste na calcita e dolomita, minerais normalmente brancos, podendo incluir feldspado, siderita, quartzo, pirita, entre outros, além de impurezas, tais como argilominerais, os quais definem o padrão cromático do mármore (Menezes e Larizzatti, 2005).

O mármore geralmente é de cor clara, mas se houver uma pequena porcentagem nas variedades de impurezas, tais como grafita, óxidos de ferro, silicatos, pode levar a uma coloração marrom, amarela, verde e até mesmo preta ou vermelha.

### 4.2 Características dos Granitos

Granito é uma rocha ígnea ou magmática, intrusiva ou plutônica, com coloração variada, alto grau de dureza, formada basicamente por quartzo, feldspato, responsável pela variedade de cores, e mica, que dá brilho à rocha, podendo apresentar outros minerais como: zircão, piroxênios (orto e clino), anfibólios (hornblenda), entre outros.

Sendo um dos principais produtores de granito do mundo, o Brasil está entre os maiores exportadores. Cada estado brasileiro possui extração de granito, e dependendo da localização, o granito varia de tonalidade.

Dentre os granitos mais valorizados do Brasil estão os exóticos da Bahia, o Azul Bahia (que não é petrograficamente um granito) e o Azul Santa Vitória; do Espírito Santo, de cor azul, o Blue Valley; e de Minas Gerais, o Mascarelo e o Delicatus (Chiodi Filho e Rodrigues, 2009).

# 4.3 Identificação das Rochas do Palácio

Na construção do Palácio da Justiça o Granito Rosa Itupeva, explorado no município de Itupeva, Estado de São Paulo, foi muito utilizado, seja como revestimento, piso e colunas estruturais, porém, internamente, a maioria das rochas utilizadas veio da Europa, principalmente de Portugal, Espanha e Itália, algumas delas muito antigas e outras já não mais exploradas, impossibilitando a exata identificação dessas rochas. Os Quadros 4.1 a 4.5 sintetizam todas as rochas encontradas no Palácio da Justiça.

Quadro 4.1 - Síntese das rochas do Palácio da Justiça do 6º pavimento e mezanino.

Rocha	Vermelho Real Belga	Carrara Branco	Nero Marquina	Calcário Fossilífero
Procedência	Bélgica	Itália	Espanha	Espanha
Uso	Rodapé	Piso, Escada, Peitoril Interno	Piso e Rodapé	Revestimento
Fonte da imagem	https://www.stonec ontact.com/rouge- royal/s6092	https://www.stonec ontact.com/carrara- white- marble/s21281	https://www.stonec ontact.com/nero- marquina- marble/s1875	https://www.stonec ontact.com/fossil- limestone/s6132
Imagem				

Quadro 4.2 - Síntese das rochas do Palácio da Justiça do 5º pavimento.

Rocha	Vermelho Real Belga	Carrara Branco	Carrara Branco Nero Marquina		Lioz
Procedência	Bélgica	Itália	Espanha	Espanha	Portugal
Uso	Rodapé	Escada, Peitoril Interno	Piso e Rodapé	Revestimento	Piso
Fonte da imagem	https://www.st onecontact.co m/rouge- royal/s6092	https://www.stonec ontact.com/carrara- white- marble/s21281	https://www.sto necontact.com/n ero-marquina- marble/s1875	https://www.stone contact.com/fossil- limestone/s6132	https://www. criteriofavorit o.com/pt/ite m/marmore- lioz
Imagem					

Quadro 4.3 - Síntese das rochas do Palácio da Justiça do 4º pavimento.

Rocha	Vermelho Real Belga	Carrara Branco	Carrara Branco Calcário Fossilífero		Vermelho Bidasoa
Procedência	Bélgica	Itália	Espanha	Itália	Espanha
Uso	Rodapé	Escada, Peitoril Interno	Revestimento	Corrimão, Balcão e Balaústre	Piso
Fonte da imagem	https://www.ston econtact.com/rou ge-royal/s6092	https://www.ston econtact.com/carr ara-white- marble/s21281	https://www.ston econtact.com/foss il-limestone/s6132	http://www.m attoli.it/index. php?lng=it&pa ge=963	https://www. stonecontact. com/products -177717/rojo- bilbao-rojo- bidasoa-rojo- urdax-rojo- baz
Imagem					10 mg

Quadro 4.4 - Síntese das rochas do Palácio da Justiça do 3º pavimento.

Rocha	Rocha   Carrara Branco		Calcário Fossilífero	Giallo Verona	Calacata Oro
Procedência	Bélgica	Itália	Espanha	Itália	Itália
Uso	Rodapé	Escada, Peitoril Interno	Revestimento	Piso, Rodapé, corrimão	Escada
Fonte da imagem	https://www.s tonecontact.co m/rouge- royal/s6092	https://www.ston econtact.com/carr ara-white- marble/s21281	https://www.stonec ontact.com/fossil- limestone/s6132	http://www.m attoli.it/index. php?lng=it&pa ge=963	https://www.m agmastone.com .br/material/m armore- calacatta-oro/
Imagem		1			

Quadro 4.5 - Síntese das rochas do Palácio da Justiça do 2º pavimento.

Rocha	Vermelho Real Belga	Carrara Branco	Nero Marquina	Calcário Fossilífero	Calacata Oro	Mármore Botticino	Granito Rosa Itupeva
Procedência	Bélgica	Itália	Espanha	Espanha	Itália	Itália	Brasil
Uso	Rodapé	Piso, Escada, Peitoril Interno	Piso e Rodapé	Revestimento	Escada, Revestimento	Revestim ento, piso	Coluna, revestimen to, piso
Fonte da imagem	https://ww w.stoneco ntact.com/ rouge- royal/s609 2	https:// www.sto necontac t.com/ca rrara- white- marble/s 21281	https://ww w.stoneco ntact.com/ nero- marquina- marble/s1 875	https://www.s tonecontact.co m/fossil- limestone/s61 32	https://www. magmastone.c om.br/materia l/marmore- calacatta-oro/	http://ww w.pedrasv eneza.com. br/produto /138/mar more- botticino/	http://www .igc.usp.br/i ndex.php?i d=902
Imagem	44	, To 2				and the same	

A seguir são apresentadas as descrições das rochas utilizadas no Palácio da Justiça por pavimento.

# **4.3.1.1** Rochas do 6º pavimento e mezanino

No 6° pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga, Mármore Carrara Branco, Mármore Nero Marquina e Calcário Fossilífero.

# 4.3.1.2 Mármore Vermelho Real Belga

O Mármore Vermelho Real Belga é encontrado no rodapé do hall dos elevadores, sendo encontrado em todos os pavimentos do palácio (Figuras 4.1 e 4.2).



Figura 4.1 - Mármore Vermelho Real Belga no rodapé do hall dos elevadores.



Figura 4.2 - Mármore Vermelho Real Belga - imagem ampliada.

Não se trata de um mármore verdadeiro, isto é, não é uma rocha metamórfica, mas sim um tipo de calcário fossilífero, uma rocha sedimentar calcária com fósseis, petrograficamente falando depositado como um calcário de recife; porém, comercialmente é classificado como um mármore, em diversos países.

Trata-se de um calcário devoniano de granulometria fina contendo nautiloides, braquiópodes, restos de equinodermos e outros fósseis, as cavidades do estromatólito são preenchidas com cristais de calcita cinza e branca. Os estilólitos são comuns e as fraturas preenchidas com calcita podem estar presentes.

O Mármore Vermelho Real Belga ou Rouge Royal Marble, extraído na Bélgica, é uma variedade de mármore de cor vermelha, listrado de veios brancos e manchas cinzentas; ganhou grande fama ao decorar o Palácio de Versailles, em revestimentos e pilastras, como no Salão dos Espelhos, onde é possível observar que não há uniformidade, nem constância de cores, devido à procedência de diversas fontes deste mármore (Lassale, 2000).

Apresenta diversas cores, com muitos tons de vermelho, rosa e cinza, muitas vezes com veios brancos ou amarelos. A variedade de cores e a abundância de fósseis dão a essas rochas uma aparência bem colorida.

Há uma grande variação desse mármore, cada variedade recebeu um nome tradicional: *cereja* para vermelhos escuros, *real* para vermelhos brilhantes. Outros nomes: Rouge Royal de Hautmont, Rouge Royal de Tapoumont, Belgisch Rot, Rouge Royal Limestone, Belgian Beige Rose Marble, e Rouge Belge.

O mármore belga é extraído, cortado e acabado como rocha de construção, de revestimento e pisos, desde a era romana antiga, na Gália Romana, como na Basílica de Junius Bassus. Foi usado em importantes edifícios religiosos e seculares europeus desde o Renascimento, incluindo o Palazzo Pitti e o já referenciado Palácio de Versalhes.

Esta rocha é utilizada na construção de bancadas, pias, monumentos, piscinas, pavimentos, paredes internas e externas (http://www.stonecontact.com/rouge-belge/s18050).

### 4.3.1.3 Mármore Carrara Branco

O Mármore Carrara Branco é encontrado no peitoril interno das janelas (Figura 4.3), no piso (Figura 4.4), nas escadas laterais entre os pavimentos (Figura 4.5) e no mezanino (Figura 4.6), entre o 5° e 6° andar.



Figura 4.3 Peitoril interno da janela em Mármore Carrara Branco.



Figura 4.4 - Piso do corredor: Mármore Carrara Branco.





Figura 4.5 - Escada lateral em Mármore Carrara Branco entre os pavimentos.



Figura 4.6 - Piso do mezanino em Mármore Carrara Branco.

O Mármore Carrara Branco é muito conhecido. Foi utilizado em esculturas como Davi de Michelangelo, uma obra-prima do Renascimento, e na construção do Pantheon, em Roma.

Carrara é uma cidade italiana da região da Toscana e sua produção de mármore é exportada para todo o mundo, sendo o tipo mais comum o Carrara Branco, sendo também o mais barato. A pedra, quase branca, é comercializada com veios de cinza mais claros ou mais escuros.

A mineralogia predominante do Mármore Carrara Branco consiste de calcita, na granulação fina de seus componentes minerais, podendo incluir impurezas que definem seu padrão cromático.

O Mármore de Carrara Branco é indicado para qualquer tipo de ambiente e pode ser utilizado de várias maneiras na construção civil e na decoração, como em bancadas de pias, lavatórios de banheiros, também muito utilizados em revestimento de paredes e pisos, como no Palácio, e ainda como objetos de decoração.

# 4.3.1.4 Mármore Nero Marquina com Fósseis

O Mármore Nero Marquina com fósseis é encontrado no piso e rodapé, sendo também encontrado em outros pavimentos do Palácio (Figuras 4.7 e 4.8).



Figura 4.7 - Piso e rodapé em Mármore Nero Marquina com fósseis.



Figura 4.8 - Mármore Nero Marquina com fósseis - imagem ampliada

O Mármore Nero Marquina com Fósseis tem origem na cidade de Vizcaya, Espanha, e é também conhecido como Mármore Negro Bilbao ou Mármore Preto Espanhol. Tem como principais características a coloração de fundo preto com veios de calcita brancos abundantes e marcantes, e a presença de fósseis.

Trata-se de um calcário carbonífero de granulação fina com veios e manchas de calcita branca, estilólitos são comuns. Fragmentos de fósseis são abundantes, tais como crinoides e bivalves (Price, 2007).

É um mármore clássico, nobre, de alto padrão, e devido a sua coloração e brilho, garante aplicações ornamentais sofisticadas, sendo muito utilizado em revestimentos e mobiliários. Pode ser aplicado em pisos, paredes, lavatórios, tampos, banheiras, lareiras, etc.

### 4.3.1.5 Calcário Fossilífero

O Calcário Fossilífero é encontrado como revestimento de paredes, sendo também encontrado em outros pavimentos do Palácio em diferentes tonalidades (Figuras 4.9 e 4.10).





Figura 4.9 - Calcário Fossilífero como revestimento de paredes.



Figura 4.10 - Calcário Fossilífero - imagem ampliada.

O Calcário Fossilífero é uma rocha com composição química do carbonato de cálcio, com fósseis de carapaças e esqueletos de organismos. Esses calcários são formados pelo acúmulo de organismos inferiores ou precipitação de carbonato de cálcio, principalmente em meio marinho, também podem ser encontrados em lagoas de cavernas e rios (Teixeira et al., 2009).

Pode ser utilizada em diversos ambientes, principalmente como item de revestimento.

# 4.3.2 Rochas do 5º pavimento

No 5° pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga (rodapé do hall dos elevadores), Mármore Carrara Branco (peitoril interno da janela e degraus da escada), Mármore Nero Marquina (piso e rodapé) e Calcário Fossilífero (revestimento de parede), todas descritas no item 4.3.1, além de Calcário Lioz.

Neste pavimento, o Calcário Fossilífero aparece com coloração diferente do descrito acima, apresentando cor amarela (Figuras 4.11 e 4.12).





Figura 4.11 - Revestimento da parede em Calcário Fossilífero - cor amarela.



Figura 4.12 - Revestimento da parede em Calcário Fossilífero, cor amarela.

### 4.3.2.1 Calcário Lioz

O Calcário Lioz é encontrado somente no piso do 5° pavimento (Figuras 4.13 e 4.14).



Figura 4.13 - Piso em Calcário Lioz e Mármore Nero Marquina.



Figura 4.14 - Calcário Lioz, com fósseis - imagem ampliada.

O Lioz é uma rocha calcária utilizada historicamente em Portugal durante séculos em edifícios públicos, principalmente em Lisboa. Devido a sua grande utilização, atualmente apresenta quantidades cada vez mais limitadas em seus depósitos.

Os seus depósitos foram formados no período Cretáceo em um ambiente de mar pouco profundo, de águas quentes e límpidas, propícias à proliferação de organismos de esqueleto carbonatado, nomeadamente de bivalves, construtores de recifes. A rocha caracteriza-se por ser um calcário bioclástico e calciclástico compacto, rico em biosparite e microsparite, geralmente de cor bege (http://www.wikiwand.com/pt/Lioz).

Esta pedra é utilizada em diversas aplicações, desde fachada a paisagismo, pisos, pavimentos, revestimentos, decoração, monumentos, entre outros.

# 4.3.3 Rochas do 4º pavimento

No 4° pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga (rodapé do hall dos elevadores), Mármore Carrara Branco (peitoril interno da janela e degraus da escada), e Calcário Fossilífero (revestimento de parede), todas descritas no item 4.3.1, e também os mármores Vermelho Bidasoa e Giallo Verona.

## 4.3.3.1 Mármore Vermelho Bidasoa

O Mármore Vermelho Bidasoa é encontrado no piso do 4° pavimento e outros pavimentos do Palácio (Figuras 4.15 e 4.16).



Figura 4.15 - Piso em Mármores Vermelho Bidasoa e Carrara Branco.

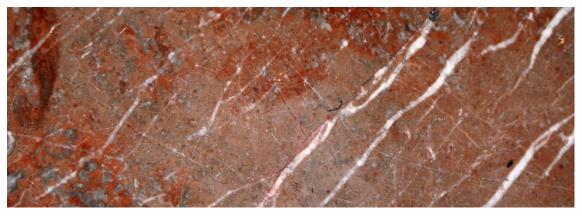


Figura 4.16 - Mármore Vermelho Bidasoa com fósseis - imagem ampliada.

O Mármore Vermelho Bidasoa tem como característica tons vermelhos escuros e numerosos veios de cor branca e manchas cinzas, tendo muitos fósseis na sua composição.

Este mármore é muito utilizado na Espanha e é conhecido como Mármore Rojo Bidasoa, extraído nas províncias de Vizcaya e Navarra. Outros mármores espanhois vermelhos com fósseis, e muito parecidos com o Bidasoa, são o Mármores Rojo Norte, Mármore Rojo Bilbao, Mármore Rojo Baztan, e Mármore Rojo Ereño (https://www.stonecontact.com/rojo-bidasoa/s12471).

É um mármore nobre que pode ser usado em diversos tipos de revestimentos e mobiliários, principalmente em pisos de ambientes internos.

## 4.3.3.2 Mármore Giallo Verona

O Mármore Giallo Verona é encontrado nos corrimãos, guarda-corpos e balaústres, sendo encontrado em outros pavimentos do Palácio (Figuras 4.17 a 4.19).



Figura 4.17 - Guarda-corpo em Mármore Giallo Verona.



Figura 4.18 - Corrimão da escada em Mármore Giallo Verona.



Figura 4.19 - Balaústre em Mármore Giallo Verona.

Este mármore é procedente da cidade de Verona na Itália, conhecido popularmente como Giallo Verona ou Giallo Di Verona, e é uma rocha calcária nodular com coloração amarelada forte.

Trata-se de um calcário do período Jurássico tardio ou início do Cretáceo, contendo fósseis de bivalves, amonites, belemnites, entre outros. Goethita marrom e estilólitos são abundantes (Price, 2007).

Finas colunas de Mármore Giallo Verona podem ser observadas na Catedral de Verona, construída no século XIV. Também foi utilizada nas largas colunas da Catedral de Westminster, em Londres, e também no altar da Basílica de São João Batista em Newfoundland, Canadá.

Utilizado em pavimentação interior, corrimãos, pilares, balaústres, revestimento de parede e em móveis.

# 4.3.4 Rochas do 3º pavimento - mezanino

No 3° pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga (rodapé do hall dos elevadores), Mármore Carrara Branco (escada), e Calcário Fossilífero (revestimento de parede), todas descritas no item 4.3.1, Mármore Giallo Verona (bancadas) descrito no item 4.3.3, e também o Mármore Calacatta Oro.

## 4.3.4.1 Mármore Calacatta Oro – Calacatta Carrara

O Mármore Calacatta Oro é encontrado nos degraus das espaçosas escadas laterais (Figuras 4.20 e 4.21), sendo encontrado em outros pavimentos do Palácio como revestimento de paredes.



Figura 4.20 - Escada: degraus, Mármore Calacatta Oro e corrimãos, Mármore Giallo Verona.



Figura 4.21 - Degraus em Mármore Calacatta Oro.

Calacatta Oro, também conhecido como Calacatta Carrara, é extraído de uma pedreira rochosa nas Montanhas dos Alpes Apuano, perto de Carrara, na Itália. Ao longo de milhões de anos, a água penetrou profundamente nesta rocha através de pequenas fissuras, oxidando os minerais de ferro. As características incomparáveis desta rocha exigem um preço mais elevado quando blocos de alta qualidade são encontrados.

O Mármore Calacatta Oro tem tons de fundo branco e veios nas cores cinza e dourados. Esse mármore é usado em diversos tipos de revestimentos, principalmente para ambientes internos, como piso, bancadas, escadas, lareiras, mobiliário e diversos tipos de revestimentos.

