

Série

Rochas e Minerais Industriais

Caracterização tecnológica do lioz da fachada do real gabinete português de leitura do Rio de Janeiro

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Márcia Braga

Luanna Cavalcanti Rebecchi de Moura

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Caracterização tecnológica do lioz da fachada do real gabinete português de leitura do Rio de Janeiro

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Michel Miguel Elias Temer Lulia

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

Gilberto Kassab

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário Executivo

Gustavo Zarif Frayha

Diretor de Gestão das Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

Isabela Sbampato Batista Reis de Paula

Coordenadora-Geral das Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Fernando Antonio Freitas Lins

Diretor

Durval Costa Reis

Coordenador de Administração - COADM

Robson de Araújo D'Ávila

Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Claudio Luiz Schneider

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador do Núcleo Regional do Espírito Santo - CONES

José Antônio Pires de Mello

Coordenador de Análises Minerais – COAMI

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN 978-85-8261-093-0

SRMI - 24

Caracterização tecnológica do lioz da fachada do real gabinete português de leitura do Rio de Janeiro

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Eng. Químico e Licenciado em Química pela UERJ, M.Sc. e D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da UFRJ. Pesquisador do CETEM/MCTIC

Márcia Braga

Arquiteta e Urbanista, M.Sc. em Conservação do Patrimônio Arquitetônico pela UFRJ

Luanna Cavalcanti Rebecchi de Moura

Geóloga, bolsista de mestrado pela COPPE/UFRJ

CETEM/MCTIC

2018

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Silvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Adão Benvindo da Luz (CETEM), Francisco Wilson Hollanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Arthur Pinto Chaves (USP), Luis Lopes (Universidade de Evora), Carlos Adolpho Magalhães Baltar (UFPE), Marsis Cabral Junior (IPT), José Yvan P. Leite (IFRN) e Renato Ciminelli (Consultor).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos na área minerometalúrgica, com ênfase na aplicação de minerais industriais e de rochas ornamentais. Tem como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes de projetos desenvolvidos no CETEM e em parceria com outras instituições de PD&I.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Valéria Cristina de Souza

Coordenação Editorial e Editoração Eletrônica

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Revisão

Ana Maria Silva Vieira de Sá

CRB7 3982

Catálogo na Fonte

Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição

Caracterização tecnológica do lioz da fachada do real gabinete português de leitura do Rio de Janeiro / Roberto Carlos da C. Ribeiro [et al.]. — Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

54p.: il. (Série Rochas e Minerais Industriais, 24)

1. Alterabilidade de rochas. 2. Lioz. 3. Rochas ornamentais. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Moura, Luanna Cavalcanti Rebecchi de. III. Braga, Márcia. V. Título. IV. Série.

CDD – 553.51

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Real Gabinete Português de Leitura	11
3.2 O Lioz	17
3.3 Alterações em Rochas	19
3.4 Preservação dos Monumentos Tombados	20
4 METODOLOGIA	22
4.1 Amostragem	22
4.2 Avaliação Petrográfica	23
4.3 Determinação de Porosidade e Absorção de Água	23
4.4 Caracterização Química e Mineralógica	24
4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV	26
4.6 Determinação da Dureza	26
4.7 Coleta de Sais e Sujidades	27
4.8 Determinação de Cor e Brilho	28
4.9 Avaliação do Traço da Argamassa	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5.1 Alterações Observadas	31
5.2 Avaliação Petrográfica	35

5.3 Análise Mineralógica	37
5.4 Microfluorescência de Raios-X	39
5.5 Microscopia de Varredura Eletrônica - MEV	39
5.6 Análise Química	41
5.7 Determinação de Porosidade e Absorção de Água	42
5.8 Determinação de Cor e Brilho	42
5.9 Dureza das Rochas	44
5.10 Água de Lavagem	44
5.11 Análise Mineralógica dos Pós Recolhidos (sujidades)	46
6 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

RESUMO

O lioz é um tipo de calcário português que ocorre na região de Lisboa e seus arredores. Muito utilizado em Portugal como rocha ornamental, continua a ser exportado além-fronteiras. Foi trazido ao Brasil como lastro de navios e teve grande utilização na construção de elementos estruturais e arquitetônicos como, por exemplo, o Real Gabinete Português de Leitura do Rio de Janeiro. Submetido à ação dos agentes intempéricos ao longo dos anos, o lioz que recobre toda a fachada principal do Real Gabinete Português de Leitura do Rio de Janeiro apresenta indícios de alteração. Neste trabalho procedeu-se à sua caracterização tecnológica e foram verificadas as principais alterações que a rocha sofreu, para dar subsídios às atividades de restauração. Para tal, foram realizadas inspeções visuais e determinações não destrutivas com equipamentos portáteis, como difração de raios-X, determinação da dureza, avaliação da cor e do brilho e destrutivas em pequenos fragmentos de rocha como a determinação de porosidade e absorção de água, bem como a caracterização petrográfica em lâmina delgada. Além disso, verificou-se ainda a composição química e mineralógica e o traço da argamassa que compõe alguns setores do edifício. Os resultados indicaram que a rocha calcítica é um calcário com coloração variando do branco ao rosa, com grãos alinhados e apresenta-se sem alterações de grandes proporções, verificando-se a presença de crosta negra, manchas, fissuras e propagações microbiológicas. A alteração mais proeminente é a formação de gipsita, observada na MEV e DRX, em pontos de avaliação das crostas negras, corroborada com a avaliação de absorção atômica que indicou 130 MG.L^{-1} de sulfato e 150 mg.L^{-1} de cálcio nas crostas negras avaliadas.