# 4.3.5 Rochas do 2º pavimento

No 2° pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga (rodapé do hall dos elevadores), Mármore Carrara Branco (peitoril interno da janela e degraus da escada interna), Mármore Nero Marquina (piso) e Calcário Fossilífero (revestimento de parede), todas descritas no item

4.3.1, Mármore Calacatta Oro (revestimento de parede) descrito no item 4.3.4 sendo que, neste pavimento, apresenta tonalidade diferente (Figuras 4.22 e 4.23), e também o Mármore Botticino e o Granito Rosa Itupeva.



Figura 4.22 - Revestimento de parede em Mármore Calacatta Oro.



Figura 4.23 - Mármore Calacatta oro - imagem ampliada.

O Calcário Fossilífero deste pavimento difere da cor encontrada nos outros pavimentos, como pode ser observado nas Figuras 4.24 e 4.25.





Figura 4.24 - Revestimento da parede em Calcário Fossilífero.





Figura 4.25 - Revestimento de parede em Calcário Fossilífero.

# 4.3.5.1 Mármore Botticino

O Mármore Botticino é encontrado no revestimento de pilastras e no piso do Salão dos Passos Perdidos, que se encontra no 2° pavimento (Figuras 4.26 a 4.28).



Figura 4.26 - Revestimento das colunas quadradas em Mármore Botticino.



Figura 4.27 - Piso em Mármore Botticino.



Figura 4.28 - Mármore Botticino - imagem ampliada.

Mármore Botticino, de origem italiana, é muito conhecido na construção civil para uso interno ou externo, ideal para pisos e revestimentos como utilizado no Palácio. Tem como característica tons claros, branco a bege, com veios em tom mais escuro.

Os fósseis no Mármore Botticino conferem uma característica de padronização a este mármore da região de Lombardia na Itália. Os antigos romanos já o utilizavam localmente no século I a.C. É possível ver em diversos prédios públicos construídos na cidade de Brescia na época medieval. Foi utilizado no monumento de Victor Emmanuel II em Roma (Price, 2007).

Trata-se de um calcário de granulação fina do período Jurássico, e contém foraminíferos, algas, corais, equinodermos, esponjas e gastrópodes. Tem abundância de estilólitos de cor mais escura.

É um mármore nobre que pode ser usado em diversos tipos de mobiliários e ambientes

## 4.3.5.2 Granito Rosa Itupeva

O Granito Rosa Itupeva é encontrado no Palácio internamente, nas colunas, em rocha maciça, e como revestimento de paredes e pisos, polidos e encerados, e externamente, como colunas, revestimentos de paredes e pisos, em estado serrado, polido nos cantos e apicoado (Figuras 4.29 a 4.34).



Figura 4.29 - Coluna maciça em Granito Rosa Itupeva polido.



Figura 4.30 - Granito Rosa Itupeva polido - imagem ampliada.



Figura 4.31 - Piso em Granito Rosa Itupeva polido.



Figura 4.32 - Revestimento e colunas em Granito Rosa Itupeva sem polimento.

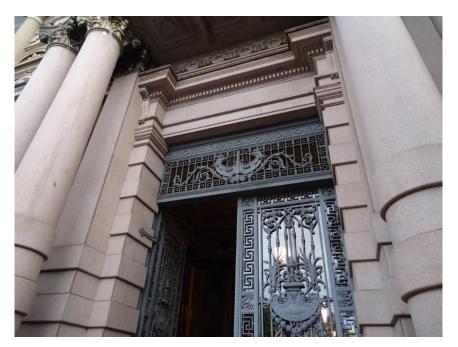


Figura 4.33 - Porta de entrada em Granito Rosa Itupeva sem polimento.



Figura 4.34 - Revestimento, piso e escada em Granito Rosa Itupeva sem polimento, serrado ou apicoado, com as bordas polidas para maior resistência nos cantos da rocha.

O Granito Rosa Itupeva, produto nacional, é extraído em pedreira nas proximidades da cidade de Itupeva, inserida no Complexo Granitoide Itu, aproximadamente a 60 km de São Paulo. Observando na forma macroscópica, a estrutura da rocha é maciça com textura equigranular média, a coloração varia de rosa claro a médio, é possível observar cristais de feldspato potássico, plagioclásio, mica e quartzo espalhados de forma homogênea na rocha (Dib, 1998).

Pertence, assim como outros granitos vermelhos, tais como Granito Salto e Granito Capão Bonito, à Província Granítica de Itu (Janasi et al., 2009).

Devido a sua alta resistência, durabilidade e beleza, foi utilizado na construção civil como elemento estrutural e ornamental. No Palácio, o Granito Rosa Itupeva sem polimento foi muito utilizado na parte externa do prédio, no piso, nas escadas de acesso à porta principal, nas colunas maciças e no revestimento das paredes. Internamente o granito polido foi usado no piso, nas colunas maciças e revestimentos em paredes.

Este granito é muito usado em bancadas de pias de cozinhas, lavatórios de banheiros, escadas, colunas ou pilastras, pisos e revestimentos de paredes.

Na área externa do Palácio notaram-se alguns restauros no Granito Rosa Itupeva como substituição de partes perdidas. A rocha foi restaurada com

resina e pigmentação como tentativa de aproximação de cor (Figuras 4.35 e 4.36).



Figura 4.35 - Preenchimento de lacuna no Granito Rosa Itupeva - revestimento externo.



Figura 4.36 - Preenchimento de lacuna no Granito Rosa Itupeva - revestimento externo.

# 4.3.6 1º Pavimento ou Térreo

No primeiro pavimento são encontradas as seguintes rochas: Mármore Vermelho Real Belga (rodapé do hall dos elevadores), Mármore Carrara Branco (degraus da escada) e corrimãos em Mármore Giallo Verona (Figura 4.37), ambos já descritos anteriormente. Imagem da entrada do estacionamento, com paralelepípedos de granito, é apresentada na Figura 4.38.



Figura 4.37 - Escada do 1º pavimento - degraus em Mármore Branco Carrara e corrimãos em Mármore Giallo Verona.



Figura 4.38 - Garagem do Palácio com piso de paralelepípedo de granito.

### **5 ASPECTOS DA COR**

**Colorimetria** é a ciência que mede a cor numericamente através de tecnologia, trabalhando com valores padronizados de iluminação, geometria de observação e percepção média do olho humano.

O mundo na realidade é incolor, nos padrões de tons branco e preto, porém cada olho humano possui cerca de 6 milhões de cones que identificam as cores vermelha, verde e azul ou a mistura delas, e cerca de 120 milhões de bastonetes que identificam a parte monocromática (Figura 5.1), a luminosidade clara/escura que é muito útil para detecção de movimento e para visualização com baixo nível de luminosidade (TASI, 2004).

Esses cones - vermelho, verde e azul, possuem pigmentos com uma estrutura química diferente e por este motivo têm capacidade de absorver diferentes frequências de luz e são sensíveis a uma determinada faixa do espectro de luz. Com a combinação dos três tipos de cones sensíveis são formuladas todas as cores que podem ser percebidas (Torquinst, 2008).

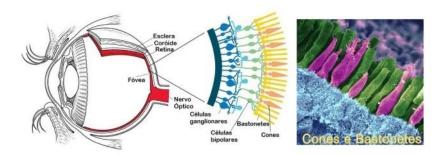


Figura 5.1 - Olho humano – cones e bastonetes
Fonte: http://www.tecnologiasdeultimogrito.com/investigadores-descobrem-solucao-parcial-para-a-cequeira/

As cores não podem ser vistas sem luz. A parte do espectro que chamamos de luz visível são as ondas eletromagnéticas que são visíveis pelos seres humanos (Lucas et al., 1996).

A luz é uma onda eletromagnética, caracterizada por uma combinação de um campo elétrico e de um campo magnético, posicionados a um ângulo de 90º um em relação ao outro, e que se propagam simultaneamente através do espaço transportando energia (Figura 5.2). A luz visível cobre apenas uma pequena parte do espectro de radiação eletromagnética possível.

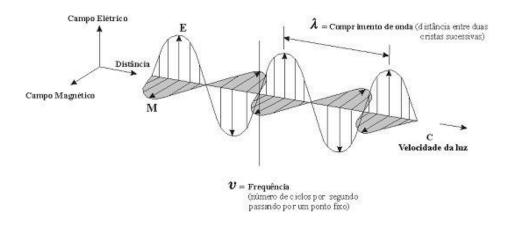


Figura 5.2 - Onda eletromagnética. Fonte: http://caoptico.blogspot.com.br/2009/09/optica-eletromagnetica.html

No final do século XIX, Maxwell unificou o eletromagnetismo clássico enunciando as quatro Leis de Maxwell. Com isso comprovou-se que a luz era, na verdade, uma onda eletromagnética. Maxwell também conseguiu calcular a velocidade da luz no vácuo a partir de constantes do eletromagnetismo (Petter, 2003).

A radiação eletromagnética é medida por seu comprimento de onda (ou frequência) e sua intensidade. Quando os comprimentos de ondas estão dentro do espectro visível, no intervalo de comprimentos de onda que os humanos podem perceber, variando entre 380 e 740 nanômetros, denomina-se de luz visível (Figura 5.3). O espectro percebido por nossa visão, portanto, refere-se a esse intervalo de comprimentos de ondas eletromagnéticas (Tabela 5.1).

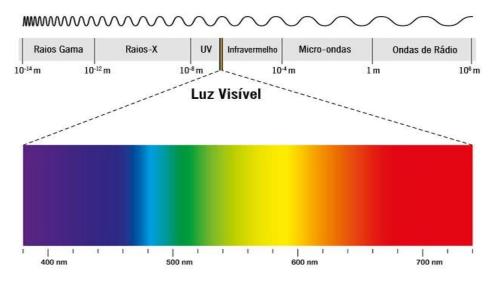


Figura 5.3 - Espectro eletromagnético com destaque para a luz visível. Fonte: https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/

Tabela 5.1 - Comprimento de ondas e respectivas frequências da luz visível.

Cor	Comprimento de onda	Frequência
Vermelho	~ 625 - 740 nm	~ 480 - 405 THz
Laranja	~ 590 - 625 nm	~ 510 - 480 THz
Amarelo	~ 565 - 590 nm	~ 530 - 510 THz
Verde	~ 500 - 565 nm	~ 600 - 530 THz
Ciano	~ 485 - 500 nm	~ 620 - 600 THz
Azul	~ 440 - 485 nm	~ 680 - 620 THz
Violeta	~ 380 - 440 nm	~ 790 - 680 THz

Fonte: https://radiacaoblog.wordpress.com/2016/03/.

A cor é uma questão de percepção e sua interpretação é bastante subjetiva. Duas pessoas olhando um mesmo objeto fornecerão diferentes opiniões para expressar a mesma cor, motivo pelo qual a cor precisa ser expressa de forma *objetiva*, através de números.

As cores podem ser expressas em parâmetros de tonalidade, luminosidade e saturação. Com a determinação desses parâmetros podemos expressar cores de forma precisa.

A determinação das cores de objetos é feita com uso de aparelho denominado *colorímetro* ou *espectrofotômetro*, sem interferência visual alguma de qualquer observador humano, tornando-se, portanto, uma medição colorimétrica sem tendência alguma.

#### 5.1 Sistema CIE

O sistema CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage*), criado em 1913, é usado para analisar e descrever cores através de sua padronização de iluminantes e de observadores, sendo a autoridade máxima na área da iluminação. O comitê nacional brasileiro (CIE-Brasil) é coordenado pelo Inmetro.

Para tanto, foram criados e definidos os seguintes parâmetros em 1931: o observador padrão 2º (padrão dois graus) e os iluminantes A, B e C, a qual se desenvolveu as fórmulas para calcular os valores triestímulos (XYZ) e as coordenadas de cromaticidade XY.

A CIE criou, em 1964, o observador padrão 10º (padrão dez graus), o diagrama UCS (*Uniform Chromaticity Scale*) e os iluminantes da família D (luz do dia).

Tal padronização de observador significa a escolha de duas áreas distintas do campo visual na retina: a *parte central* (fóvea, área dos cones), e a *geral* (área onde há bastonetes). Os cones são os responsáveis pela visão em cores e os bastonetes pela visão em branco e preto.

Para se determinar a cor, foi necessário padronizar o observador, na qual a distância deve ser constante, ou seja, do olho ao plano (Figuras 5.4 e 5.5), tomando-se um ângulo de 2º (fóvea) ou de 10º (geral). A área definida pela base do cone assim formado é o campo visual do observador padrão.



Figura 5.4 - Observadores a 2º. - Ângulo de visualização de 2º (fóvea)

Figura 5.5 - Observadores a 10º. - Ângulo de visualização de 10º (geral)

Fonte: http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part4/01.html

Há várias classificações para medição da cor, um dos mais comuns é o espaço CIELAB, criado em 1976, tendo como parâmetros as coordenadas colorimétricas L\*, a\* e b\*.

O parâmetro L\* representa a luminosidade, que, nesta escala, varia de zero (preto) a cem (branco). A cromaticidade é representada pela raiz quadrada da soma dos valores de a\* e b\* ao quadrado. Quanto mais positivo for o valor de a\* mais intensa será a cor vermelha, quanto mais negativo maior será a coloração verde. Igualmente, o parâmetro b\* representa a relação entre a cor amarela (+b\*) e azul (-b\*). Os limites numéricos de a\* e b\* variam de -60 a 60 (Figura 5.6).

O espaço de cor L\* a\* b\* foi criado após a teoria de cores opostas, onde duas cores não podem ser simultaneamente verdes e vermelhas ou amarelas e azuis. Como mostrado abaixo, o L\* indica a luminosidade, a\* e b\* são as coordenadas cromáticas e h° indica o ângulo da tonalidade.

L\* = luminosidade

a\* = coordenada vermelho/verde (+a indica vermelho e -a indica verde)

b\* = coordenada amarelo/azul (+b indica amarelo e -b indica azul)

h° = indica o ângulo da tonalidade métrica, semelhante ao da tonalidade cromática.

Outra classificação para medir a cor é o espaço CIELCh (Figura 5.7), onde utiliza a luminosidade L\* (que é o mesmo L\* do espaço L\*a\*b\*), as coordenadas polares C\*ab, croma, que é a saturação da cor, e Hab, o ângulo de tonalidade, resultantes dos valores calculados de a\* e b\* do espaço CIELAB. O valor de C\*ab é zero no centro do diagrama de cromaticidade, onde está o eixo de luminosidade L\*, e aumenta conforme a distância deste, podendo variar até 60; já o valor Hab é dado em graus, sendo que +a\* (vermelho) corresponde a 0°, +b\* (amarelo) a 90°, -a\* (verde) a 180° e -b\* (azul) a 270°.

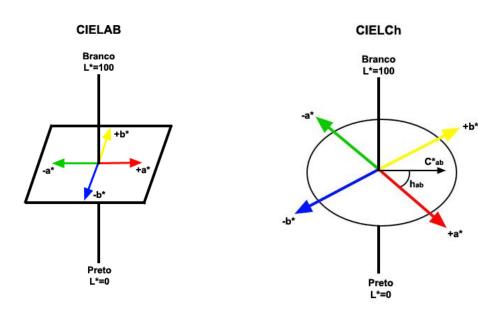
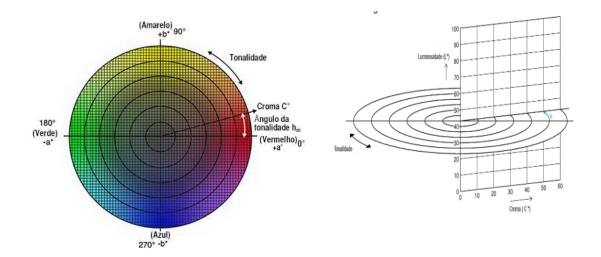


Figura 5.6 - Espaço de cor CIELAB. (KUZMICKAS, 2013).

Figura 5.7 - Espaço de cor CIELCh. (KUZMICKAS, 2013).

O espaço de cores L\*C\*h\* é o mesmo diagrama do espaço de cores L\*a\*b\*, porém, usam coordenadas cilíndricas ao invés de coordenadas retangulares, conforme Figuras 5.8 e 5.9.



 $\label{eq:Figura 5.8 - Espaço de cores L*C*h°.} Figura 5.9 - L*C*h°.$  Figura 5.9 - L\*C\*h°. Figura 5.9 - L\*C\*h°. Figura 5.9 - L\*C\*h°.

Para calcular a variável L\*, luminosidade, e as coordenadas de cromaticidade a\* e b\*, utilizam-se equações matemáticas e os valores tristímulos XYZ. Os parâmetros L\*, a\* e b\* são calculados automaticamente pelo espectrofotômetro, bem como os valores do croma C\* e do ângulo de tonalidade Hab.

No CIELAB ainda existem os valores dos deltas (Δ), que indicam o quanto um padrão e uma amostra diferem entre si. Esses valores são dados pelas seguintes equações:

```
ΔL* = L* final - L* inicial = Diferença entre o padrão e a amostra para a luminosidade.
```

 $\Delta a^* = a^*$  final -  $a^*$  inicial = Diferença entre o padrão e a amostra para a cromaticidade a.

Δb\* = b\* final - b\* inicial = Diferença entre o padrão e a amostra para a cromaticidade b.

Atualmente os instrumentos de medição quantificam com facilidade os parâmetros de cor. Colorímetros e espectrofotômetros medem a luz refletida dos objetos em cada comprimento de onda, ou em faixas específicas, quantificando os dados espectrais para determinar as coordenadas de cor do objeto no espaço de cor L\*a\*b\* e mostra a informação em números ou gráficos. Nos gráficos apresentados adiante, o porcentual varia entre 0 a 70% de refletância e, comprimento de onda, entre 400 a 700 nm.

Os princípios da Colorimetria podem ser utilizados para determinar o grau de variação cromática quando submetidas a processos de alteração física

e/ou química, ou para obter informações sobre os constituintes minerais das rochas, caso possuam cores diferentes.

Para determinar a diferença total da cor, dada por  $\Delta E^*$ , utiliza-se a seguinte fórmula:

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

O espectrofotômetro detecta diferenças imperceptíveis aos olhos humanos e mostra, instantaneamente, em forma numérica ou gráfica de refletância espectral. Com a identificação das diferenças de cor, utilizando L\* a\* b\*, podemos verificar as alterações que a rocha ou material tenha sofrido.

Com as novas metodologias de utilização de técnicas colorimétricas para avaliação do comportamento estético e textural de rochas ornamentais, é possível a avaliação da homogeneidade e as médias para os parâmetros colorimétricos L\*, a\* e b\*, podendo-se estabelecer critérios para caracterização colorimétrica de rochas heterogêneas com o objetivo de determinar a homogeneidade cromática do material, avaliar as mudanças cromáticas devido a processos de alteração e realizar o controle de qualidade de rochas ornamentais utilizadas na construção civil.

Embora já consagrada a sua utilização na indústria alimentícia, farmacêutica e gráfica, existem diversas publicações científicas que utilizam o espectrofotômetro para avaliação de rochas, principalmente na conservação do Patrimônio Histórico.

Para realização do presente trabalho, foi utilizado um espectrofotômetro Konica Minolta 2500d, com um diâmetro de abertura de 8 mm, configurado da seguinte forma: iluminante D65, ângulo de observação de 10°.

O software *On color* (5.4.5.1) foi utilizado para o tratamento das medidas tomadas com o espectrofotômetro

## 5.2 Resultados Obtidos na Espectrofotometria

Foram avaliados 10 tipos de rochas ornamentais do Palácio com características estéticas e texturais diferentes, com determinação dos parâmetros L\*, a\* e b\* de cada uma delas e chegando-se a média regularizada

desses parâmetros. Esses dados poderão ser utilizados como padronização ou comparativo futuro para novas medidas.

Foram realizadas, em média, 28 medições para cada tipo litológico num total de 14 rochas, pois algumas se inserem dentro de um mesmo tipo litológico com suas variações, algumas com medidas em partes mais claras e mais escuras da rocha, outras com cores diferentes, em granitos polido e serrado, e em localizações diferentes com usos distintos, tais como rodapés ou barramentos, pisos, revestimento de paredes, degraus de escadas, corrimãos, bancadas, pedestais, colunas, totalizando cerca de 402 medidas, dada a diversidade de rochas ornamentais no Palácio.

Para efetuar as medições com o espectrofotômetro foi empregado em parte o procedimento proposto por Prieto et al. (2010), objetivando determinar a área mínima e o número de medidas necessárias para caracterização da cor em função do tipo da rocha, acabamento da superfície e do tipo de equipamento (diâmetro de abertura circular). Propuseram, para análise em laboratório, uma área mínima em torno de 36 cm² com 14 medições para granito, devido a sua distribuição mineral complexa.

No caso do palácio, os ensaios foram feitos em mármores e granitos, e considerou-se satisfatório dobrar o número de medições para 28 ou até 38, sem necessidade de definir uma área mínima.

As tabelas com os dados das medições dos diferentes tipos litológicos encontram-se em apêndice.

# 5.2.1 Rocha 1 - Mármore Vermelho Real Belga

O Mármore Vermelho Real Belga (Figura 5.10) é encontrado no rodapé do hall dos elevadores em todos os pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.2 (ver Apêndice), e o diagrama de refletância na Figura 5.11.



Figura 5.10 - Rodapé da sala dos elevadores.

No Mármore Vermelho Real Belga foram feitas as medidas em diversos pontos ao longo do rodapé na sala dos elevadores. Nota-se que a rocha apresenta grande variação de luminosidade e predomínio da cor marrom avermelhada, com alteração da região de 590 nm do comprimento de onda e refletância variando de 6 a 31%.

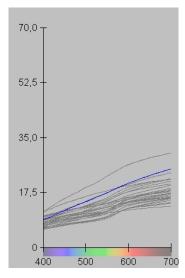


Figura 5.11 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Vermelho Real Belga.

A média da luminosidade obtida no parâmetro L\* foi 43,2, portanto uma rocha escura. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 37,6 e máximo de 54,7, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (1,4 a 6,8) e b\* (6,6 a 15,3), demonstrando a coloração heterogênea da rocha com diferentes luminosidades. O parâmetro a\* positivo, média 4,2, vermelho e o parâmetro b\* positivo, média

10,1, amarelo, tem-se, portanto, uma rocha de cor marrom avermelhada, com o ângulo de tonalidade de 67,6° na média, variando de 52,8° a 80,9°.

# 5.2.2 Rocha 2 – Mármore Nero Marquina com Fósseis

O Mármore Nero Marquina Com Fósseis (Figura 5.12) é encontrado no rodapé do 6° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.3 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.13.

O rodapé do 6° pavimento apresenta-se esmaecido, talvez devido ao uso de produtos e equipamentos de limpeza.



Figura 5.12 - Mármore Nero Marquina com Fósseis - Rodapé esmaecido.

Nesta análise foram feitas 38 medidas em diversos pontos ao longo do rodapé do amplo corredor do 6º pavimento, com aproximadamente 20 metros de comprimento. No rodapé de Mármore Preto Marquina nota-se que a rocha apresenta grande variação de luminosidade e predomínio da cor preta, com pouca alteração ao longo do comprimento de onda e com refletância variando de 7 a 35%.

A média da luminosidade obtida no parâmetro L\* foi 43,4, portanto uma rocha de cor escura. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 33,6 e máximo de 63,1, o mesmo não ocorreu nos parâmetros a\* (-0,4 a 0,5), média -0,1, e b\* (-0,3 a 6,3), média 1,2, demonstrando uma coloração heterogênea da rocha com diferentes luminosidades, caracterizando uma rocha de cor preta e branca, com ângulo de tonalidade média de 116,0° variando de 78° a 237,8°.

Nota-se o desgaste no barramento da rocha na Figura 5.12, provavelmente provocado pelo uso de enceradeira ou produtos de limpeza abrasivos.

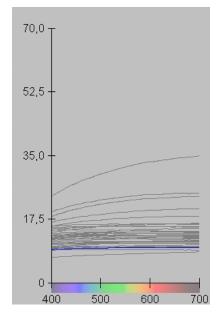


Figura 5.13 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Nero Marquina com fósseis.

# 5.2.3 Rocha 3 – Mármore Nero Marquina Com Fósseis

O Mármore Nero Marquina Com Fósseis (Figura 5.14) é encontrado no piso do 6° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.4 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.15.

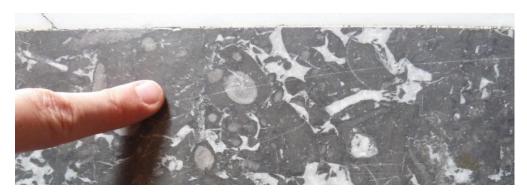


Figura 5.14 - Mármore Nero Marquina com Fósseis.

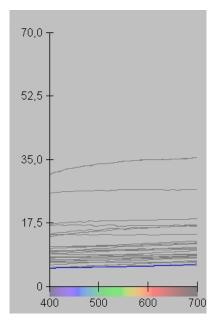


Figura 5.15 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Nero Marquina com fósseis.

O Mármore Nero Marquina com fósseis do piso do corredor do 6º pavimento é o mesmo mármore do rodapé (rocha 2) com as mesmas características, porém visualmente diferente pelo uso, mais conservado e apresentando menor desgaste.

Neste piso de mármore nota-se uma grande variação de luminosidade e predomínio da cor preta, com pouca alteração ao longo do comprimento de onda e com refletância variando de 6 a 36%.

A média da luminosidade obtida no parâmetro L\* foi 39,7, portanto uma rocha escura. Houve uma acentuada variação em L\* com o mínimo de 27,7 e máximo de 65,2, ou seja, uma variação de luminosidade de clara para bem escura, devido a cor preta com raias brancas, o mesmo não ocorreu com os parâmetros a\* (0 a 1) e b\* (0,1 a 3). O parâmetro a\* positivo tem média 0,4, o parâmetro b\* positivo tem média 1,4, e com valor baixo de L\*, indica tratar- se de uma rocha de cor preta de coloração heterogênea, preta e branca, com ângulo de tonalidade média de 95,6° variando de 32° a 325,1°. Nota-se o pouco desgaste do piso na Figura 5.14, provavelmente pelo uso de ceras e vernizes.

# 5.2.3.1 Comparativo entre o Rodapé e o Piso do 6º Pavimento

Trata-se da mesma rocha, porém com utilização diversa, rodapé e piso, visualmente de tonalidades diferentes devido à utilização de produtos de proteção e limpeza da rocha.

Para comparar o Mármore Nero Marquina com fósseis os parâmetros cromáticos do Rodapé e do Piso se apresentam nas Tabelas 5.5 e 5.6 (ver Apêndice) e os diagramas de refletância nas Figuras 5.16 e 5.17.

Neste comparativo não houve diferenças substanciais nos parâmetros (L\*a\*b\*) e refletância. Notou-se, porém, maior desgaste no rodapé em relação ao piso conforme mostra a Figura 5.12, provavelmente provocado pelo uso de enceradeira ou produtos de limpeza abrasivos e no piso, mais escuro, devido ao uso de cera ou verniz para proteção.

A grande variação observada foi em relação ao parâmetro tonalidade, médias h° (116,0 a 95,6), com mínimos de h° (78 a 32) e máximos de h° (237,8 a 325,1), respectivamente rodapé e piso, motivo da grande variação de tons na mesma rocha.

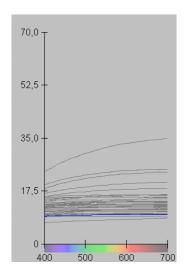


Figura 5.16 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Nero Marquina com fósseis – no rodapé.

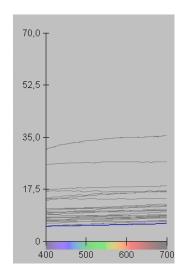


Figura 5.17 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Nero Marquina com fósseis – no piso.

## 5.2.4 Rocha 4 – Calcário Fossilífero Marrom

O Calcário Fossilífero (Figura 5.18) é encontrado no revestimento das paredes do 6° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.7 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.19.



Figura 5.18 - Revestimento de parede em Calcário Fossilífero Marrom.

Este Calcário Fossilífero apresenta uma grande variação de luminosidade e predomínio da cor marrom, com pequena alteração da região de 580 nm do comprimento de onda, na faixa do amarelo e vermelho, com refletância variando de 14 a 46%.

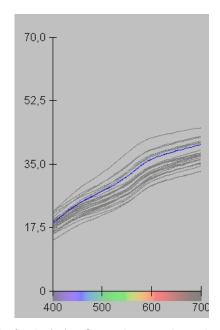


Figura 5.19 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Calcário Fossilífero.

A média obtida no parâmetro L\* foi 61,1, tendo-se, portanto, uma rocha de coloração clara. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 56,8 e máximo de 67,8, não ocorrendo os mesmos com os parâmetros a\* (2,6 a 5,1) e b\* (10,3 a 13,6), motivando a coloração relativamente heterogênea da rocha. O parâmetro a\* positivo, média 4,1, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 11,5, tende ao amarelo. Tem-se assim uma rocha de cor marrom, com ângulo de tonalidade h° de 70,1° na média, variando de 64,9° a 79,2°.

### 5.2.5 Rocha 5 - Mármore Carrara Branco

O Mármore Carrara Branco (Figura 5.20) é encontrado no piso do 6° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.8 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.21.

O Mármore Branco Carrara utilizado no piso do 6º pavimento apresenta uma pequena variação de luminosidade e predomínio da cor branca com manchas amarelas e alguns riscos, aparentemente provocados pelo uso intenso do piso pelos usuários e produtos de limpeza. Houve alteração na região dos 450 a 550 nm do comprimento de onda, na faixa do verde ao amarelo, com refletância variando de 41% a 53%.



Figura 5.20 - Piso do corredor em Mármore Carrara Branco com manchas amarelas e riscos, no Mármore Nero Marquina.

A média obtida no parâmetro L\* foi 77,0, temos, portanto, uma rocha em tom claro. Houve uma pequena variação em L\* com o mínimo de 73,5 e máximo de 78,7, ou seja, uma rocha de cor branca com manchas, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (-0,5 a -0,3) e b\* (2,0 a 3,8), obtendo assim uma coloração homogênea da rocha. O ângulo de tonalidade foi de 97,4° na média, variando de 93,8° a 103,4°.

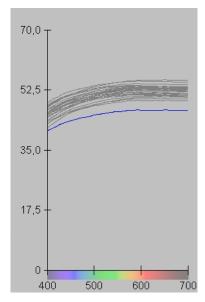


Figura 5.21 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Carrara Branco.

### 5.2.6 Rocha 6 – Calcário Lioz

O Calcário Lioz (Figura 5.22) é encontrado no piso do 5° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.9 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.23.



Figura 5.22 - Piso em Calcário Lioz com faixas em Mármore Nero Marquina.

No Calcário Lioz, utilizado somente no piso do 5º pavimento, é possível observar diversos fósseis, que é uma característica desta rocha. Houve uma pequena alteração na região de 580 nm do comprimento de onda, na faixa do amarelo e vermelho, com refletância variando de 14 a 55%.

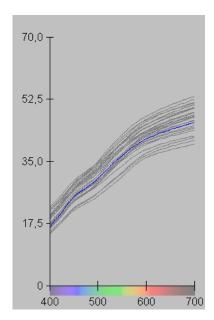


Figura 5.23 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Calcário Lioz.

A média obtida no parâmetro L\* foi 67,4, indica tratar-se, portanto de uma rocha clara. Houve uma variação média em L\* com o mínimo de 62,3 e máximo de 70,9, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (2,5 a 4,7) e b\* (14,6 a 19,0), obtendo assim uma coloração heterogênea da rocha. O parâmetro a\* positivo, média 3,5, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 16,5, tende ao amarelo, com L\* claro indica tratar-se de uma rocha de cor marrom clara, com ângulo de tonalidade de 78,2, variando de 74,9 a 81,1.

## 5.2.7 Rocha 7 – Calcário Fossilífero Bege

O Calcário Fossilífero (Figura 5.24) é encontrado no revestimento de parede do 5° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.10 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.25.

No Calcário Fossilífero Bege do revestimento da parede do 5º pavimento, é possível observar diversos fósseis na rocha. O revestimento é bem conservado, mantendo o brilho intenso do polimento.

Apresenta uma variação média de luminosidade e predomínio da cor bege clara, com pequena alteração da região de 550 a 650 nm do comprimento de onda, na faixa do amarelo ao vermelho, com refletância variando de 15 a 64%.



Figura 5.24 - Revestimento de parede em Calcário Fossilífero Bege.

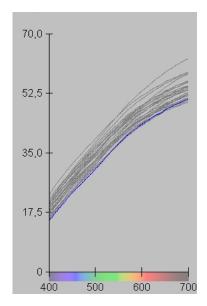


Figura 5.25 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Calcário Fossilífero Bege.

A média obtida no parâmetro L\* foi 70,0, portanto trata-se de uma rocha clara. Houve uma variação média em L\* com o mínimo de 67,5 e máximo de 73,6, no parâmetro a\* (2,6 a 4,1) houve uma pequena variação e, no parâmetro b\*, variação média (16,2 a 21,3), tendendo a uma coloração heterogênea. O parâmetro a\* positivo, média 3,3, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 18,3, tende ao amarelo, com L\* clara, indica tratar-se de uma rocha de cor bege clara, com ângulo de tonalidade de 80,0°, variando de 78,4° a 81,5°.

#### 5.2.8 Rocha 8 – Mármore Vermelho Bidasoa

O Mármore Vermelho Bidasoa (Figura 5.26) é encontrado no piso do 4° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.11 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.27.



Figura 5.26 - Piso em Mármore Vermelho Bidasoa.

O Mármore Vermelho Bidasoa, utilizado no piso do 4° pavimento, apresenta uma ampla variação de luminosidade e predomínio da cor vermelha escura, com notada alteração da região de 550 a 600 nm do comprimento de onda, na faixa do amarelo e vermelho, com refletância variando de 5 a 29%.

A média obtida no parâmetro L\* foi 43,0, portanto trata-se de uma rocha escura. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 33,7 e máximo de 52,7, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (3,4 a 12,0) e b\* (7,6 a 15,7), tornando a coloração heterogênea. O parâmetro a\* positivo, média 8,9, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 12,4, tende ao amarelo, com L\* escuro indica tratar-se de uma rocha de cor vermelha escura, com ângulo de tonalidade de 55,0°, variando de 45,8° a 65,8°.

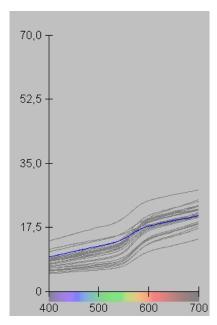


Figura 5.27 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Vermelho Bidasoa.

### 5.2.9 Rocha 9 - Mármore Vermelho Bidasoa

O Mármore Vermelho Bidasoa (Figura 5.28) é encontrado no piso do 4° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.12 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.29.



Figura 5.28 - Piso em Mármore Vermelho Bidasoa apresentando desgastes de uso.

No Mármore Vermelho Bidasoa, do piso do 4° pavimento, apresenta uma ampla variação de luminosidade e predomínio da cor vermelha escura, com notada alteração da região de 540 a 580 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 8 a 39%.

A média obtida no parâmetro L\* foi 46,9, portanto trata-se de uma rocha em tom escuro. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 38,0 e

máximo de 64,9, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (0,9 a 12,8) e b\* (6,3 a 15,4), obtendo assim uma rocha de coloração heterogênea. O parâmetro a\* positivo, média 7,3, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 15,4, tende ao amarelo, com L\* escuro, indicando tratar-se de uma rocha heterogênea de cor vermelha com diversas tonalidades devido ao desgaste do piso, com ângulo de tonalidade de 59,3, variando de 46,6 a 81,9.

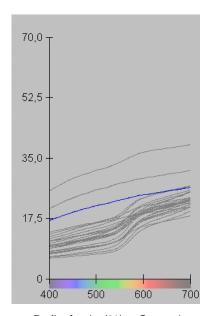


Figura 5.29 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Vermelho Bidasoa.

5.2.9.1 Comparativo entre os Pisos Heterogêneos do 4º Pavimento Trata-se da mesma rocha, Mármore Vermelho Bidasoa, a mesma utilização, porém em áreas distintas no mesmo pavimento, visualmente de tonalidades diferentes devido provavelmente ao desgaste de uso.

Para comparar o Mármore Vermelho Bidasoa são apresentadas as Tabelas 5.13 e 5.14 (ver Apêndice) de parâmetros cromáticos dos pisos heterogêneos, porém com diferença de desgastes, e os diagramas de refletância na Figuras 5.30 e 5.31.

Conforme demonstram as tabelas de parâmetros cromáticos, não houve diferenças substanciais nas médias dos parâmetros (L\*a\*b\*), (L\*= 43 e 46,9; a\*= 8,9 e 7,3; b\*= 12,4 e 11,3), porém analisando os mínimos e máximos desses parâmetros foram observadas amplas diferenças, ou seja, comparando L\*1 (33,7 a 52,7) e L\*2 (38 a 64,0) demonstra que L\*2 tem coloração mais clara; a\*1

(3,4 a 12) e a\*2 (0,9 a 12,8) vermelho mais intenso e menor desgaste em a\*1, e pouca diferença entre b\*1 e b\*2, b\*1 (7,6 a 15,7) e b\*2 (6,3 a 15,4).

Na refletância houve uma diferença maior (5% a 29%) e (8% a 39%), notou-se visualmente um maior desgaste no piso P2, mais heterogêneo, conforme Figura 5.28, provavelmente provocado pelo uso contínuo do piso pelos usuários do palácio.