Palavras-chave

Alterabilidade de rochas, lioz, rochas ornamentais, Rio de Janeiro, Brasil.

ABSTRACT

Lioz is a type of portuguese limestone that occurs in the surroundings of Lisbon and was widely used in Portugal as ornamental rock. It was brought to Brazil as ballast stones and were further used to the construction of structural and architectural elements such as the “Real Gabinete Português Leitura do Rio de Janeiro” (Real Portuguese Reading Office of Rio de Janeiro). Submitted to the action of weather agents over the years, the lioz covering the entire main facade of the Real Gabinete was technologically characterized, in addition to checking the main changes of the rock, to give subsidies to the restoration activities. For this, visual inspections and non-destructive determinations were carried out using portable equipment, such as XRD, determination of hardness, color and gloss evaluation; and destructive determinations in small samples, such as porosity and water absorption analysis, as well as petrographic evaluations in a thin section. In addition, the chemical and mineralogical composition and the trace of the mortar that compose some sectors of the building were verified. The results indicated that the calcitic rock is a limestone with a coloration varying from white to pink, with grains aligned and presents no major weathering changes, with the presence of black crust, patches, fissures and microbiological propagations. The most prominent change is the formation of gypsum, observed in MEV and XRD, at black crust evaluation points, corroborated by the atomic absorption evaluation, which measured 130 mg.L^{-1} of sulfate and 150 mg.L^{-1} of calcium in black crusts evaluated.

Keywords

dimension stones alterability, lioz, dimension stones, Rio de Janeiro, Brazil.

1 | INTRODUÇÃO

O uso da rocha na construção é conhecida em todos os períodos da vida do Homem, evoluiu ao longo dos tempos em técnicas de utilização e conhecimento, sabendo-se que em muitas circunstâncias o uso de uma determinada rocha foi fruto da sua disponibilidade local e capacidade técnica de a trabalhar. Este fato resulta na utilização menos adequada em determinadas circunstâncias, mas tem de ser compreendida como utilização de um bem disponível para as necessidades do Homem em determinado local e em determinado tempo.

A utilização da rocha em monumentos não foge a esta regra, embora tenha sido também utilizada e transportada para lugares distantes da sua ocorrência, satisfazendo a projetos arquitetônicos, desejo de utilização especial ou simplesmente, exibição da capacidade financeira de quem a utiliza. A sua exposição ao ar livre, no entanto, sofrerá sempre com a atuação dos fatores atmosféricos vigentes no local de uso, muitas vezes e em particular, na atualidade, quando a poluição da atmosfera constitui um sério fator de risco para a manutenção da integridade da pedra e em consequência, da manutenção das suas qualidades técnicas.

O conhecimento da composição mineralógica, da textura e da origem da rocha, em que os processos de formação envolvem temperatura, pressão e circulação de fluidos no interior da rocha são à base do conhecimento da rocha. As alterações que cada rocha sofre como resultado de reajustes quando o equilíbrio entre os seus componentes é perturbado determinam a variação do seu comportamento. Nos monumentos históricos em que o tempo de exposição da pedra, a sua composição e o modo como os minerais se alteram podem conduzir a processos de degradação rápida e consequente modificação das suas propriedades, o acompanhamento dessas alterações é um fator importante para a conservação, restauro e preservação do monumento.

2 | OBJETIVO

Os objetivos do trabalho foram caracterizar tecnologicamente o lioz e a argamassa da fachada principal do Real Gabinete Português de Leitura do Rio de Janeiro, doravante designado por Real Gabinete, e verificar as principais alterações encontradas.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 | Real Gabinete Português de Leitura

Segundo informações do sítio do Real Gabinete Português de Leitura (<http://www.realgabinete.com.br/portalweb/In%C3%A9Dcio/Arquitetura.aspx/2018>), em 14 de maio de 1837, um grupo de 43 emigrantes portugueses reuniu-se no Rio de Janeiro na casa do Dr. António José Coelho Lousada, na antiga Rua Direita (hoje Rua Primeiro de Março), nº 20, e resolveu criar uma biblioteca para ampliar os conhecimentos de seus sócios e dar oportunidade aos portugueses residentes na então capital do Império de ilustrar o seu espírito.

Seguindo o exemplo dos “gabinetes de leitura” de raiz portuguesa e ainda na segunda metade do século XIX, impulsionados pela maçonaria e pela república positivista, surgiram em várias cidades do interior do Estado de São Paulo, instituições semelhantes que também eram denominadas “gabinetes de leitura” e que foram transformadas depois em bibliotecas municipais.