No parâmetro de tonalidade h°, houve também pouca diferença nas médias h° (55° e 59,3°), porém com mínimos de h° (45,8° e 46,6°) e máximos de h° (65,8° e 81,9°), motivo da variação da tonalidade na mesma rocha devido ao desgaste de utilização.

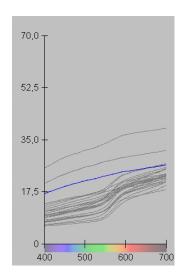


Figura 5.30 - Diagramas de Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Vermelho Bidasoa: P1- Piso heterogêneo

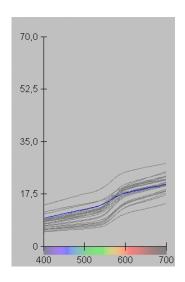


Figura 5.31 - Diagramas de Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Vermelho Bidasoa: P2 – Piso mais heterogêneo.

#### 5.2.10 Rocha 10 - Mármore Calacatta Oro

O Mármore Calacatta Oro (Figura 5.32) é encontrado nos degraus da escada principal do 2° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.15 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.33.

O Mármore Calacatta Oro, com veios marrons e dourados, utilizado nos degraus do 2° pavimento, apresenta uma variação média de luminosidade e predomínio da cor branca com manchas marrons. Há uma pequena variação na

região de 500 a 600 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 20% a 49%.



Figura 5.32 - Degraus em Mármore Calacatta Oro.

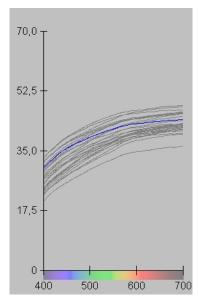


Figura 5.33 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Calacatta Oro.

A média obtida no parâmetro L\* foi 68,9, portanto, trata-se de uma rocha em tom claro. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 63,6 e máximo de 72,9, ou seja, uma rocha clara, o mesmo não ocorreu com os parâmetros a\* (-0,1 a 1,6) e b\* (6,5 a 11,1). O parâmetro a\* positivo, média 0,6, tende ao vermelho e o parâmetro b\* positivo, média 8,6, tende ao amarelo, com L\* em tom claro, indica tratar-se de uma rocha de cor branca homogênea, com ângulo de tonalidade de 97,4° na média, variando de 93,8° a 103,4°.

#### 5.2.11 Rocha 11 - Mármore Giallo Verona

O Mármore Giallo Verona (Figura 5.34) é encontrado nos corrimãos, balaústres e guarda-corpos do 4° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.16 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.35.



Figura 5.34 - Corrimão e Balaústre em Mármore Giallo Verona e escada em Mármore Calacatta Oro

Nesta análise do Mármore Giallo Verona do 4º pavimento é possível observar a predominância da cor amarela, apresentando uma variação média de luminosidade. Houve alterações na região de 500 a 600 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 3 a 37%.

A média obtida no parâmetro L\* foi 50,5, com ampla variação do mínimo de 46,7 e máximo de 57,7, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (6,4 a 14,3) e b\* (25,6 a 36,6). O parâmetro a\* positivo, média 11,3, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 31,9, tende ao amarelo, indicando tratar-se de uma rocha de cor amarela, com ângulo de tonalidade de 70,7° na média, variando de 67,5° a 76,5°.

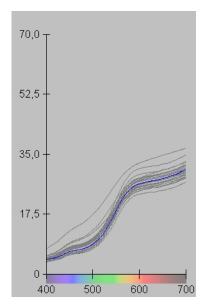


Figura 5.35 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Mármore Giallo Verona.

# 5.2.12 Rocha 12 - Granito Rosa Itupeva Polido

O Granito Rosa Itupeva Polido (Figura 5.36) é encontrado nas colunas, nos revestimentos de parede do 2° pavimento e em outros pavimentos do palácio. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.17 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.37.



Figura 5.36 - Coluna e base em Granito Rosa Itupeva Polido.

O Granito Itupeva Rosa Polido da coluna interna do 2° pavimento apresenta uma variação de luminosidade e predomínio da cor marrom escura avermelhada, com notada alteração da região de 550 a 630 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 3 a 26%.

A média obtida no parâmetro L\* foi 40,4, tendo-se, portanto, uma rocha escura. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 35,3 ao máximo de 45,2, ou seja, uma rocha escura marrom avermelhada, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (7,2 a 16,8) e b\*(12,7 a 21,8). O parâmetro a\* positivo, média 12,0, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 17,3, tende ao amarelo, com ângulo de tonalidade de 55,6°, variando de 52,4° a 61,2°.

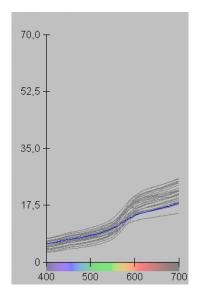


Figura 5.37 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Granito Rosa Itupeva Polido.

## 5.2.13 Rocha 13 - Granito Rosa Itupeva encerado

O Granito Rosa Itupeva encerado (Figura 5.38) é encontrado no piso do 2° pavimento. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.18 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.39.



Figura 5.38 - Piso em Granito Rosa Itupeva encerado.

O Granito Rosa Itupeva encerado, do piso do 2° pavimento, apresenta uma variação média de luminosidade e predomínio da cor marrom escura avermelhada, com notada alteração da região de 550 a 600 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 2% a 16%.

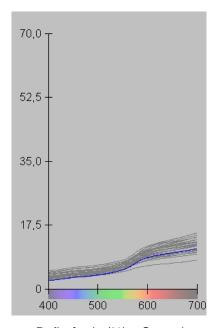


Figura 5.39 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) do Piso em Granito Rosa Itupeva encerado.

A média obtida no parâmetro L\* foi 31,3, tendo-se, portanto, uma rocha em tom escuro. Houve uma variação em L\* com o mínimo de 26,4 ao máximo de 35,4, ou seja, uma rocha escura tendendo ao marrom escuro, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (4,6 a 13,5) e b\* (8,8 a 17,0). O parâmetro a\* positivo, média 9,0, tende ao vermelho claro e parâmetro b\* positivo, média 12,5, tende ao amarelo, com ângulo de tonalidade de 54,7°, variando de 49,0° a 64,4°.

## 5.2.14 Rocha 14 - Granito Rosa Itupeva sem Polimento

O Granito Rosa Itupeva sem Polimento (Figura 5.40) é encontrado na área externa do Palácio, nas colunas, nos revestimentos de parede, nas escadas e nos pisos. Os parâmetros cromáticos estão apresentados na Tabela 5.19 (ver Apêndice) e o diagrama de refletância na Figura 5.41.



Figura 5.40 - Granito Rosa Itupeva sem polimento.

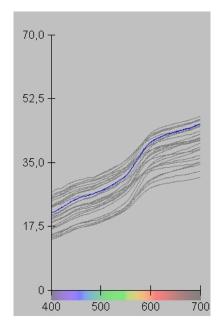


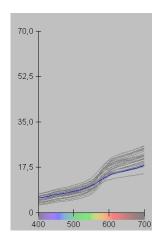
Figura 5.41 - Diagrama Refletância (%) x Comprimento de onda (nm) da Coluna em Granito Rosa Itupeva sem polimento.

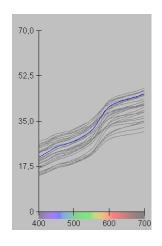
O Granito Rosa Itupeva sem polimento, da coluna externa do Palácio, apresenta uma variação média de luminosidade e predomínio da cor marrom avermelhada, com notada alteração da região de 550 a 600 nm do comprimento de onda, com refletância variando de 14 a 48%.

A média obtida no parâmetro L\* foi 61,9, tendo-se, portanto, uma rocha em tom claro. Houve uma ampla variação em L\* com o mínimo de 55,0 e máximo de 66,9, ou seja, uma rocha clara marrom, o mesmo ocorreu com os parâmetros a\* (3,8 a 11,0) e b\* (8,1 a 15,3). O parâmetro a\* positivo, média 7,1, tende ao vermelho e parâmetro b\* positivo, média 11,8, tende ao amarelo, com ângulo de tonalidade de 59,3°, variando de 53,3° a 66,2°.

# 5.2.14.1 Comparativo do Granito Rosa Itupeva utilizado na coluna polida, no piso encerado e na coluna sem polimento do 2º pavimento

Para comparação do Granito Rosa Itupeva, os parâmetros cromáticos estão apresentados nas Tabelas 5.20 a 5.22 (ver Apêndice) e os diagramas de refletância nas Figuras 5.42 a 5.44.





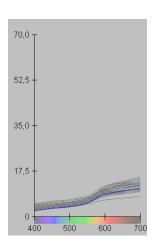


Figura 5.42 - Coluna Polida.

Figura 5.43 - Coluna sem polimento.

Figura 5.44 - Piso encerado.

Neste comparativo houve diferenças substanciais entre os granitos polido da coluna, do piso e, principalmente, o granito sem polimento, conforme as tabelas de parâmetros cromáticos. As médias do parâmetro L\* foram 40,4; 31,3 e 61,9; ou seja, o piso encerado apresenta cor mais escura e a coluna sem polimento apresenta cor mais clara.

No comparativo entre os parâmetros mínimos e máximos de L\* (35,3 e 45,2; 26,4 e 35,4; 55 e 66,9) notou-se uma grande diferença de luminosidade da mesma rocha, porém em usos distintos, com polimento, uso de vernizes e ceras, e sem polimento.

Analisando as médias dos parâmetros a\* b\* e h° observou-se diferenças, porém, pequenas, em relação a L\*, com médias do parâmetro a\* de 12, 9, e 7,1, e mínimos e máximos de 7,2 e 16,8; 4,9 e 13,5; 3,8 e 11, demonstrando um vermelho mais intenso na coluna polida e menos na coluna sem polimento.

As médias no parâmetro b\* foram 17,3; 12,6; e 11,8; com mínimos de 12,7; 8,8; 8,1; e máximos de 21,8; 17; 15,3; demonstrando um amarelo mais intenso na coluna polida e menos na coluna sem polimento. O parâmetro h° variou pouco.

Na refletância houve ampla diferença, observado nos gráficos de diagramas de refletâncias. Os resultados das medidas foram, na coluna polida (3% a 26%), no piso (2% a 16%), na coluna sem polimento (14% a 48%). Sendo assim, a refletância é nitidamente maior na coluna sem polimento, com menor refletância na coluna polida. O uso de ceras e vernizes para proteção do piso favorece o escurecimento da pedra.

#### 5.3 Análise Cromática das Rochas do Palácio

Conforme demonstra a Figura 5.45, as rochas do Palácio apresentam grande variação cromática com relação a luminosidade L\* e cromaticidade C\*. O L\* variou de 27,7 a 78,7 e o C\* de 0,1 a 38,9.

O Mármore Carrara Branco apresentou a maior luminosidade L\*, alcançando o máximo de 78,7, variando pouco este parâmetro, assim como a cromaticidade.

O Mármore Nero Marquina com fósseis apresentou o menor croma C\* e a maior variação de luminosidade L\* devido ao contraste da rocha preta com os veios brancos.

O Mármore Giallo Verona apresentou o maior croma C\*.

Já o Granito Rosa Itupeva, da coluna polida, apresentou a maior variação de croma C\*, variou de 4,9 e 27,6.

O Mármore Vermelho Bidasoa apresentou a maior variação conjunta em luminosidade L\* e croma C\*, demonstrado pela diversidade de cores da rocha com predomínio da cor vermelha.

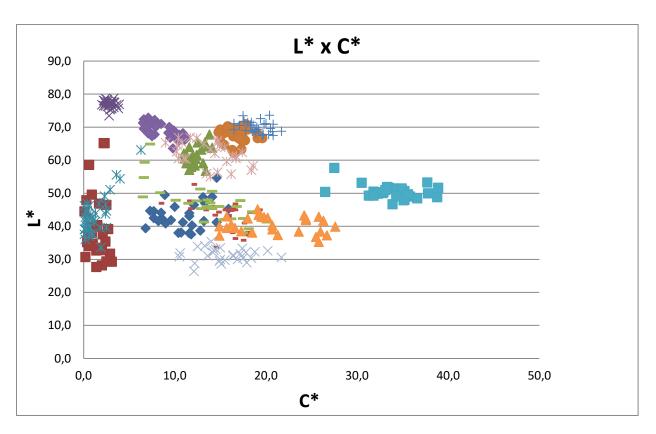


Figura 5.45 - Gráfico de dispersão L\* (luminosidade) x C\* (croma).

## Legenda

- Mármore Vermelho Real Belga
- Mármore Nero Marquina com Fósseis (Piso)
- Calcário Fossilífero Marrom
- × Mármore Carrara Branco
- Mármore Nero Marquina com Fósseis (Rodapé)
- Calcário Lioz
- + Calcário Fossilífero Bege
- Mármore Vermelho Bidasoa (Piso)
- Mármore Vermelho Bidasoa (Piso desgastado)
- Mármore Calacatta Oro
- Mármore Giallo Verona
- Granito Rosa Itupeva Polido (Coluna)
- X Granito Rosa Itupeva Polido (Piso)
- X Granito Rosa Itupeva sem Polimento

O gráfico de dispersão a\* e b\* (Figura 5.46), apresenta quatro grupos distintos devido à variação cromática das rochas apresentadas: o primeiro compõe as rochas de cores com baixa cromaticidade, o segundo tende a mistura de a\* e b\*, o terceiro tende ao a\* (vermelho) e o quarto tende ao b\* (amarelo).

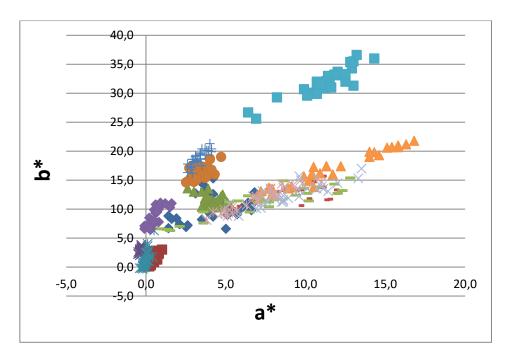


Figura 5.46 - Gráfico de dispersão a\* x b\*.

No primeiro grupo, as de baixa cromaticidade, tem-se o Mármore Nero Marquina (piso e rodapé) e o Mármore Branco Carrara.

No segundo grupo, ocorrem o Calcário Fossilífero Marrom e o Mármore Vermelho Real Belga, que apesar do predomínio de b\*, tem contribuição de a\*.

No terceiro grupo, tende ao a\*, há o Mármore Vermelho Bidasoa e o Granito Rosa Itupeva.

No quarto grupo, tende ao b\*, ocorrendo: Mármore Calacatta Oro; Calcário Lioz; Calcário Fossilífero Bege; e Mármore Giallo Verona.

Apesar das tendências de cada grupo, o gráfico mostra que o Mármore Giallo Verona, que tende ao b\*, apresenta o maior b\* (amarelo), e também o segundo maior a\* (vermelho).

O mesmo ocorre com o Granito Rosa Itupeva Polido da Coluna, que tende ao a\*, apresentando o maior a\* (vermelho) e é o segundo maior b\* (amarelo).

O Mármore Vermelho Bidasoa, que tende ao a\*, é o mais heterogêneo e o mais expandido entre as rochas analisadas, apresentando grandes variações entre a\* e b\*.

# 6 MÉTODO ESCLEROMÉTRICO

O esclerômetro de Schmidt também conhecido por Martelo de Schmidt ou Martelo de rebote (Figura 6.1), foi desenvolvido pelo engenheiro suíço Ernst O. Schmidt, em 1948.

Inicialmente foi projetado para estimar a resistência e a compressão simples do concreto, utilizando o efeito rebote, onde o retorno da massa lançada depende da dureza da superfície ensaiada (Evangelista, 2002). Anos depois foi modificado convenientemente, resultando em vários modelos, alguns dos quais apropriados para estimar a compressão simples da rocha (Katz et al., 2000).

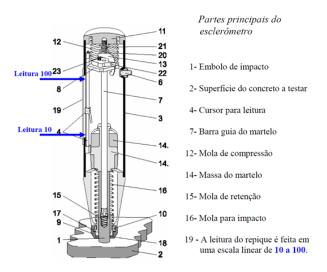


Figura 6.1 - Esclerômetro analógico simples, visão geral. Fonte: aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/esclerometro\_14jun2011.pdf

A Figura 6.2 mostra o martelo na posição carregado. Ao disparar (Figura 6.3), a mola é comprimida e a massa é lançada contra o êmbolo, sendo que parte da energia é absorvida pela superfície por deformação elástica e parte transformada em energia.

A energia absorvida pela superfície testada é diretamente proporcional à sua resistência: quanto maior a dureza superficial, maior será a resistência da rocha e maior será o rebote no êmbolo e, maior o índice esclerométrico.

A energia liberada após o impacto (Figura 6.4) reproduz o índice esclerométrico, cujo cálculo é a distância percorrida pela massa após o rebote do disparo. O índice de dureza da rocha testada varia em escala linear de 10 a 100 (Katz et al., 2000; Basu e Aydin, 2004; Aydin e Basu, 2005).

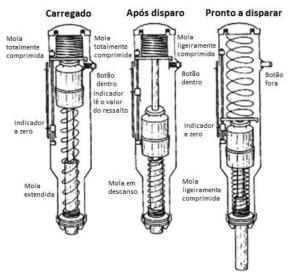


Figura 6.2 - Funcionamento do esclerômetro portátil analógico.
Fonte: Extraído e modificado de https://www.semanticscholar.org/paper/ISRM-Suggested-method-for-determination-of-the-%3A-%24-Aydin/68873d23d8c22dd67afef8986f0bf0050b7594a2/figure/0



Figura 6.3 - Martelo de Schmidt no momento do disparo. Fonte: www.pgmec.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/esclerometro\_01dez2013.pdf



Figura 6.4 - Energia liberada na massa do martelo retornando após impacto do êmbolo na rocha.

Fonte: http://www.pgmec.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/esclerometro\_01dez2013.pdf

Nos ensaios, os índices esclerométricos são medidos para correlacionar a resistência superficial da rocha com a compressão uniaxial, que é medida em kgf/cm² (quilograma-força por centímetro quadrado) ou MPa (megapascal), (1 megapascal = 10.1972 kgf/cm²).

Nos testes de medição da compressão nas rochas, o aparelho permite obter resultados de forma simples e não destrutiva. Seu uso é muito frequente dada a portabilidade do dispositivo, podendo fazer ensaios in situ diretamente nas rochas. É utilizado internacionalmente em Mecânica das Rochas, sendo normatizado pela *International Society for Rock Mechanics* (ISRM, 1978) e pela *American Society for Testing and Materials -* ASTM D5873-00 (ASTM, 2000).

O esclerômetro, além de medir a dureza superficial da rocha, pode estimar o módulo de Young ou módulo de elasticidade e a resistência à compressão uniaxial. Alguns autores já utilizaram o esclerômetro em rochas (Cargill e Shakoor, 1990; Kolaiti e Papadopoulos, 1993; Goktan e Ayday, 1993; Basu e Aydin, 2004; Aydin, 2008; Augusto, 2009; Fleury et al., 2012; Grossi, 2013).

É importante salientar os cuidados na hora de medir a superfície da rocha: o esclerômetro deve ser colocado na posição perpendicular em relação à superfície da rocha para a correta obtenção das medidas. As medidas em direções diferentes da horizontal do esclerômetro, 0° (zero graus), sofrem a ação gravitacional e deverão ser corrigidas por meio das curvas de correção, fornecidas pelo fabricante e estipuladas pela ISRM (1978).

Existem dois tipos de esclerômetro: para medidas em concreto (tipo N com energia de impacto de 2.207 N.m.) ou para medidas em rocha (tipo L com energia de impacto de 0.735 N.m.). Os rebotes medidos com estes aparelhos são denominados com os símbolos RN e RL, respectivamente. Ambos aparelhos permitem bons resultados para valores de compressão simples da rocha dentro da faixa de 20 a 150 MPa.

Antes de 2009, o ISRM recomendava apenas o martelo tipo L, agora ambos são permitidos (Aydin, 2008). O martelo do tipo N é usado principalmente para concreto. No entanto, é menos sensível a irregularidades da superfície testada e seria, portanto, preferível para a realização de testes de campo.

Ayday e Göktan (1992) obtiveram, utilizando a recomendação ISRM (1978), a seguinte relação entre o número de rebotes dos esclerômetros tipo N e L:

$$RN = 7,124 + 1,249 RL (R2 = 0,882)$$

sendo RN e RL o número de rebotes fornecidos pelos esclerômetros do tipo N e L, respectivamente, e R2, o coeficiente linear.

O valor do *R* de *Rebote*, representa a dureza de Schmidt, o qual será correlacionado com a resistência à compressão uniaxial da superfície ensaiada,

ou do seu módulo de elasticidade (Young), de acordo com o valor do seu peso específico (Guerreiro, 2000).

Para obter um resultado eficaz, o ensaio esclerométrico deve seguir as normas dos principais procedimentos encontrados nas recomendações da ISRM (1978), na norma brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR – 7584 (ABNT, 1995) e na norma da ASTM D5873-00 (ASTM, 2000).

A ISRM (1978) recomenda que o ensaio deve conter 20 medidas de cada rocha, podendo parar se, após 10 medidas seguidas, não se obtiver variação maior que dois. Em seguida, são ordenadas em ordem crescente para que seja descartada a metade inferior das medidas. Das que sobraram, é calculada a média, que deverá ser multiplicada pelo fator de correção do martelo de Schmidt.

A média do índice esclerométrico correlaciona-se com a resistência à compressão uniaxial usando o Ábaco de Miller (Figura 6.5). O valor da média em cada ponto será lançado no Ábaco de Miller (Vallejo et al., 2002), que relaciona o valor obtido em campo, contemplando a densidade da rocha e a orientação do martelo em relação ao plano ensaiado.

Pode-se observar no Ábaco de Miller que, conhecendo o peso específico da rocha, determina-se a resistência à compressão somente com o ensaio feito com o esclerômetro.

A norma brasileira NBR – 7584 (ABNT, 1995) recomenda a tomada de medidas em malhas regulares de 3 x 3 (9 medidas) ou 4 x 4 (16 medidas) para obter a média aritmética dos índices esclerométricos. Ao final, desprezam-se as medidas que se afastam em mais de 10% da média obtida e calcula-se novamente a média aritmética. Essa média final deverá ser feita com no mínimo 5 medidas, caso contrário deve ser descartada. Para calcular o Índice Esclerométrico Médio Efetivo, multiplica-se a média final pelo coeficiente de correção.

A norma ASTM D5873–00 (ASTM, 2000), recomenda a tomada de 10 medidas para calcular a média aritmética, e não recomenda em rochas com força compressiva menor que 1 MPa, devendo descartar as medidas que se afastem em mais de 7 unidades dessa média e as que produzirem marcas na rocha. Caso mais de duas medidas se afastarem da média, todas as medidas serão descartadas. Após calcular a nova média, multiplica-se o valor pelo fator de correção.

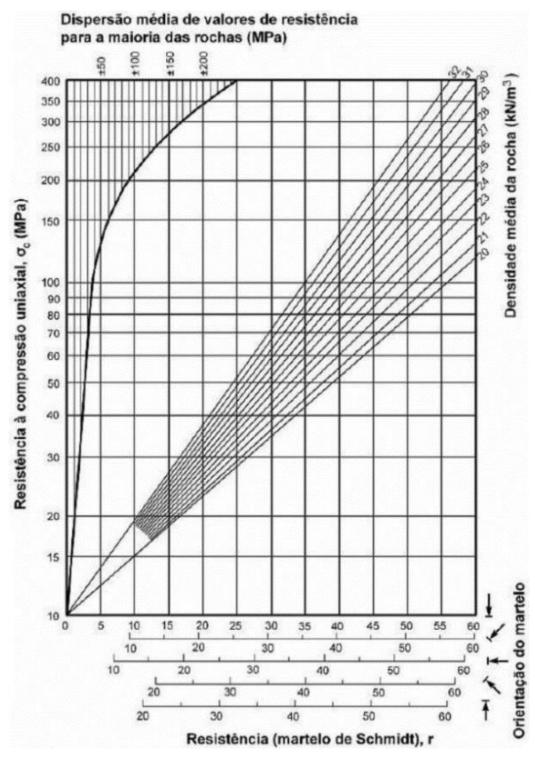


Figura 6.5 - Ábaco correlacionando a Dureza de Schmidt com a Resistência à Compressão Uniaxial (Fonte: Lima e Menezes, 2008).

# 6.1 Índices Esclerométricos de Granitos

São apresentados a seguir a compilação de alguns ensaios esclerométricos realizados em granitos.

O IBRAOP, Instituto Brasileiro de Obras Públicas, realizou ensaios esclerométricos em diversos granitos sãos (Fleury et al., 2012): em diferentes granitos cinza (4), granitos rosa (5) e granitos cinza homogêneos (6), conforme a Figura 6.6.

Os índices médios apresentados nos ensaios desses granitos foram: 66, 73, 67, 73, 65, 67, 68, 70, 65, 75, 78, 73, 66, 66, 76, com média resultante 69,8 e desvio-padrão 4,6. Nota-se que os valores das médias de cada ensaio, total de 15, aproximaram-se bastante do valor médio resultante.

Nos ensaios, definiu-se um índice esclerométrico médio de referência servindo de limite entre rochas duras e brandas para garantir que 99,7% dos resultados obtidos em campo sejam superiores a ele. Sendo assim, subtraíram da média encontrada no granito são o valor de 3 vezes o desvio padrão dos resultados das áreas de ensaio, encontrando o índice esclerométrico médio de referência igual a 56.

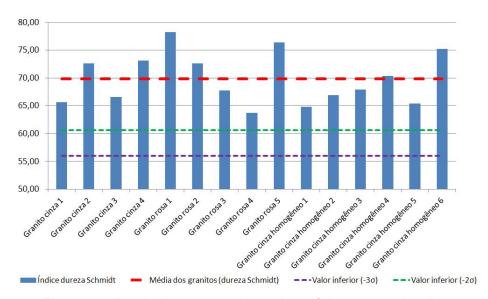


Figura 6.6 - Resultados dos ensaios esclerométricos no granito são.
Fonte:http://www.ibraop.org.br/enaop2012/docs/arquivos\_tecnicos/Proposta\_metodologia\_difer anciacao\_rochas\_duras\_brandas\_Gustavo\_Ferreira.pdf

A Tabela 6.1 mostra os resultados que Buyuksagis e Goktan (2006) encontraram com os testes em laboratório utilizando o esclerômetro tipo L. Foram utilizadas 6 amostras de granitos.

Tabela 6.1 - Resultados de ensaios em diversos tipos de granitos.

	RL1	RL2	RL3	RL4	RL5	Médias
1	63,1	61,1	66,7	70,2	61,1	64,4
2	57,9	55,9	60,2	59,3	55,9	57,8
3	56,5	54,5	58,7	59,0	54,5	56,6
4	51,6	49,8	57,5	60,5	49,8	53,8
5	50,9	48,7	53,7	56,5	47,8	51,5
6	58,2	56,2	60,5	63,5	56,2	58,9

Média resultante das médias = 57,1 (adaptado de Buyuksagis e Goktan, 2006).

A Tabela 6.2 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de Augusto (2009), feitos em campo, utilizando o esclerômetro tipo L.

Tabela 6.2 - Índices esclerométricos apresentados por Augusto (2009) obtidos em 7 monumentos da cidade de São Paulo. A norma utilizada foi a ASTM D5873–00 (ASTM, 2000).

Modelo L-9	Índices	Média	Média	Ângulo	Superfície
	Esclerométricos		Corrigida		
Fundadores de São					
Paulo	44, 38, 40, 32, 38	36,3	36,7	Plano vert. (0)	Sem polimento
"Marrom São Paulo"	40, 32, 32, 25, 42				
	62, 68, 69, 68, 66	66,4	66,4	Plano vert. (0)	Com polimento
	68, 63, 68, 65, 67				
				Plano horiz.	
	36, 45, 31, 28, 41	39,6	41,1	(+90)	Sem polimento
	49, 45, 37, 39, 45				
	T				
Monumento às Bandeiras	22 40 50 42 24	20.4	44.6	Diana wart (0)	Com polimonto
"Cinza Mauá"	23, 49, 50, 43, 31	39,1	41,6	Plano vert. (0)	Sem polimento
CITIZA IVIAUA	30, 35, 42, 43, 45			Plano incl.	
	60, 62, 62, 64, 62	61,6	61,6	(+45)	Com polimento
	60, 64, 60, 60, 62	01,0	01,0	(. 10)	Com pointiento
	100, 01, 00, 00, 02				
Homenagem ao					
Cafeeiro	51, 55, 45, 39, 41	44,3	43,1	Plano vert. (0)	Sem polimento,
	41, 50, 39, 38, 44				quase regular
				Plano horiz.	
	46, 41, 41, 49, 43	42,3	43,6	(+90)	Sem polimento,
	37, 28, 44, 48, 44				quase regular
Fernando Pessoa	31, 38, 36, 50, 47	42,3	42	Plano vert. (0)	Com polimento
	38, 45, 48, 55, 35	,-		(1)	
	1 , , , ,				
A menina e o					
Bezerro	45, 49, 53, 43, 53	48,7	48,7	Plano vert. (0)	Sem polimento,
	47, 50, 47, 53, 47				quase regular
	,	,	,	,	тр-
Guanabara	51, 54, 51, 43, 42	50,3	51	Plano vert. (0)	Sem polimento
	50, 47, 61, 54, 50				
		,	,	1	1
Dante Alighieri	50, 52, 51, 52, 50	51,1	51,1	Plano vert.(0)	Sem polimento,
	52, 51, 51, 51, 51				quase regular

A Tabela 6.3 mostra os resultados de Grossi (2013) nos ensaios em laboratório utilizando o esclerômetro tipo L. Foram utilizadas 4 amostras de granitos.

Tabela 6.3 - Índices esclerométricos apresentados por Grossi (2013) obtidos no Granito Itaquera fresco de acordo com a norma ASTM D5873-00 (ASTM, 2000).

Material	Índices Esclerométricos	Média	Ângulo	Superfície
Granito fresco 1	54,51,49,52,53, 53,51,49,53,53	51,8	Plano Horizontal (+90°)	Sem polimento
Granito fresco 2	48,51,47,47,49, 47,50,47,50,49	48,5	Plano Horizontal (+90°)	Sem polimento
Granito fresco 3	49,47,49,50,51, 49,53,50,52,49	49,9	Plano Vertical (0°)	Sem polimento
Granito fresco 4	46,61,52,49,50, 54,49,54,53,49	50,8	Plano Vertical (0°)	Sem polimento

Média resultante das médias =

50,2

# 6.2 Ensaio no Palácio da Justiça

O equipamento utilizado para realizar os ensaios foi o Esclerômetro Digital Rebound Hammer, modelo W-D 1500, do fabricante NDT James Instruments Inc.

Antes de qualquer ensaio, é necessário aferir o esclerômetro utilizando a bigorna de aço fornecida pelo fabricante. Para calcular o fator, ou coeficiente de correção *K*, divide-se o valor fornecido pelo fabricante pela média de 10 medidas obtidas pelo calibrador:

$$K = \frac{valor \ fornecido \ pelo \ fabricante \ do \ esclerômetro}{m\'edia \ de \ 10 \ medidas \ obtidas \ no \ calibrador}$$

Todos os ensaios foram feitos no Granito Rosa Itupeva, inicialmente nos revestimentos das paredes na área externa do Palácio (Figuras 6.7 a 6.9), produzindo 3 ensaios com 10 medidas cada, depois na área interna com mais 4 ensaios com 10 medidas cada, nos revestimentos da base da coluna, na parede e no piso (Figuras 6.10 a 6.13). Ao total foram 7 ensaios com 70 medidas.

Na área interna do Palácio, entre a porta de entrada e o Salão dos Passos Perdidos, no segundo pavimento, foram feitos os 4 ensaios internos.



Figura 6.7 - Revestimento da parede na borda polida, esclerômetro em 0°. Seta indica o ensaio 1.



Figura 6.8 - Revestimento da parede na área serrada, esclerômetro em 0°. Seta indica o ensaio 2.



Figura 6.9 - Revestimento da parede na área polida, esclerômetro em 0°. Seta vermelha indica o ensaio 3. Seta Azul indica restauro com resina.



Figura 6.10 - Revestimento do bloco de sustentação da coluna, lado 1, parte polida, esclerômetro na posição 0°. Seta indica o ensaio 4.



Figura 6.11 - Revestimento do bloco de sustentação da coluna, lado 2, parte polida, esclerômetro 0°. Seta indica o ensaio 5.

O ensaio adotou a norma ASTM D5873-00 (ASTM, 2000) como padrão. A norma não especifica o tipo de martelo a ser utilizado, porém foi estabelecido que o tipo L é mais dirigido às rochas e o N mais para concretos. Os índices esclerométricos são apresentados na Tabela 6.4 com a média, a média corrigida, o ângulo do esclerômetro e o tipo de superfície.



Figura 6.12 - Revestimento da parede, parte polida, esclerômetro 0°. Seta indica o ensaio 6.



Figura 6.13 - Piso encerado, esclerômetro na posição +90°. Ensaio 7.

A média também deve ser corrigida de acordo com a posição em que foi realizado o ensaio. As medidas feitas com o esclerômetro na posição horizontal e a superfície na posição vertical não precisam ser corrigidas, adota-se o ângulo de 0°. Para medidas em uma superfície horizontal com a face voltada para cima, por exemplo o piso, adota-se o ângulo de +90°, e com a face voltada para baixo, por exemplo, o teto, o ângulo é -90°; medidas em uma superfície inclinada em 45° com a face voltada para cima adota-se o ângulo de +45° e face voltada para baixo -45° (Figura 6.14).

Como observado na tabela a seguir (Tabela 6.4), as medidas esclerométricas não se afastaram 7 unidades da média, assim sendo não houve necessidade de correção da média, somente a média do piso foi corrigida devido ao ângulo de medição de +90° em relação à superfície.

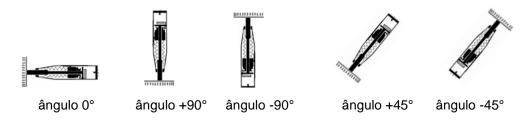


Figura 6.14 - Ângulos de medidas do esclerômetro em relação às superfícies.

Tabela 6.4 - Índices esclerométricos obtidos nos ensaios no Palácio.

ÍNDICES ES	CLERG	OMÉTF	RICOS	DO GI	RANIT	O ROSA	A ITUPEVA - ASTM		
Escle	erômetr	o Digita	al Rebo	und Ha	amme	r, mode	lo W-D 1500		
PALÁCIO DA JUSTIÇA		MEDIDAS MÉDIA DESVIO PADRÃO				ÂNGULO	SUPERFÍCIE		
ÁREA EXTERNA	43	40	43	43	43				
REVESTIMENTO DE	43	43	44	40	40	42,2	1,5	0°	POLIDA
PAREDE									
,									
ÁREA EXTERNA	34	30	30	33	34				
REVESTIMENTO DE	29	25	30	30	33	30,8	2,8	0°	SERRADA
PAREDE									
ÁDEA EVEDIUA		- 10	- 40		<u> </u>				
ÁREA EXTERNA	40	40	46	43	44				501154
REVESTIMENTO DE	42	45	47	44	43	43,4	2,3	0°	POLIDA
PAREDE									
ÁREA INTERNA	49	48	47	48	49				
BASE DA COLUNA	49	43	47	46	50	47.8	1.9	0°	POLIDA
LADO 1	40	43	49	41	50	47,0	1,9	U	POLIDA
LADO I									
ÁREA INTERNA	48	49	47	46	52				
BASE DA COLUNA	48	50	46	48	47	48.1	1,9	0°	POLIDA
LADO 2		- 00		.0	· · ·	.0,.	.,0		. 02.27
2,100 2									
ÁREA INTERNA	47	50	48	49	51				
REVESTIMENTO	47	46	52	48	50	48,8	1,9	0°	POLIDA
PAREDE							,		
ÁREA INTERNA	40	37	40	40	39				
PISO	40	42	42	38	41	39,9	1,6	+90°	ENCERADA

A correção da média obtida com o ângulo de +90° em relação à superfície de medida foi realizada conforme Figura 6.15. A média foi correlacionada e corrigida, de 40 para 44.

Para correlacionar a força compressiva uniaxial com a média dos índices esclerométricos foi utilizada a curva experimental desenvolvida por Buyuksagis e Goktan (2006).

A curva obtida por Buyuksagis e Goktan (op.cit.) apresenta a seguinte equação:

$$y = 3,6834e^{0,0679x}$$

onde x é igual a média dos índices esclerométricos, e tem variância R2 = 0,8561. Esta curva foi construída para esclerômetro do tipo L e com ângulo 0° em relação à superfície ensaiada.

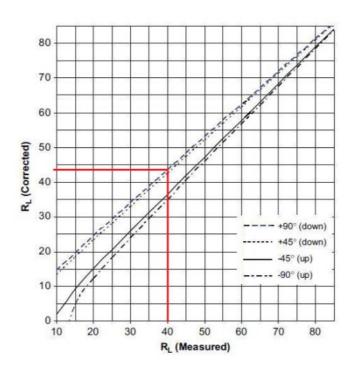


Figura 6.15 - Gráfico da correção da média do índice esclerométrico medido no piso com ângulo +90°. Extraído e modificado de Aydin (2008).