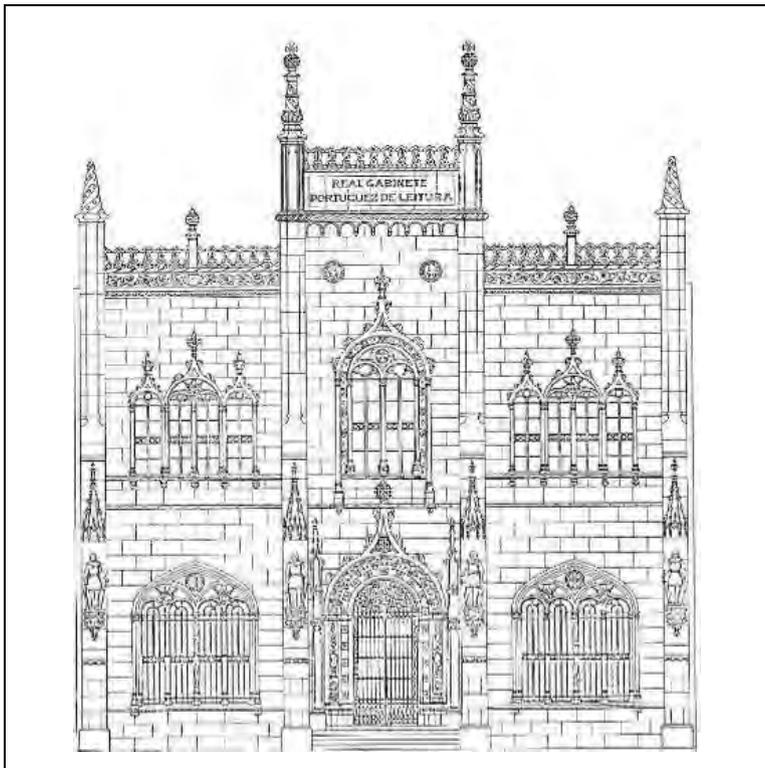
Nesse período, os dirigentes começaram a pensar na construção de uma sede de maiores dimensões e condizente com a importância da instituição. Para esse fim, foi adquirido um terreno na antiga Rua da Lampadosa. E as comemorações do tricentenário da morte de Luis Vaz de Camões (1880) foram o grande pretexto para motivar a “colônia” portuguesa na construção do prédio.

O Real Gabinete teve a sua primeira sede no sobrado do número 83 da Rua de S. Pedro, embora, em 1842, se transferisse para a Rua da Quitanda, onde ocupou um prédio

de três pavimentos, de fachada azulejada e beiral de telhas de canal esmaltadas em Alcobaça, mas, no entanto, o espaço necessário para guardar os numerosos livros que possuía tornou-se exíguo e, em 1850, a diretoria viu-se obrigada a procurar novo abrigo e a diretoria comprou o prédio onde funcionava o Hotel São Pedro, na Rua da Lampadosa, atual Luís Vaz de Camões.

Neste mesmo ano os responsáveis receberam dois projetos para construção do prédio: o primeiro do arquiteto Pedro Bosisio, com influências italianas e o segundo, traçado por Rafael da Silva Castro, com arquitetura Manuelina.

Os responsáveis pelo Gabinete optam pelo projeto de Silva e Castro e em 10 de junho de 1880, foi lançada, pelo Imperador, a pedra fundamental do edifício. O ato contou com a presença das autoridades mais representativas da cidade.

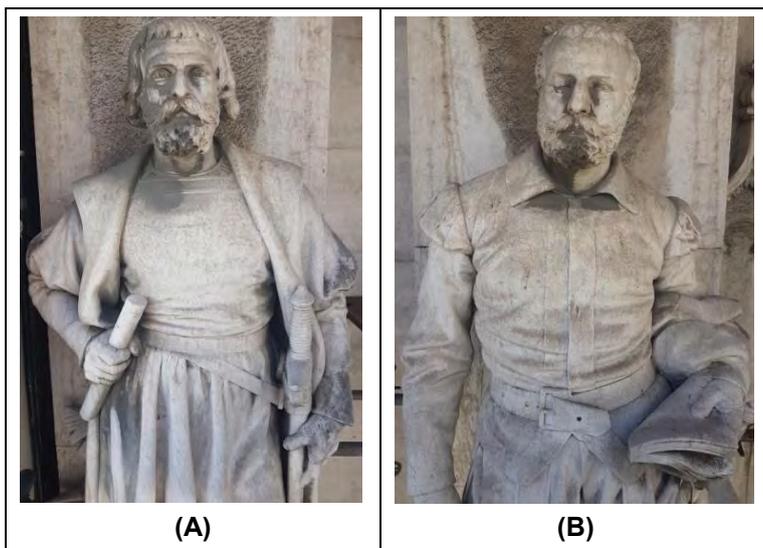


Fonte: http://www.dezenovevinte.net/arte%20decorativa/gabinete_portugues.htm

Figura 1. Fachada do Real Gabinete no estilo Manuelino.

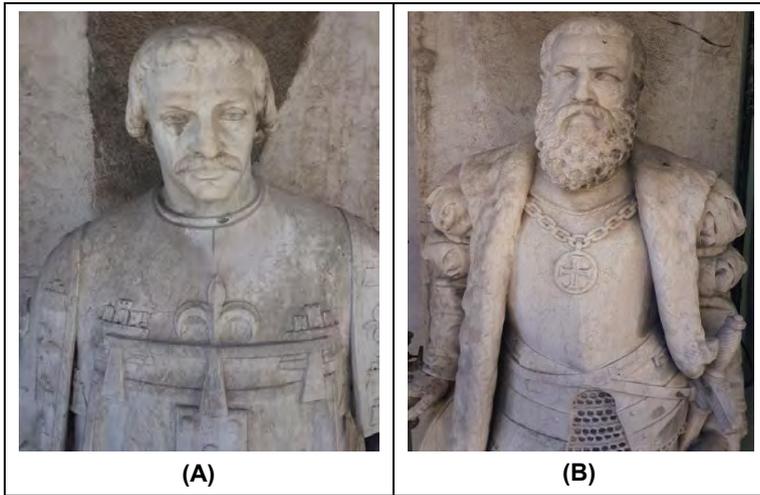
Os trabalhos não se iniciaram logo em seguida, embora “a inauguração da nova biblioteca estivesse fixada para 10 de junho de 1884”, tempo bastante curto se se tiver em conta que a pedra da fachada seria trabalhada em Lisboa e o ferro importado da Europa.

Em novembro de 81, o visconde do Rio Vez, então já em Lisboa, como representante do Gabinete, contratou com Germano José de Sales, o fornecimento da cantaria para a fachada e com o escultor Simões de Almeida a realização das estátuas destinadas a ornamentá-la. Dentro de um programa consentâneo com o ideário que norteou a construção do edifício, deviam ser representados: Pedro Álvares Cabral, Luís Vaz de Camões, infante D. Henrique, e Vasco da Gama. O artista encarregou-se ainda de esculpturar, para a fachada, quatro medalhões que representassem Fernão Lopes, Gil Vicente, Alexandre Herculano e Almeida Garrett.



Fonte: Autor

Figura 2. Esculturas de Pedro Álvares Cabral (A) e Luís de Camões (B).



Fonte: Autor

Figura 3. Esculturas de D. Afonso Henriques (A) e Vasco da Gama (B).



Fonte: Autor

Figura 4. Detalhe da assinatura de Simões de Almeida nas estátuas.

O edifício do Real Gabinete que os portugueses radicados no Rio de Janeiro ali deixaram como padrão da sua nacionalidade e como sucessão histórica do seu valor e da sua energia, por expreso desejo dos seus impulsionadores, e dentro de um espírito de patriotismo se apresentavam de mãos dadas, insere-se nos cânones neomanuelinos.



Fonte: <http://brasilianafotografica.bn.br/?p=5104>

Figura 5. Real Gabinete Português de Leitura – início século XX.



Fonte: <http://www.perdidoporai.com/2012/11/rio-de-janeiro-real-gabinete-portugues.html>.

Figura 6. Real Gabinete Português de Leitura em 2016.

3.2 | O Lioz

O lioz ou pedra lioz é um tipo raro de calcário que ocorre em Portugal, na região de Lisboa e seus arredores (norte e noroeste), nomeadamente no Concelho de Sintra, sendo aqui extraído nos arredores da vila de Pero Pinheiro. (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lioz> acessado em setembro de 2016). Embora se continue a explorar com menos intensidade, no passado, a rocha foi muito utilizada em Portugal como pedra ornamental e na construção de elementos estruturais e

arquitetônicos como, por exemplo, a Torre de Belém e o Mosteiro dos Jerônimos. Foi ainda transportada para diversas regiões do Império Português como por exemplo o Brasil.



Figura 7. Torre de Belém e Mosteiro dos Jerônimos.

Segundo Silva (2008), o lioz, foi transportado para o Brasil nos séculos XVII e XVIII como lastro de navio e utilizado na construção de igrejas da Bahia, deixando neste Estado brasileiro um vasto patrimônio arquitetônico e artístico de origem portuguesa e hoje considerado Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO (<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/culture/world-heritage/list-of-world-heritage-in-brasil/historic-centre-of-salvador/> acessado em outubro de 2018).

Ao longo dos séculos constata-se que a pedra sempre foi o material preferido pelos portugueses para erguer as suas obras de arte, pela resistência ao tempo, pela magia e pelo significado das pedras. A simples inspeção visual permite afirmar que as pedras que revestem a fachada principal são do tipo lioz, oriunda de Portugal.

3.3 | Alterações em Rochas

Segundo o ICOMOS (2008), as morfologias de alteração nos monumentos são divididas por famílias: deformação e quebra; destacamento; característica induzida por perda de material; alteração cromática e depósito; e colonização biológica. Estas, por sua vez, são subdivididas em fissura, fratura, desintegração, abrasão, crosta negra, descoloração (SOUSA et al., 2008), colonização por algas e etc.

As rochas, que compõem grande parte dos monumentos, são afetadas pelos processos de intemperismo químico e físico (FRASCÁ, 2003) que atuam dependendo das condições climáticas da região. Sendo assim, alterações e degradações podem resultar da atuação desse intemperismo (AGAPIOU et al., 2015). Entretanto, a ação do homem constitui outro elemento que vem acelerando e/ou ocasionando este processo. Num ambiente altamente urbano como a cidade do Rio de Janeiro, a ação antrópica tem grande influência nos processos de alteração das rochas. Desta forma, poluentes emitidos por automóveis e por indústrias, principalmente os encontrados em suspensão na cidade como o dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e o dióxido de carbono, se dissipam, precipitam e podem reagir com o vapor d'água gerando chuvas ácidas (JESUS, 1996). Esta interação dos

poluentes com a água é grande causadora dos ataques químicos às rochas, visto que a água age como solvente dos poluentes, como agente transportador do produto destas reações e até como sendo o próprio produto das reações (ZIVICA e BADJA, 2001), alterando gradualmente os materiais pétreos com a perda de resistência pelo aumento da porosidade.