Os gráficos a seguir mostram a correlação da força compressiva uniaxial e a média dos índices esclerométricos usando a curva experimental de Buyuksagis e Goktan (2006) (Figura 6.16), e os valores comparativos dos índices esclerométricas e da resistência a compressão uniaxial em MPa (Tabela 6.5).

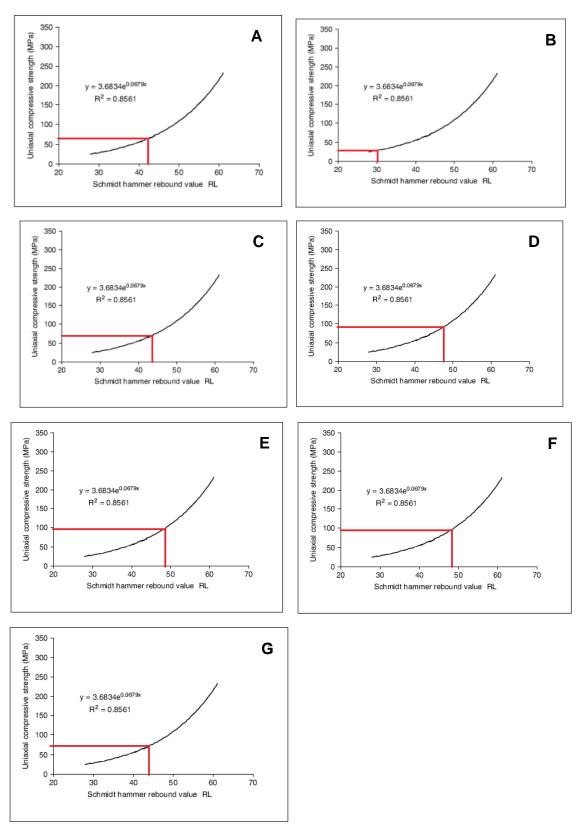


Figura 6.16 - Gráficos de correlação dos índices esclerométricos com as resistências às compressões utilizando a curva de Buyuksagis e Goktan (2006). A. Revestimento externo com acabamento polido. B. Revestimento externo com acabamento serrado. C. Revestimento externo com acabamento polido, D. Revestimento interno com acabamento polido, lado 1. E. Revestimento interno com acabamento polido. G. Piso interno com acabamento polido e encerado.

Tabela 6.5 - Correlação da Resistência à Compressão Uniaxial com as médias dos Índices Esclerométricos do Palácio.

Ensaios	Médias dos Índices Esclerométricos	Resistência à compressão uniaxial em MPa	Revestimento	Superfície
1 - Área externa	42	65	Parede	Polida
2 - Área externa	30	28	Parede	Serrada
3 - Área externa	43	70	Parede	Polida
4 - Área interna	47	92	Base coluna	Polida
5 - Área interna	48	96	Base coluna	Polida
6 - Área interna	48	98	Parede	Polida
7 - Área interna	44	71	Piso	Encerada

#### 6.3 Discussão dos Resultados

Os ensaios não destrutivos, feitos com equipamentos adequados, são bastante úteis no monitoramento de monumentos, onde não há possibilidade de colher amostras sem danificá-los, utilizar ácidos ou instrumentos não adequados.

Por meio dos ensaios esclerométricos obtém-se informações úteis sobre a dureza superficial da rocha e, conforme esse estudo, os ensaios possibilitam correlações com as demais propriedades da rocha, como a sua resistência à compressão uniaxial e o módulo de Young ou de elasticidade, além de avaliar o estado de deterioração.

Para iniciar uma avaliação dos parâmetros encontrados nos ensaios aqui realizados, a Tabela 6.6 a seguir, produzida por Fleury et al. (2012), mostra alguns ensaios em rochas com diferentes graus de alteração e em concreto não estrutural.

Fleury et al. (2012) propõem a interpretação da tabela da seguinte forma: o granito pouco alterado se enquadraria como sendo rocha dura, porém granitos medianamente alterados já seriam classificados como sendo rochas de 2ª categoria. Observou que o índice esclerométrico, devido a sua alta sensibilidade, representa o grau de alteração da rocha, variando de 70 para os granitos sãos até 13 para os xistos extremamente alterados. Para uma referência indicativa de valores, realizaram um ensaio em um concreto não estrutural de 15 MPa de resistência que apresentou um índice esclerométrico de 45.

Tabela 6.6 - Índices esclerométricos médios encontrados em rochas com diferentes graus de alteração. Extraída de Fleury et al. (2012).

Rocha	Índices médios por área de ensaio	Média geral
Granito pouco alterado	61	61
Granito medianamente alterado	52	50
	48	
Granito muito alterado	23	23
Gnaisse muito alterado	19	19
	12	
Xisto extremamente alterado	12	13
	13	
Concreto não estrutural fck 15 MPa	45	45

Fonte:http://www.ibraop.org.br/enaop2012/docs/arquivos\_tecnicos/Proposta\_metodologia\_diferenciacao\_rochas\_duras\_brandas\_Gustavo\_Ferreira.pdf

É muito importante sempre observar as superfícies ásperas ou irregulares, pois a prática demonstra que podem fornecer resultados diversos do esperado. A norma ABNT NBR 7584 (ABNT, 1995) diz que o estado da superfície do material a ser ensaiado é a que mais acarreta variação dos resultados. O conveniente seria utilizar uma polidora para o desgaste da superfície, o que é inviável em análise em monumentos.

No Palácio, os ensaios iniciaram-se na área externa, nas bordas da rocha de revestimento com superfície lisa e polida (Figura 6.7), onde forneceram índices esclerométricos maiores que as superfícies serradas e irregulares (Figura 6.8). Tais resultados são normais, pois em superfícies irregulares e não polidas há perda de energia potencial elástica, consequentemente resultando em valores de esclerometria menores do que em superfícies regulares.

No revestimento da parede externa, em granito serrado, foi observado o menor índice esclerométrico, 30, equivalente ao granito muito alterado. Esse resultado não pode ser considerado correto, pois não apresenta a veracidade dos fatos, já que a rocha apresenta-se em boas condições de conservação, ratificando-se assim a necessidade de superfícies lisas para a execução deste tipo de ensaio.

Na área interna, os índices esclerométricos medidos nas superfícies polidas resultaram em índices superiores àqueles medidos em superfície polida

na área externa do Palácio. Tal fato pode ser explicado pela localização dos ensaios na área externa, que ocorreu na borda do bloco (Figura 6.7).

Na área interna ainda, o granito polido de revestimento apresentou índices esclerométricos médios de 47 a 48, porém sem nenhum sinal de alteração, o que não coaduna com os dados apresentados na Tabela 6.6.

O piso encerado apresenta um tipo de proteção, talvez cera ou verniz, que pode alterar o módulo de elasticidade, fazendo baixar o índice esclerométrico para 44, equivalente a um granito com intemperismo médio, porém, visualmente apresenta boas condições de conservação. Isto pode demonstrar que qualquer substância de proteção, principalmente ceras, vernizes ou resinas depositadas na superfície da rocha, podem fornecer resultados errôneos ou inesperado. Pode também estar relacionado com a espessura do piso e seu assentamento sobre a argamassa.

Os ensaios no Granito Rosa Itupeva foram comparados com outros ensaios realizados por Buyuksagis e Goktan (2006), Augusto (2009), Fleury et al. (2012), e Grossi (2013).

Nos ensaios de Buyuksagis e Goktan (op.cit.), feitos em laboratório com provetes, os autores encontraram a média resultante de 57,2, um granito entre medianamente alterado a pouco alterado, um pouco superior ao encontrado no Palácio.

Augusto (2009) encontrou diversas médias, pois foram feitos em 7 monumentos distintos com diferentes granitos. Verificou-se que as rochas polidas sempre apresentavam índices superiores que as não polidas, como pode ser observado na Tabela 6.2. No monumento *Fundadores de São Paulo*, em Granito Marrom São Paulo, a diferença é bem notada, variando das médias corrigidas 36,7 e 41,1 sem polimento, a 66,4 com polimento; o mesmo acontece no *Monumento às Bandeiras* em Granito Cinza Mauá, com média de 41,6 sem polimento e 61,6 com polimento. As rochas polidas estão acima das médias pesquisadas. As médias das rochas polidas demonstram granitos poucos alterados a quase sãos.

Verifica-se a escassez de superfícies lisas e limpas nos monumentos, o que seria desejável para a realização deste tipo de ensaio, pois superfícies rugosas e sujas mascaram os índices esclerométricos, tornando-os mais baixos e consequentemente resistência à compressão menor.

Por outro lado, monumentos constituídos por rochas muito alteradas poderiam ser marcados com pequenas impressões deixadas pelo esclerômetro, não permitindo assim o seu uso, pois se visa sempre à preservação do monumento.

O ensaio em granitos sãos realizado por Fleury et al. (2012) em laboratório apresentou valor médio de 56, entre o granito pouco alterado a medianamente alterado, valor também superior ao encontrados no Palácio.

Nos ensaios de Grossi (2013) com o Granito Itaquera fresco, os índices esclerométricos médios ficaram em torno de 50,2, entre o granito pouco alterado e medianamente alterado, um pouco acima dos encontrados no Palácio. Os ensaios foram feitos em laboratório com provete de granito fresco sem polimento com 4 superfícies (2 verticais e 2 horizontais) e 10 impactos em cada uma.

Verifica-se que os índices esclerométricos encontrados nos ensaios em laboratório são sempre superiores aos encontrados no campo, mesmo sem polimento.

A utilização do Martelo de Schmidt é um método útil para avaliações em campo, devido à sua portabilidade e rapidez de utilização, e principalmente por não provocar danos nos monumentos, tornando-se assim um método não destrutivo muito útil na análise do patrimônio. Verificou-se também que os índices esclerométricos fornecem informações sobre a dureza superficial da rocha se feitas em superfícies adequadas, permitindo correlacionar com outras propriedades da rocha, e avaliação do seu estado de conservação.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O Palácio da Justiça é a sede do Poder Judiciário Paulista. Projetado por Ramos de Azevedo, foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1981, sendo considerado um marco histórico paulista com valor arquitetônico e cultural. A sua frente está situada na Praça Clóvis Bevilaqua, defronte ao metrô Sé, e a sua parte posterior situa-se na Praça João Mendes.

Foi construído em estilo eclético, possuindo acabamentos luxuosos e bem ornamentados com murais, painéis, pinturas e vitrais. O estilo arquitetônico tem influência neorrenascentista, observado, sobretudo na fachada, nos gabinetes de magistrados e nas salas de tribunal, que dão ênfase a importância jurídico-arquitetônica do Palácio da Justiça de São Paulo.

As rochas ornamentais e de revestimento constituem um dos principais itens de acabamentos luxuosos do Palácio da Justiça, demonstrando toda a magnitude, ostentação e suntuosidade que ele representa.

Foi encontrada uma grande variedade de rochas ornamentais no Palácio, quase todas de procedência europeia, tais como, Mármore Vermelho Real Belga, Mármore Carrara Branco, Mármore Nero Marquina com Fósseis, Calcário Lioz, Mármore Vermelho Bidasoa, Mármore Giallo Verona, Mármore Calacatta Oro, Mármore Botticino e variados Calcários Fossilíferos. Destaca-se a rocha brasileira e paulista Granito Rosa Itupeva, que foi utilizada tanto interna como externamente ao Palácio.

As análises cromáticas feitas com espectrofotômetro no Palácio da Justiça foram determinantes para encontrar os parâmetros das 14 rochas analisadas, demonstrando que a colorimetria é importante para avaliação estética das rochas, bem como a homogeneidade ou heterogeneidade das cores, identificando a alteração da rocha pela cor, imperceptível aos nossos olhos. Esse método não destrutível permitiu avaliar as rochas no local, sem qualquer dano ao patrimônio. Os gráficos de refletância possibilitaram identificar a porcentagem de luz refletida da rocha em diferentes áreas, complementando os parâmetros cromáticos.

Para classificação da cor foram utilizados os espaços CIELab e CIELCh, cujos parâmetros foram obtidos com o espectrofotômetro, sendo eles: L\*

(luminosidade), a\* e b\* (coordenadas cromáticas), h° (ângulo de tonalidade), C\* (cromaticidade) e gráfico de refletância.

Foram realizadas em média 28 medições em cada rocha e algumas no mesmo tipo litológico com suas variações de cores, em granitos polido e serrado, entre outras que foram utilizadas em diferentes locais e usos, tais como: rodapés, pisos, revestimentos de paredes, degraus de escadas, corrimãos, bancadas, pedestais, colunas, totalizando 402 medidas.

A análise cromática das rochas analisadas indicou grande variação dos parâmetros L\* (27,7 a 78,7) e C\* (0,1 a 38,9).

O Mármore Carrara Branco apresentou o maior L\*; o Mármore Nero Marquina apresentou o menor C\* e a maior variação de L\*; o Mármore Giallo Verona apresentou o maior C\*; o Granito Rosa Itupeva polido apresentou a maior variação de C\*; o Mármore Vermelho Bidasoa apresentou a maior variação conjunta de L\* e C\*.

A análise dos gráficos de dispersão a\* e b\* apresentam quatro grupos com distinta variação cromática: rochas com baixa cromaticidade (Mármore Nero Marquina e Mármore Carrara Branco), rochas vermelhas e amarelas (Calcário Fossilífero Marrom e o Mármore Vermelho Real Belga), rochas mais vermelhas (Mármore Vermelho Bidasoa e Granito Rosa Itupeva) e rochas mais amarelas (Mármore Calacatta Oro, Calcário Lioz, Calcário Fossilífero Bege e Mármore Giallo Verona).

Nos ensaios esclerométricos, com utilização do Martelo de Schmidt, foram observadas incompatibilidades com os dados obtidos e o estado de conservação do Granito Rosa Itupeva, única rocha submetida a este ensaio, que apresentou variação nos resultados conforme a superfície de acabamento. Superfícies apicoadas não são adequadas para a realização deste ensaio, pois além de diminuir o índice esclerométrico, pode deixar marcas nas superfícies dos revestimentos. Esta sensibilidade do aparelho é importante na avaliação de alteração em rochas, porém não se adequa se a superfície não for suficientemente lisa para ensaios. Nas superfícies polidas os dados obtidos foram compatíveis com outros trabalhos da literatura realizados em granitos.

Existem várias normas para fazer o ensaio com o Martelo de Schmidt, por isso é determinante seguir as normas para aferir um resultado confiável, principalmente com relação à superfície a ser ensaiada. A norma brasileira

demanda que a superfície seja polida com uma politriz, porém, em monumentos, esta prática não pode ser aplicada.

Os resultados obtidos com os ensaios esclerométricos no Palácio foram os seguintes: na área externa, em granito serrado sem polimento, obteve-se índice esclerométrico médio 30, em granito serrado polido na borda 42 a 43; na área interna, em granito polido, 47 a 48, e em granito encerado 43.

O resultado em granito serrado sem polimento não condiz com a realidade, pois a rocha apresenta-se em boas condições de conservação, porém a superfície mostrava-se fora do padrão ideal para o ensaio. Os outros resultados demonstraram rochas medianamente alteradas, conforme a tabela comparativa, porém, também se apresentam em boas condições de conservação em observação visual.

Os métodos não destrutivos, quando bem executados, auxiliam como ferramentas na avaliação e conservação do patrimônio histórico.

Na conclusão final desse trabalho, não poderia ser deixado de comentar que, devido à diversidade de rochas ornamentais encontradas no Palácio, o local constitui-se adequado para a prática de geoturismo no centro da capital paulista, visando a divulgação das geociências através da visitação ao Palácio da Justiça.

Sugere-se, por fim, ao departamento de visitas monitoradas do Palácio, que tanto incentivaram esse trabalho, que as informações obtidas das rochas que foram identificadas nesta dissertação, sejam incorporadas ao livreto de visitação do Palácio, apresentando aos visitantes a grande diversidade pétrea ali existente, que se constitui em elementos da geodiversidade de valor inestimável.

## Referências

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1995, NBR 7584/95: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão, Rio de Janeiro, 9 p.
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003, NBR 15012: Rochas para Revestimentos de Edificações Terminologia, Rio de Janeiro, 10 p.
- ASTM America Society for Testing and Materials, 2000, D 5873-00: Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method, West Conshohocken (PA, EUA), 4 p.
- ASTM America Society for Testing and Materials, 2004, C119-04b: Standard Terminology Relating to Dimension Stone, ASTM International, West Conshohocken (PA, EUA), 7 p.
- Augusto, W.C.B., 2009, Caracterização geológica dos monumentos da cidade de São Paulo [Monografia de Trabalho de Formatura]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 41 p.
- Augusto, W.C.B., Del Lama, E.A., 2011, Roteiro geoturístico no centro da cidade de São Paulo: Terrae Didatica, v. 7, n. 1, p. 29-40.
- Ayday, C., Goktan, R.M., 1992, Correlations between L and N-type Schmidt hammer rebound values obtained during field-testing, *in* Hudson, J.A. (Ed.), ISRM Symposium on Rock Characterization, Chester, UK, pp. 47-50.
- Aydin, A., 2008, ISRM Suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 46, n. 3, p. 627-634.
- Aydin, A., Basu, A., 2005, The Schmidt hammer in rock material characterization: Engineering Geology, v. 81, p. 1-14.
- Baptista Neto, J.A., Smith, B.J., McAllister, J.J., Silva, M.A.M., Castanheira, F.S., 2006, Surface modification of a granite buildingstone in central Rio de Janeiro: Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 2, n. 78, p. 317-330.
- Basu, A., Aydin A., 2004, A method for normalization of Schmidt hammer rebound values: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 41, p. 1211-1214.
- Buyuksagis, I.S., Goktan, R.M., 2006, The effect of Schmidt hammer type on uniaxial compressive strength prediction of rock: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 44, p. 299-307.
- Cargill, J.S., Shakoor, A., 1990, Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 27, p. 495-503.
- Chiodi Filho, C., Rodrigues, E.P., 2009, Guia de aplicação de rochas em revestimentos: São Paulo, Abirochas, 118 p.
- Costa, A.G., 2009, Rochas e Histórias do Patrimônio Cultural do Brasil e de Minas: Rio de Janeiro, Bem-Te-Vi, 291 p.
- Del Lama, E.A., 2006, Geologia e herança cultural: Revista Brasileira de Geociências, v. 36, n. 2, p. 379-381.
- Del Lama, E.A., Szabó, G.A.J., Dehira, L.K., Kihara, Y., 2008, Impacto do intemperismo no arenito de revestimento do Teatro Municipal de São Paulo: Geologia USP, v. 8, n. 1, p. 75-86.
- Del Lama, E.A., Bacci, D.L.C., Martins, L., Garcia, M.G.M., Dehira, L.K., 2015, Urban Geotourism and the Old Centre of São Paulo City, Brazil: Geoheritage, v. 7, p. 147-164.