A ação do enxofre na superfície das rochas (ALONSO e MARTÍNEZ, 2003) pode afetar significativamente sua estrutura, uma vez que a formação de gipsita pode ser encontrada em diversos monumentos que sofreram ação desse poluente, como ocorria intensamente próximo ao mosteiro de São Bento.

Além disso, a biodeterioração de monumentos pétreos é um fator que também deve ser mencionado, uma vez que representa boa parte das causas de alterações de monumentos em grandes cidades (RANALLI et al, 2009).

3.4 | Preservação dos Monumentos Tombados

Para que os bens tombados, especificamente os pétreos, possam ser preservados para as gerações futuras é necessário que as atividades de conservação e restauração sejam embasadas com pesquisas de caracterização tecnológica (SILVA et al., 2002) que possam informar de maneira precisa o tipo de material que se vai restaurar e as principais causas de alteração, permitindo-se assim, uma restauração eficaz.

Dessa forma, diversos estudos de caracterização tecnológica (CREAGH, 2005) são realizados em monumentos tombados em todo o mundo, utilizando diferentes técnicas, como espectroscopia Raman (GÁZQUEZAET al., 2017), tomografia

(PÉREZ-GRACIA et al. 2013), ressonância magnética nuclear (DONATELLA et al, 2012), microscopia eletrônica de varredura (SCIAU, 2016); (HAJJI, et al., 2015), análise espectral no infravermelho, fluorescência de raios-X, difração de raios-X (CUEVAS e GRAVIE, 2011), cromatografia iônica (MENÉNDEZ, 2017), absorção atômica de chama, determinação de microdureza, dentre outros, capazes de auxiliar os trabalhos dos restauradores, proporcionando maior segurança às intervenções nos monumentos.

Muitos processos de alterações podem levar a degradação quase por completa das rochas, sendo inevitável a ação de agentes de consolidação ou hidrofugação. No entanto, para que esses procedimentos sejam realizados, torna-se inevitável que as pesquisas tecnológicas deem suporte a essas atividades para controlar a não formação de filmes poliméricos, permitindo-se a troca de vapores e gases do interior ao exterior da rocha e vice-versa.

4 | METODOLOGIA

4.1 | Amostragem

A Figura 8 apresenta a foto da fachada principal onde são indicados os quadrantes onde foram realizadas as medições e coletas de dados.

Foram avaliadas as rochas existentes nas seguintes quadriculas: 1I, 4H, 5G, 5H, 6H, 7H e 10H*.

Além disso, amostras de rochas e argamassas foram retiradas de desprendimentos da parte interna no telhado.



Fonte: Autor

Figura 8. Visualização da fachada principal do Real Gabinete Português de Leitura.

4.2 | Avaliação Petrográfica

A análise macroscópica foi realizada com auxílio de lupa binocular e as amostras, quando necessário, foram fotografadas junto com seu número de identificação e uma escala gráfica. O microscópio petrográfico, da marca Carl Zeiss, utiliza luz polarizada transmitida e refletida, e possuem objetivas com aumentos de 2,5 a 60X. Salvo em condições especiais e por solicitação do usuário, a análise modal de minerais é semiquantitativa, por ser realizada por estimativa visual. A identificação dos minerais segue os princípios da mineralogia ótica, baseado em cor, hábito, clivagem, ângulo de extinção, e propriedades observadas em luz conoscópica. A nomenclatura utilizada para texturas e para classificação da rocha procura seguir os padrões internacionais, mas destaca-se que, em muitos casos, ainda não há consenso no uso de termos petrográficos. As fotomicrografias obtidas são feitas, salvo exceções, com objetiva de 2,5 e ocular de 10X, com um aumento total de 25X o tamanho natural. Procedimento baseado na norma ABNT NBR **15845/2010**.

4.3 | Determinação de Porosidade e Absorção de Água

Esse procedimento tem por objetivo caracterizar as propriedades físicas da rocha, determinando-se a porosidade e capacidade de absorção de água do material permitindo avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão do material.

Para determinação da porosidade e absorção de água foram utilizados fragmentos de rochas, os quais foram pesados ao ar, após secagem em estufa a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ (peso A), após

saturação em água por 48 horas (peso B) e na condição submersa, após saturação (peso C). Os corpos de prova foram pesados, a seco, após 24 h em estufa a 70°C. Posteriormente, foram submersos em água destilada por 24 h e foram obtidos seus pesos saturado e submerso, com o auxílio de uma balança de precisão. Procedimento baseado na norma **ABNT NBR 15845/2010**, Anexo B.

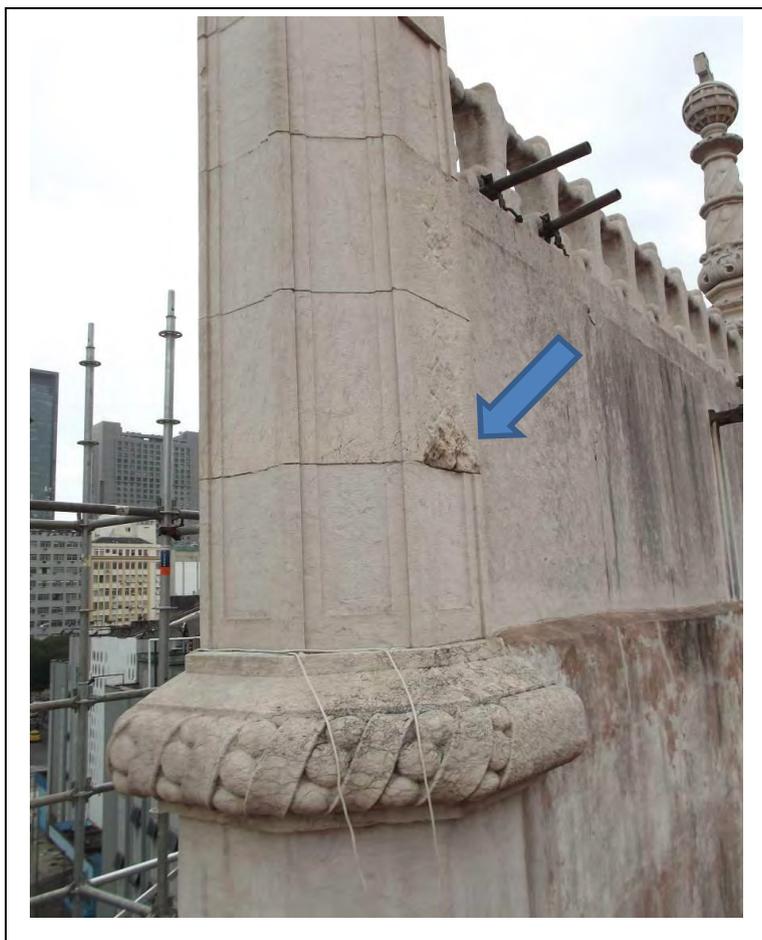
Os valores são obtidos através das seguintes expressões:

$$\text{Porosidade aparente} = \frac{(B - A)}{(B - C)} \times 100 \quad [1]$$

$$\text{Absorção de água} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad [2]$$

4.4 | Caracterização Química e Mineralógica

Para determinação dos elementos químicos presentes nas amostras de rochas e argamassas realizou-se a técnica de fluorescência de raios-X (FRX) e para determinação dos compostos mineralógicos utilizou-se a técnica de difração de raios-X (DRX) de uma amostra de rocha retirada na parte de trás do prédio como indica a Figura 9.



Fonte: Autor

Figura 9. Localização do fragmento de rocha avaliado.



Fonte: Autor

Figura 10. Ponto de retirada de fragmento de argamassa.

4.5 | Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV

O MEV utilizado foi um FEI Quanta 400, equipado com sistema de micro análise por espectrometria de raios X (EDS) BrukerXflash 4030 com detector SDD (*SiliconDrift Detector*), pertencente ao Centro de Tecnologia Mineral - CETEM.

As análises foram executadas com 25kV de tensão de aceleração de elétron, e analisadas no MEV através de imagens formadas pelo detector de elétrons secundários (ETD, na faixa de dados das imagens).

4.6 | Determinação da Dureza

Para determinação da dureza das rochas utilizou-se um equipamento portátil da marca *Equotip*. O princípio de dureza é baseado no método dinâmico (rebote) e se adequa melhor para

testes "*in situ*" de peças instaladas. O ensaio consiste em aproximar o esclerômetro da rocha que se vai avaliar, realiza-se o impacto, obtendo-se o valor da dureza (Figura 11).



Fonte: Autor

Figura 11. Determinação do ensaio de dureza.

4.7 | Coleta de Sais e Sujidades

Algumas superfícies das rochas de janelas e balcões foram lavadas com água deionizada e esfregadas com escova de cerdas macias para recolhimento da água de lavagem (Figura 12). Foram coletadas amostras de pontos com sujidade negra e em pontos com suspeita de deposições salinas. As águas foram então armazenadas em potes de polipropileno estéril e avaliadas por meio de absorção atômica de chama e cromatografia iônica.



Fonte: Autor

Figura 12. Realização de lavagem com água deionizada.

4.8 | Determinação de Cor e Brilho

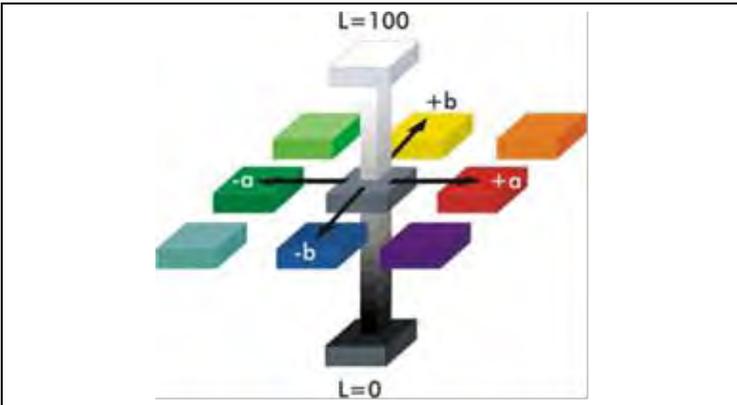
A determinação média da coloração foi realizada nas rochas da fachada um colorímetro da marca *Technidyne Color Touch 2 Model ISSO* para determinação dos valores nos eixos a, b e L (Figura 13).