- Del Lama, E.A., Dehira, L.K., Grossi, D., Kuzmickas, L., 2016, The colour of the granite that built the city of São Paulo, Brazil: Color Research and Application, v. 41, n. 3, p. 241-245.
- Dib, P.P., 1998, Caracterização tecnológica e petrográfica do "Granito Rosa Itupeva" ao longo dos estágios de extração e beneficiamento [Monografia de Trabalho de Formatura]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 44 p.
- Evangelista, A.C.J., 2002, Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos [Tese de Doutorado]: Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 239 p.
- Fleury, S.V., Olkowski, G.F., Kurokawa, E., 2012, Proposta de metodologia para diferenciação de rochas duras e brandas em auditorias com o uso do esclerômetro silver Schmidt: Encontro Técnico Nacional de Auditoria de Obras Públicas ENAOP, Palmas, TO, 12 p.
- Fort, R., Mingarro, F., López de Azcona, M.C., Rodriguez Blanco, J., 2000, Chromatic parameters as indicators for stone cleaning techniques: Color Research and Application, v. 25, n. 6, p. 442-446.
- Frasca, M.H.B.O., 2003, Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 264 p.
- Frascá, M.H.B.O., 2014, Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas, *in* Tecnologia de Rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento: Rio de Janeiro, CETEM/MCTI, p. 44-98.
- Gimenez, A.M.S., 2012, Avaliação do comportamento de ondas ultrassônicas no Monumento às Bandeiras [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 73 p.
- Gimenez, A.M.S., Del Lama, E.A., 2014, Comportamento de ondas ultrassônicas no Granito Mauá para a conservação do Monumento às Bandeiras: Geologia USP, v. 14, n. 3, p. 47-60.
- Goktan, R.M., Ayday, C., 1993, A suggested improvement the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machinability: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 30, n. 3, p. 321-322.
- Grossi, D., 2013, Análise do estado de conservação do Monumento a Ramos de Azevedo com utilização de métodos não destrutivos [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 138 p.
- Grossi, D., Del Lama, E.A., Garcia-Talegon, J., Iñigo, A.C., Vicente-Tavera, S., 2015, Evaluation of colorimetric changes in the Itaquera Granite of the Ramos de Azevedo Monument, São Paulo, Brazil: International Journal of Conservation Science, v. 6, p. 313-322.
- Guerreiro, H.J.P., 2000, Exploração subterrânea de mármores Aspectos geotécnicos [Dissertação de Mestrado]: Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa, 193 p.
- IMESP Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007, Memória e Atualidade 1874 2007: São Paulo, IMESP, 198 p.
- IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2004, A cadeia Produtiva de Rochas Ornamentais para Revestimentos no Estado de São Paulo: São Paulo, IPT, CNPq, 191 p.

- ISRM International Society for Rock Mechanics, 1978, Suggested method for determination of the Schmidt rebound hardness, in Brown, E.T. (ed.), Rock characterization – Test and monitoring. ISRM Suggested methods. Londres, Pergamon Press, 1981, p.101-102.
- Janasi V.A., Vlach, S.R.F., Costa, C.N.M., Ulbrich, H.H.G.J., 2009, Associated A-type subalkaline and high-K Calc-alkaline granites in the Itu Granite Province, Southeastern Brazil: petrological and tectonic significance: Canadian Mineralogist, v. 47, p. 1505-1526.
- Kanke, R.A., 2013, Utilização do Granito Itaquera em obras históricas do centro da cidade de São Paulo [Monografia de Trabalho de Formatura]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 159 p.
- Katz, O., Reches, Z., Roegiers, J.C., 2000, Evaluation of mechanical rock properties using a Schmidt Hammer: International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, v. 37, p. 723-728.
- Kolaiti, E., Papadopoulos, Z., 1993, Evaluation of Schmidt rebound hammer testing: a critical approach, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, v. 48, p. 69-76.
- Kuzmickas, L., 2013, Estado de conservação dos monumentos pétreos do Cemitério da Consolação, São Paulo [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 149 p.
- Kuzmickas, L., Del Lama, E.A., 2014, Utilização de métodos não destrutivos no patrimônio histórico: estudo de caso da escultura O Sepultamento de Victor Brecheret: Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v. 4, n. 1, p. 9-22.
- Lassale, J.D. de, 2000, Identification des Marbres: Turin, editora, 303 p.
- Liccardo, A., Piekarz, G., Salamuni, E., 2008, Geoturismo em Curitiba: Curitiba, MINEROPAR, 122 p.
- Liccardo, A., Mantesso-Neto, V., Piekarz, G.F., 2012, Urban geotourism: education and culture: Anuário do Instituto de Geociências, v. 35, p. 133-141.
- Lima, C., Menezes, J.E., 2008, Propriedades índices e Classificação das Rochas: Textos de apoio da matéria Geologia de Engenharia ministrada na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto FEUP, Portugal. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap\_3\_GE.pdf.
- Livreto TJSP Serviço de Visitas Monitoradas no Palácio da Justiça, 2018, Guia de visitação, Diretoria de Relações Institucionais, 28 p.
- Lucas, J., Valldeperas, J., Hawkyard, C., Van Parys, M., Viallier, P., Carneiro, N., 1996, Colour measurement: fundamentals: Guimarães, Azurém edit., Eurotex.
- Machado, D.F.R., 2015, Análise das rochas da Catedral Metropolitana de São Paulo por métodos não destrutivos e o seu potencial para geologia eclesiástica [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 134 p.
- Mattos, I.C., 2002, Uso/adequação e aplicação de rochas ornamentais na construção civil parte 1: Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, 3°, Recife, PE, Anais, p. 209.
- Mello, I.S.C., Chiodi Filho, C., Chiodi, D.K., 2011, Atlas de rochas ornamentais da Amazônia brasileira: São Paulo, CPRM, 300 p.
- Mello, R.L.S., 2010, A criação do vitral brasileiro no ateliê Casa Conrado: Encontro da Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas

- (Anpap) "Entre Territórios", 19°, Cachoeira, BA. Disponível em www.anpap.org.br/anais/2010/pdf/cpcr/regina\_lara\_silveira\_mello.pdf
- Melo, L.S.C., 2008, Gestão ambiental de resíduos sólidos gerados em empresas de beneficiamento de rochas ornamentais em Belo Horizonte [Monografia de Especialização]: Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.
- Menezes, R.G.de, Larizzatti, J.H., 2005, Rochas ornamentais e de revestimento: conceitos, tipos e caracterização tecnológica. Curso de especialização em mármores e granitos. Módulo I Aperfeiçoamento Tecnológico, Disciplina I 01 Caracterização Tecnológica, Usos e aplicações. Disponível em: www.cprm.gov.br/publique/media/trab\_menezes.pdf.
- Nalini, J.R., 1989, Palácio da Justiça São Paulo: São Paulo, Assessoria de Comunicação e Marketing, Tribunal de Justiça de São Paulo, 86 p.
- Petter C.O., 2003, Princípios de Colorimetria (Apostila): Porto Alegre, PPGEM/UFRGS, 64 p.
- Philipp, R.P., Di Benedetti, V., 2007, Análise e avaliação da deterioração do revestimento de mármore da cúpula da catedral Metropolitana de Porto Alegre: Revista Brasileira de Geociências, v. 37, p. 650-659.
- Pinto, A.B.C., 2015, Geodiversidade e Patrimônio Geológico de Salvador: uma diretriz para a geoconservação e a educação em geociências [Tese de Doutoramento]: Salvador, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 228 p.
- Price, M.T., 2007, Decorative Stone: London, Thomas and Hudson Ltd., 290 p.
- Prieto, B., Sanmartín, P., Silva, B., Martínez-Verdú, F., 2010, Measuring the Color of Granite Rocks: A Proposed Procedure: Color and Research Application, v. 35, n. 5, p. 368-375.
- Reys, A.C.dos, Del Lama, E.A., Dehira, L.K., 2008, Monumentos da cidade de São Paulo: formas de alteração e conservação: Revista CPC (Centro de Preservação Cultural-USP), n. 5, p. 93-122.
- Rodrigues, N.M., 2012, Ensaios não destrutivos em monumentos pétreos paulistanos [Monografia de Trabalho de Formatura]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 75 p.
- Silva, M.E., Roeser, H.M.P., 2003, Mapeamento de deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto: Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 4, p. 331-338.
- Stern, A.G., Riccomini, C., Fambrini, G.L., Chamani, M.A.C., 2006, Roteiro geológico pelos edifícios e monumentos históricos do centro da cidade de São Paulo: Revista Brasileira de Geociências, v. 36, n. 4, p. 704-711.
- TASI Technical Advisory Service for Images, 2004, An Overview of Color Management. Disponível em: http://www.ariadne.ac.uk/issue18/tasi.
- Teixeira R.B., Silva, V.F.da, Barroso, E.V., 2008, O Martelo de Schmidt como ferramenta de avaliação da degradação de rochas de cantaria em prédios históricos: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12°, Local, Anais, CD-ROM.
- Teixeira, W., Toledo, M.C.M., Fairchild, T., Taioli, F., 2009, Decifrando a Terra: São Paulo, Companhia Editora Nacional, 623 p.
- Tornquist, J., 2008, Color y luz.: Teoría y práctica: Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 320 p.
- Vallejo, G.de, Ferrer, M., Ortuňo, L., Oteo, C., 2002, Ingeniería geológica: Madrid, Prentice Hall, 715 p.

## **APÊNDICE**

Tabelas dos parâmetros cromáticos

Tabela 5.2 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Vermelho Real Belga.

Rocha 1	L*	a*	b*	C*	h°
1	42,4	1,9	8,4	8,6	77,1
2	43,1	4,6	10,7	11,6	66,6
3	54,7	3,6	14,2	14,6	75,8
4	37,6	6,6	9,8	11,8	55,8
5	46,5	4,1	11,4	12,1	70,0
6	45,3	4,2	15,3	15,9	74,6
7	45,9	4,0	9,2	10,0	66,4
8	44,7	2,5	6,9	7,3	70,2
9	44,6	2,6	7,2	7,7	69,9
10	41,9	4,2	8,7	9,6	64,1
11	41,2	5,3	9,6	10,9	61,2
12	48,8	3,1	12,7	13,1	76,1
13	38,7	6,4	11,1	12,8	59,9
14	49,5	1,4	8,8	8,9	80,9
15	42,5	2,1	7,4	7,7	74,1
16	41,6	5,0	6,6	8,2	52,8
17	40,9	3,5	8,2	9,0	66,8
18	41,6	6,8	11,3	13,2	58,9
19	39,4	1,4	6,7	6,8	77,8
20	44,1	1,6	8,3	8,5	79,4
21	47,1	4,2	12,6	13,3	71,5
22	37,9	5,2	10,4	11,6	63,5
23	41,2	6,8	12,9	14,6	62,1
24	38,0	5,1	9,0	10,4	60,3
25	38,1	5,7	9,1	10,7	58,2
26	40,3	6,0	10,2	11,9	59,7
27	44,0	4,8	10,6	11,6	65,4
28	48,9	3,7	13,5	14,1	74,5
MÉDIA	43,2	4,2	10,0	10,9	67,6
MÍNIMO	37,6	1,4	6,6	6,8	52,8
MÁXIMO	54,7	6,8	15,3	15,9	80,9

Tabela 5.3 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Nero Marquina com fósseis.

Rocha 2	L*	a*	b*	C*	h°
1	39,1	-0,1	-0,1	0,1	220,5
2	54,4	0,1	4,0	4,0	88,2
3	39,2	-0,2	0,2	0,2	135,0
4	44,7	-0,4	-0,2	0,4	210,6
5	39,6	0,0	0,7	0,7	90,0
6	55,6	0,1	3,6	3,6	89,0
7	41,2	-0,2	-0,3	0,3	237,8
8	43,9	-0,1	1,3	1,3	94,0
9	41,7	0,2	1,0	1,0	80,8
10	42,7	-0,1	0,5	0,5	102,8
11	42,3	-0,2	0,2	0,3	140,6
12	41,8	-0,3	-0,2	0,3	220,6
13	37,6	-0,1	0,1	0,1	123,8
14	44,7	0,0	2,5	2,5	89,1
15	63,1	0,5	6,3	6,3	85,1
16					
17	37,4	0,1	1,0 1,0	1,0	87,0
	42,6	0,0		1,0	87,0
18	46,6	0,1	2,4	2,4	88,6
19	47,0	-0,2	0,3	0,4	115,0
20	46,2	-0,1	0,6	0,6	103,1
21	46,2	-0,1	0,0	0,1	178,4
22	43,8	0,0	2,4	2,4	91,1
23	37,9	-0,2	0,9	0,9	99,8
24	39,6	0,2	1,7	1,8	83,8
25	33,6	0,4	1,8	1,9	78,0
26	39,6	0,1	2,5	2,5	87,8
27	41,2	0,1	1,2	1,2	85,9
28	43,5	-0,1	0,8	0,8	96,9
29	44,0	-0,1	0,8	0,8	99,3
30	44,0	-0,1	0,2	0,2	110,6
31	42,8	-0,2	0,0	0,2	176,4
32	49,1	0,0	2,3	2,3	89,4
33	39,8	-0,2	0,6	0,7	109,5
34	36,1	-0,2	0,1	0,2	164,8
35	51,1	0,2	2,9	2,9	85,6
36	46,8	0,0	1,7	1,7	88,4
37	40,1	-0,1	0,4	0,4	105,8
38	37,0	0,0	0,6	0,6	88,7
Média	43,4	-0,1	1,2	1,3	116,0
Mínimo	33,6	-0,4	-0,3	0,1	78
Máximo	63,1	0,5	6,3	6,3	237,8

Tabela 5.4 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Nero Marquina com fósseis.

Rocha 3	L*	a*	b*	C*	h°
1	31,7	0,6	2,8	2,9	78,3
2	40,4	0,7	1,3	1,5	60,6
3	37,5	0,3	0,3	0,5	45,9
4	40,0	0,5	0,8	0,9	57,9
5	34,7	0,4	0,9	1,0	63,9
6	39,2	0,4	2,7	2,7	82,2
7	32,7	0,5	1,3	1,4	68,1
8	35,2	0,1	0,4	0,4	282,2
9	47,9	0,1	0,3	0,3	290,6
10	44,5	0,1	0,1	0,1	325,1
11	34,0	0,3	0,6	0,6	61,7
12	29,3	1,0	3,0	3,1	71,9
13	28,2	0,6	1,9	2,0	71,2
14	46,9	0,2	1,7	1,7	84,6
15	30,7	0,2	0,1	0,2	32,0
16	46,5	0,3	2,5	2,5	82,3
17	49,6	0,1	0,9	0,9	86,4
18	37,6	0,6	2,0	2,1	72,2
19	38,0	0,2	0,9	0,9	79,4
20	29,4	0,8	2,4	2,5	72,8
21	65,2	0,0	2,2	2,2	88,8
22	65,2	0,1	2,3	2,3	88,2
23	33,5	0,6	1,3	1,5	65,0
24	39,9	0,5	1,4	1,5	70,9
25	58,6	0,0	0,6	0,6	92,7
26	35,4	0,8	2,3	2,4	70,8
27	32,8	0,7	1,9	2,0	70,4
28	27,7	0,5	1,4	1,4	70,5
Média	39,7	0,4	1,4	1,5	95,6
Mínimo	27,7	0	0,1	0,1	32
Máximo	65,2	1	3	3,1	325,1

Tabela 5.5 - Rodapé.

Rocha 2	L*	a*	b*	C*	h°
Média	43,4	-0,1	1,2	1,3	116,0
Mínimo	33,6	-0,4	-0,3	0,1	78
Máximo	63,1	0,5	6,33	6,3	237,8

Tabela 5.6 - Piso.

Rocha 3	L*	a*	b*	C*	h°
Média	39,7	0,4	1.4	1,5	95,6
Mínimo	27,7	0	0,1	0,1	32
Máximo	65,2	1	3	3,1	325,1

Tabela 5.7 - Parâmetros cromáticos para o Calcário Fossilífero.

Rocha 4	L*	a*	b*	C*	h°
1	60,6	4,4	11,1	11,9	68,3
2	58,4	5,1	11,1	12,2	65,4
3	65,4	3,0	13,0	13,3	77,1
4	59,3	4,2	10,6	11,3	68,4
5	61,5	4,3	11,3	12,0	69,3
6	61,5	4,2	10,5	11,3	68,4
7	64,0	3,7	11,0	11,6	71,4
8	60,4	4,1	11,6	12,3	70,4
9	62,1	3,5	10,4	11,0	71,3
10	60,6	4,6	10,7	11,7	66,6
11	59,1	4,7	12,2	13,1	68,7
12	60,1	4,7	11,0	12,0	66,7
13	59,0	4,2	11,3	12,0	69,7
14	63,8	3,9	13,5	14,1	74,0
15	64,2	3,5	13,0	13,4	74,9
16	65,4	3,7	11,9	12,5	72,7
17	58,0	5,0	10,7	11,8	64,9
18	60,5	3,9	10,3	11,1	69,2
19	59,1	4,5	10,3	11,3	66,7
20	57,1	4,6	10,7	11,6	66,5
21	59,2	3,9	11,5	12,1	71,1
22	61,6	4,5	11,6	12,4	68,7
23	56,8	4,8	12,5	13,4	69,0
24	67,8	2,6	13,6	13,8	79,2
25	61,6	3,7	11,8	12,4	72,5
26	61,6	4,0	10,4	11,2	69,0
27	60,1	4,2	10,8	11,6	68,6
28	63,2	3,8	12,3	12,9	72,7
Média	61,1	4,1	11,5	12,2	70,1
Mínimo	56,8	2,6	10,3	11	64,9
Máximo	67,8	5,1	13,6	14,1	79,2

Tabela 5.8 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Carrara Branco.

Rocha 5	L*	a*	b*	C*	h°
1	76,3	-0,4	2,6	2,6	99,5
2	77,5	-0,3	3,0	3,0	95,8
3	77,7	-0,5	2,6	2,6	100,7
4	76,8	-0,4	2,0	2,0	101,2
5	76,5	-0,3	2,2	2,2	98,7
6	78,3	-0,4	2,6	2,6	97,9
7	77,2	-0,3	3,0	3,0	96,0
8	77,1	-0,3	3,0	3,0	94,9
9	77,3	-0,4	2,4	2,4	100,2
10	77,5	-0,4	2,8	2,9	98,4
11	78,0	-0,5	2,3	2,3	101,8
12	78,1	-0,5	2,2	2,2	103,4
13	77,4	-0,4	2,9	2,9	98,0
14	78,7	-0,3	2,4	2,4	98,0
15	75,6	-0,3	3,1	3,1	95,3
16	77,4	-0,3	3,4	3,4	94,7
17	76,7	-0,3	3,6	3,6	95,0
18	76,4	-0,4	2,7	2,8	98,4
19	76,8	-0,4	2,7	2,8	98,4
20	77,8	-0,4	3,1	3,1	97,8
21	76,5	-0,3	2,4	2,4	96,5
22	77,6	-0,3	3,2	3,3	95,2
23	78,7	-0,3	3,3	3,3	95,5
24	76,9	-0,3	3,8	3,9	93,9
25	76,0	-0,3	3,3	3,3	95,2
26	75,7	-0,3	3,8	3,8	93,8
27	75,3	-0,3	2,8	2,9	96,0
28	73,5	-0,3	2,8	2,8	95,7
Média	77,0	-0,4	2,9	2,9	97,4
Mínimo	73,5	-0,5	2,0	2,0	93,8
Máximo	78,7	-0,3	3,8	3,9	103,4

Tabela 5.9 - Parâmetros cromáticos para o Calcário Lioz.