Os resultados de coloração devem ser interpretados segundo a distribuição espacial das cores como indicado na Figura 14 (JUDD, 1931). Com base nessa Figura, verifica-se que os materiais apresentam três valores dispostos nos eixos a, b e L. O eixo **a** indica a variação de cor do verde (-a) ao vermelho (+a), o eixo **b** indica a variação de cor do azul (-b) ao amarelo (+b), e o eixo **L** indica a variação do branco (100) ao preto (0).



Fonte: Autor

Figura 13. Determinação *in situ* dos parâmetros colorimétricos.



Fonte: www.byk.com/instruments

Figura 14. Determinação espacial de cores, nos eixos a, b e L.

4.9 | Avaliação do Traço da Argamassa

A reconstituição de traço fez-se pelo método Teutonico, o mais difundido e usado para determinar traços de argamassas históricas. No processo, adiciona-se ácido clorídrico nas amostras, sendo assim, apenas o ligante (cal) reagiu e foram separadas as partes reagidas (ligante) e não reagidas (partículas finas e grossas). As partículas mais finas (silte e argila) e grossas (areia de maior granulação) foram separadas devido à ação da gravidade (TEUTONICO, 1994).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 | Alterações Observadas

De uma maneira geral as rochas apresentam-se em bom estado de conservação, sem se observar perdas de massa ou rachaduras em grandes proporções (Figuras 15 a 21). Observam-se apenas algumas trincas, presença de crosta negra, alteração causada pela oxidação do ferro e propagação microbiológica.



Fonte: Autor

Figura 15. Crosta negra, identificado pela tonalidade mais escura que a rocha apresenta comparativamente aos locais onde esta crosta não se desenvolve.



Fonte: Autor

Figura 16. Alteração mineral (formação de gipso) na superfície da rocha.



Fonte: Autor

Figura 17. Crosta negra (à esquerda) e manchamentos (à direita).



Figura 18. Desfragmentação e fezes de animais.



Fonte: Autor

Figura 19. Fissuras originadas pela abertura ao longo dos planos estilólíticos que se desenvolvem, sub-paralelamente ao bandado sedimentar, durante e após a diagénese da rocha. A existência destes planos de anisotropia é uma das características das diferentes variedades de Lioz.



Fonte: Autor

Figura 20. Propagação microbiológica.



Fonte: Autor

Figura 21. Propagação Microbiológica.

5.2 | Avaliação Petrográfica

5.2.1 | Descrição macroscópica

Calcário de coloração branca/rosa claro microcristalino, a estrutura sedimentar levemente preservada.

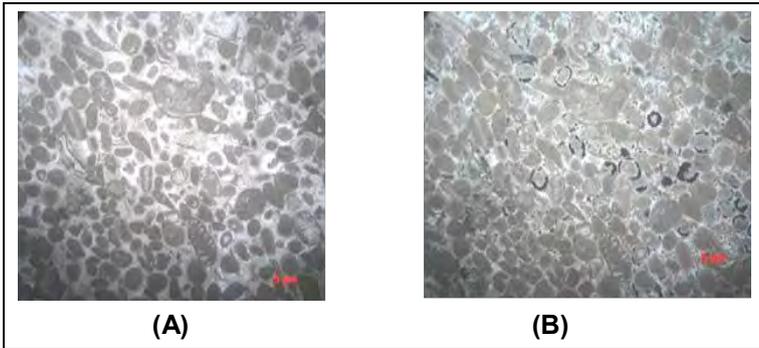
5.2.2 | Descrição Microscópica

Rocha sedimentar carbonática matriz suportada de formas e tamanhos variados. É possível observar a estrutura sedimentar com os grãos levemente alinhados. A matriz é micrítica, predominantemente carbonática, com algumas porções esparíticaneofornadas. De modo geral, na lâmina delgada elaborada para análise, as superfícies estilolíticas estão presentes, são subparalelas ao bandado sedimentar e estão associadas à microfissuras, evidentes na Figura 22.

Segundo a classificação de Folk (1959) as diferentes variedades de lioz são essencialmente classificadas como biomicrites, ainda que localmente a matriz se encontre mais desenvolvida e determinadas seções possam ser classificadas como biosparites.