Rocha 6	L*	a*	b*	C*	h°
1	68,5	2,8	15,4	15,6	79,7
2	66,0	3,6	17,3	17,7	78,4
3	63,3	4,1	16,8	17,3	76,2
4	65,9	3,7	17,1	17,5	78,0
5	69,7	3,7	16,0	16,5	76,9
6	69,3	3,2	17,7	18,0	79,7
7	69,3	3,4	17,1	17,4	78,7
8	70,9	2,9	17,5	17,8	80,5
9	66,4	3,8	16,7	17,2	77,2
10	66,7	4,0	18,7	19,1	78,0
11	68,1	2,9	15,1	15,3	79,1
12	69,3	2,6	14,8	15,0	79,9
13	68,5	2,5	14,6	14,8	80,1
14	70,3	2,7	17,1	17,3	81,1
15	66,7	3,9	17,1	17,5	77,1
16	65,8	3,0	14,7	15,0	78,5
17	67,3	3,4	16,0	16,4	77,8
18	69,4	3,1	16,9	17,2	79,7
19	65,8	3,1	17,1	17,4	79,6
20	62,3	4,3	16,0	16,5	74,9
21	68,2	3,5	15,9	16,3	77,5
22	68,3	4,0	18,6	19,0	77,9
23	70,3	3,7	15,4	15,8	76,5
24	64,7	3,2	15,1	15,4	78,0
25	63,1	3,9	15,9	16,3	76,2
26	66,7	4,7	19,0	19,6	76,2
27	68,4	4,1	16,7	17,2	76,1
28	66,7	2,9	16,7	17,0	80,1
Média	67,4	3,5	16,5	16,9	78,2
Mínimo	62,3	2,5	14,6	14,8	74,9
Máximo	70,9	4,7	19	19,6	81,1
				•	

Tabela 5.10 - Parâmetros cromáticos para o Calcário Fossilífero.

Rocha 7	L*	a*	b*	C*	h°
1	69,6	3,8	20,1	20,5	79,3
2	70,9	4,1	20,4	20,8	78,6
3	70,7	3,0	18,0	18,3	80,6
4	71,5	3,2	18,2	18,4	80,1
5	68,8	4,0	21,3	21,7	79,3
6	72,6	3,1	19,2	19,4	80,8
7	68,6	3,4	18,6	18,9	79,7
8	67,5	3,4	19,3	19,6	80,2
9	68,3	2,9	18,6	18,9	81,1
10	67,7	3,7	19,3	19,7	79,0
11	70,8	3,4	19,5	19,8	80,1
12	70,0	3,4	18,7	19,0	79,8
13	73,6	3,9	20,1	20,4	79,0
14	68,7	3,5	20,4	20,7	80,4
15	71,1	2,6	16,3	16,5	80,8
16	69,1	3,0	18,6	18,8	80,8
17	71,4	2,6	17,8	18,0	81,5
18	69,0	3,5	17,5	17,8	78,7
19	69,4	3,1	19,0	19,2	80,6
20	68,8	3,0	18,2	18,5	80,6
21	70,5	2,8	16,9	17,1	80,4
22	73,5	2,8	17,2	17,5	80,7
23	71,1	3,4	19,7	20,0	80,2
24	71,8	2,8	17,4	17,6	80,9
25	70,6	3,2	18,4	18,6	80,2
26	67,8	4,1	19,9	20,3	78,4
27	69,2	2,9	16,2	16,5	79,9
28	67,5	3,7	20,4	20,8	79,6
Média	70,0	3,3	18,3	19,0	80,0
Mínimo	67,5	2,6	16,2	16,5	78,4
Máximo	73,6	4,1	21,3	21,7	81,5

Tabela 5.11 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Vermelho Bidasoa.

Rocha 8	L*	a*	b*	C*	h°
1	43,3	8,5	13,2	15,7	57,1
2	46,0	6,8	12,2	14,0	60,9
3	52,7	5,7	10,5	11,9	61,5
4	44,8	8,6	13,5	16,0	57,4
5	38,7	10,1	11,8	15,5	49,5
6	38,2	11,8	13,3	17,8	48,4
7	36,3	11,4	11,7	16,4	45,8
8	43,4	7,9	11,8	14,2	56,1
9	47,7	5,3	10,1	11,4	62,4
10	45,5	9,0	13,2	16,0	55,6
11	41,7	11,0	13,8	17,6	51,6
12	41,0	10,8	13,7	17,4	51,8
13	38,1	11,2	11,6	16,1	45,8
14	45,0	11,0	15,7	19,1	54,9
15	45,0	9,6	13,3	16,4	54,3
16	45,5	9,3	13,2	16,2	54,8
17	45,0	8,5	13,4	15,9	57,5
18	45,0	8,1	13,0	15,3	58,1
19	35,8	11,8	12,7	17,3	47,0
20	42,5	8,8	13,0	15,7	56,0
21	33,7	9,6	10,6	14,3	47,9
22	44,2	10,4	14,7	18,0	54,9
23	44,3	7,7	12,4	14,6	58,0
24	47,0	3,4	7,6	8,3	65,8
25	45,0	6,5	11,4	13,2	60,4
26	37,4	12,0	12,9	17,6	47,2
27	46,8	8,9	13,8	16,4	57,3
28	45,4	5,2	10,2	11,5	62,9
Média	43,0	8,9	12,4	15,4	55,0
Mínimo	33,7	3,4	7,6	8,3	45,8
Máximo	52,7	12,0	15,7	19,1	65,8

Tabela 5.12 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Vermelho Bidasoa.

Rocha 9	L*	a*	b*	C*	h°
1	47,7	5,2	11,2	12,4	65,1
2	47,9	3,6	9,5	10,1	69,4
3	48,0	7,7	11,2	13,6	55,3
4	47,8	8,6	14,9	17,2	59,9
5	41,3	12,8	15,4	20,1	50,3
6	50,2	3,6	7,6	8,4	64,6
7	42,4	10,8	13,8	17,5	52,0
8	39,3	12,3	13,2	18,1	47,1
9	38,0	12,0	12,7	17,5	46,6
10	46,0	9,9	13,6	16,8	53,8
11	50,6	7,0	12,2	14,1	60,1
12	51,3	5,8	11,4	12,8	63,0
13	59,4	0,9	6,6	6,7	81,9
14	47,1	6,4	12,3	13,9	62,3
15	48,9	1,5	6,3	6,5	76,3
16	44,4	11,8	14,3	18,5	50,4
17	46,0	7,3	11,4	13,5	57,3
18	42,3	10,1	12,7	16,2	51,7
19	42,1	9,4	12,4	15,6	52,7
20	42,0	10,2	11,4	15,3	48,1
21	45,4	8,0	11,6	14,1	55,4
22	45,4	7,7	10,4	12,9	53,4
23	46,0	7,5	12,9	14,9	59,9
24	41,3	7,0	11,2	13,2	58,1
25	64,9	2,1	7,0	7,3	73,2
26	45,8	7,1	11,9	13,9	59,1
27	47,0	6,5	9,5	11,5	55,4
28	54,8	1,3	6,5	6,6	78,8
Média	46,9	7,3	11,3	13,5	59,3
Mínimo	38	0,9	6,3	6,5	46,6
Máximo	64,9	12,8	15,4	20,1	81,9

Tabela 5.13 - Comparativo entre os parâmetros cromáticos para o Mármore Vermelho Bidasoa - P1 - Piso heterogêneo.

Rocha 8	L*1	a*1	b*1	C*1	h°1
Média	43,0	8,9	12,4	15,4	55,0
Mínimo	33,7	3,4	7,6	8,3	45,8
Máximo	52,7	12	15,7	19,1	65,8

Tabela 5.14 - Comparativo entre os parâmetros cromáticos para o Mármore Vermelho Bidasoa - P1 - Piso mais heterogêneo.

Rocha 9	L*2	a*2	b*2	C*2	h°2
Média	46,9	7,3	11,3	13,5	59,3
Mínimo	38	0,9	6,3	6,5	46,6
Máximo	64,9	12,8	15,4	20,1	81,9

Tabela 5.15 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Calacatta Oro.

Rocha 10	L*	a*	b*	C*	h°
1	67,8	0,8	7,8	7,8	84,1
2	71,0	0,2	8,5	8,5	89,0
3	68,3	0,6	9,3	9,3	86,1
4	66,2	1,6	11,0	11,1	81,9
5	69,0	0,5	9,9	9,9	87,1
6	71,5	0,2	6,6	6,6	88,0
7	70,1	0,6	9,4	9,4	86,4
8	72,9	-0,1	7,1	7,1	90,7
9	72,4	-0,1	6,6	6,6	90,6
10	68,2	0,6	10,8	10,9	86,7
11	67,7	0,9	10,5	10,5	84,9
12	63,6	0,7	9,8	9,8	85,8
13	69,5	0,3	6,6	6,6	87,7
14	71,1	0,2	7,3	7,3	88,2
15	71,3	0,3	6,5	6,5	87,5
16	65,7	1,5	10,3	10,4	81,9
17	67,5	0,7	9,9	9,9	86,1
18	66,8	0,9	11,1	11,1	85,4
19	68,7	0,1	7,2	7,2	88,9
20	67,3	0,5	7,5	7,5	86,6
21	68,1	0,0	7,1	7,1	90,4
22	67,4	1,2	11,0	11,1	83,8
23	72,2	0,6	7,8	7,8	85,7
24	71,0	0,4	8,0	8,0	86,9
25	70,1	0,5	7,9	7,9	86,3
26	67,6	0,8	10,0	10,0	85,2
27	66,8	0,7	9,5	9,5	85,6
28	70,2	0,2	6,8	6,8	88,6
Média	68,9	0,6	8,6	8,7	86,6
Mínimo	63,6	-0,1	6,5	6,5	81,9
Máximo	72,9	1,6	11,1	11,1	90,7

Tabela 5.16 - Parâmetros cromáticos para o Mármore Giallo Verona.

Rocha 11	L*	a*	b*	C*	h°
1	50,5	10,3	30,1	31,8	71,0
2	49,0	12,0	33,7	35,8	70,5
3	50,7	11,8	33,2	35,2	70,5
4	53,2	8,2	29,3	30,5	74,3
5	50,1	11,0	30,9	32,8	70,3
6	48,0	11,9	33,1	35,2	70,1
7	50,3	11,2	30,9	32,9	70,1
8	50,0	13,0	35,5	37,8	69,9
9	51,5	11,4	33,0	34,9	70,9
10	57,7	6,4	26,7	27,5	76,5
11	49,9	9,9	30,7	32,3	72,2
12	51,5	11,3	32,1	34,0	70,6
13	51,7	11,5	31,5	33,5	69,9
14	48,5	12,9	34,3	36,6	69,4
15	50,0	10,7	30,4	32,2	70,7
16	46,7	13,0	31,3	33,9	67,5
17	51,4	10,7	32,0	33,8	71,5
18	50,4	6,9	25,6	26,5	74,9
19	47,9	12,5	32,8	35,1	69,2
20	51,7	13,2	36,6	38,9	70,2
21	49,3	10,1	29,6	31,3	71,2
22	53,3	12,8	35,4	37,7	70,1
23	49,1	12,5	32,0	34,3	68,7
24	48,8	14,3	36,0	38,8	68,3
25	51,9	10,9	31,5	33,3	70,8
26	51,0	11,6	31,0	33,1	69,5
27	49,3	10,7	29,9	31,8	70,3
28	49,7	12,5	33,3	35,6	69,5
Média	50,5	11,3	31,9	33,9	70,7
Mínimo	46,7	6,4	25,6	26,5	67,5
Máximo	57,7	14,3	36,6	38,9	76,5

Tabela 5.17 - Parâmetros cromáticos para o Granito Rosa Itupeva Polido.

Rocha 12	L*	a*	b*	C*	h°
1	35,3	15,4	20,7	25,8	53,3
2	41,7	15,8	21,0	26,3	53,0
3	37,4	12,2	17,4	21,3	55,1
4	38,4	14,0	19,0	23,6	53,5
5	37,2	7,2	13,1	14,9	61,2
6	36,8	15,1	20,6	25,5	53,8
7	39,5	9,1	13,9	16,6	56,8
8	42,4	10,2	14,9	18,0	55,7
9	45,2	10,4	16,0	19,1	56,9
10	41,9	14,3	19,8	24,4	54,1
11	39,9	16,8	21,8	27,6	52,5
12	42,9	10,9	16,2	19,5	55,9
13	42,4	14,0	19,9	24,4	54,8
14	40,0	7,9	12,7	14,9	58,2
15	38,1	9,9	15,6	18,5	57,5
16	43,0	7,9	13,5	15,7	59,7
17	39,1	11,3	17,4	20,7	57,1
18	40,3	11,3	17,4	20,7	57,0
19	37,3	16,3	21,2	26,7	52,4
20	38,4	15,8	20,7	26,0	52,7
21	40,6	8,9	13,6	16,2	56,8
22	43,3	14,6	19,3	24,2	52,9
23	38,5	10,5	13,8	17,3	52,8
24	42,9	15,4	20,7	25,8	53,4
25	42,8	11,7	16,0	19,8	53,9
26	43,5	10,4	16,1	19,2	57,1
27	42,6	10,5	17,3	20,2	58,8
28	39,5	7,7	13,7	15,7	60,7
Média	40,4	12,0	17,3	21,0	55,6
Mínimo	35,3	7,2	12,7	14,9	52,4
Máximo	45,2	16,8	21,8	27,6	61,2

Tabela 5.18 - Parâmetros cromáticos para o Piso Granito Rosa Itupeva encerado.

Rocha 13	L*	a*	b*	C*	h°
1	30,4	9,6	15,7	18,4	58,5
2	26,4	5,2	10,9	12,1	64,4
3	30,6	13,5	17,0	21,7	51,4
4	31,0	8,7	13,9	16,4	58,0
5	28,6	8,3	12,6	15,1	56,7
6	30,0	7,3	13,1	15,0	61,1
7	31,3	9,6	13,3	16,4	54,2
8	28,8	6,9	10,1	12,2	55,6
9	29,8	9,6	12,2	15,5	51,8
10	32,6	13,3	15,3	20,2	49,1
11	31,7	10,7	13,5	17,2	51,5
12	30,0	10,1	13,5	16,9	53,1
13	32,3	12,0	14,5	18,8	50,4
14	34,1	7,4	11,1	13,3	56,1
15	32,1	11,0	13,9	17,8	51,6
16	32,1	8,6	11,3	14,2	52,9
17	33,3	11,4	13,1	17,4	49,0
18	33,1	8,6	11,6	14,5	53,4
19	32,7	8,1	11,7	14,3	55,2
20	35,4	8,5	11,2	14,0	52,8
21	33,5	8,6	12,3	15,0	55,1
22	31,1	7,6	11,2	13,6	55,7
23	30,8	5,8	8,8	10,5	56,4
24	30,4	11,1	13,5	17,5	50,7
25	29,5	8,9	11,9	14,9	53,0
26	33,9	7,2	10,2	12,5	55,0
27	31,9	4,9	9,4	10,6	62,2
28	29,0	9,7	15,0	17,9	57,2
Média	31,3	9,0	12,6	15,5	54,7
Mínimo	26,4	4,9	8,8	10,5	49,0
Máximo	35,4	13,5	17	21,7	64,4

Tabela 5.19 - Parâmetros cromáticos para o Granito Rosa Itupeva sem polimento.

Rocha 14	L*	a*	b*	C*	h°
1	62,4	9,8	14,4	17,4	55,6
2	65,3	5,4	9,3	10,8	59,9
3	62,6	5,1	8,8	10,2	59,9
4	61,3	9,4	13,3	16,3	54,6
5	63,2	6,9	12,1	13,9	60,3
6	66,7	6,3	10,7	12,4	59,6
7	56,4	8,2	12,2	14,7	56,2
8	65,0	7,0	11,2	13,2	58,1
9	66,9	5,4	10,4	11,7	62,6
10	64,6	4,7	9,2	10,3	62,7
11	66,9	5,0	9,1	10,4	61,4
12	63,9	7,8	13,4	15,5	59,9
13	66,0	7,8	12,4	14,7	57,7
14	59,6	7,8	13,6	15,7	60,0
15	57,0	11,0	14,7	18,4	53,3
16	61,1	9,2	14,1	16,8	57,1
17	60,6	8,5	14,4	16,7	59,4
18	58,3	10,7	15,3	18,6	55,1
19	62,1	7,2	12,4	14,4	59,8
20	60,4	5,7	9,7	11,2	59,4
21	60,6	4,9	9,9	11,0	63,8
22	55,8	8,6	13,7	16,2	57,8
23	65,3	3,8	8,1	9,0	64,8
24	55,0	6,7	12,2	13,9	61,1
25	56,0	7,0	11,5	13,5	58,6
26	60,5	4,2	9,5	10,4	66,2
27	65,4	7,9	12,4	14,7	57,4
28	64,3	8,0	12,6	14,9	57,7
Média	61,9	7,1	11,8	13,8	59,3
Mínimo	55	3,8	8,1	9,0	53,3
Máximo	66,9	11	15,3	18,6	66,2

Tabela 5.20 - Coluna polida.

Rocha 12	L*	a*	b*	C*1	h°
Média	40,4	12,0	17,3	21,0	55,6
Mínimo	35,3	7,2	12,7	14,9	52,4
Máximo	45,2	16,8	21,8	27,6	61,2

Tabela 5.21 - Piso encerado.

Rocha 13	L*	a*	b*	C*	h°
Média	31,3	9,0	12,6	15,5	54,7
Mínimo	26,4	4,9	8,8	10,5	49
Máximo	35,4	13,5	17	21,7	64,4

Tabela 5.22 - Coluna sem polimento.

Rocha 14	L*	a*	b*	C*	h°
Média	61,9	7,1	11,8	13,8	59,3
Mínimo	55	3,8	8,1	9,0	53,3
Máximo	66,9	11	15,3	18,6	66,2