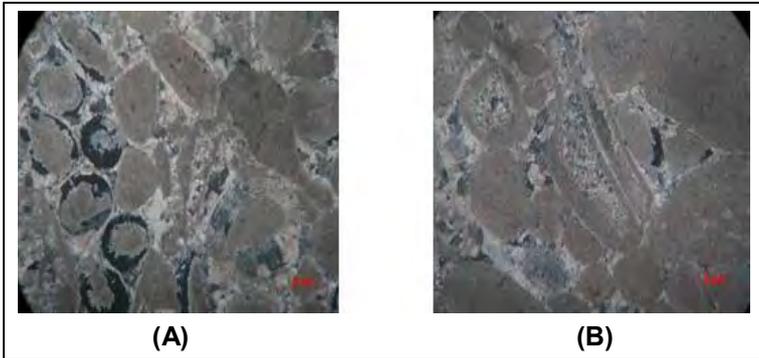
A porosidade varia de baixa a média, com poros conectáveis ou não do tipo intercristalina entre os cristais ou a matriz.

Os efeitos mais marcantes da diagênese observados nas lâminas analisadas são a dissolução e o neomorfismo nos grãos (Figuras 22 e 23).



Fonte: Autor

Figura 22. Fotomicrografia apresentando a textura geral da rocha. A: Luz natural; B: Nicóis cruzados.



Fonte: Autor

Figura 23. Fotomicrografia apresentando A: Porosidade intercrystalina e dissolução das bordas de grãos (Nicóis cruzados); B: Recristalização da calcita com forte cor de interferência (Nicóis cruzados).

5.3 | Análise Mineralógica

As Figuras 24 e 25 apresentam os resultados da avaliação mineralógica das amostras de rocha e argamassa, respectivamente.

No que tange à rocha (Figura 24), observam-se exclusivamente picos do mineral calcita corroborando as observações petrográficas. Não foram observados minerais acessórios, ou até mesmo minerais que pudessem ter sido formados por ação de alterações. Tais resultados confirmam a integridade da rocha avaliada.

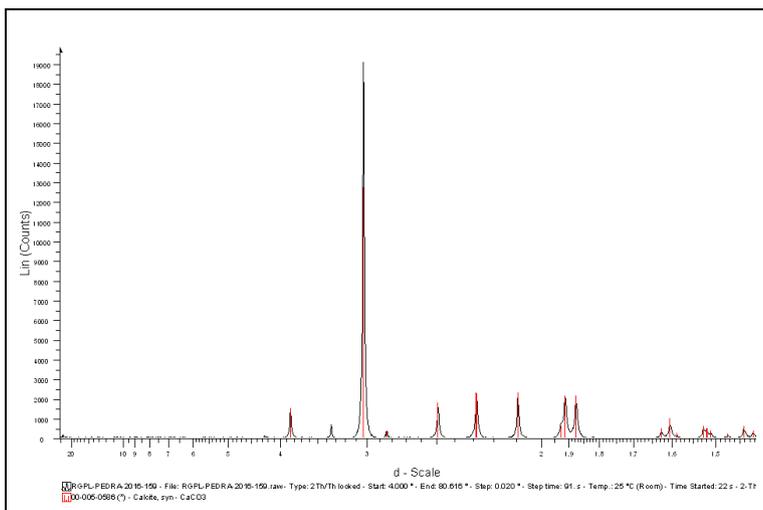


Figura 24. Difratograma da amostra de rocha evidenciando que é quase exclusivamente constituída por calcita.

No que diz respeito à argamassa, o difratograma da Figura 25 indica a presença de calcita e quartzo, minerais representantes da cal e areia que constituem a argamassa. Observam-se ainda minerais como caulinita, muscovita e microclínio.

A presença de gesso nos DRXs pode provir de poluentes das atmosferas urbanas, como enxofre emitido pelos automóveis, que ao entrar em contato com o cálcio da rocha ou da argamassa, acabam em gerar o sulfato de cálcio. Casos similares foram relatados por Delgado-Rodrigues, 1996, que observou a deterioração de gnaisses por deslocamento estaria relacionada à cristalização de gesso nas camadas mais externas da rocha.

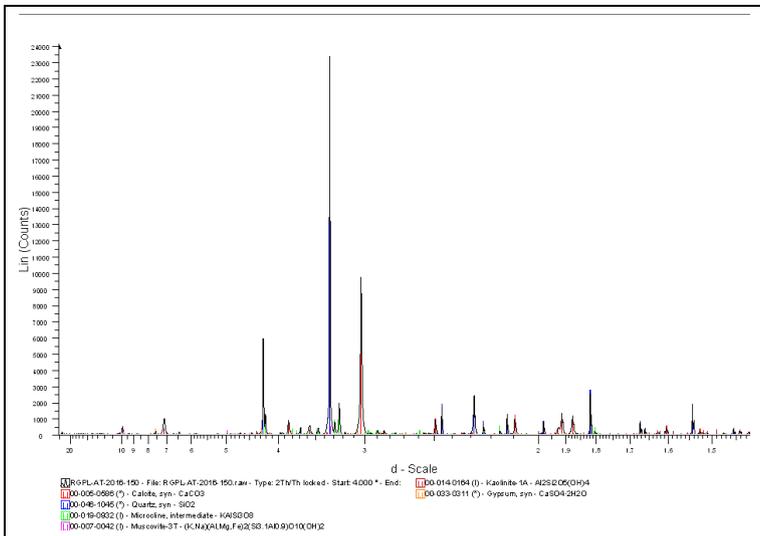


Figura 25. Difratograma da amostra de argamassa evidenciado a presença de quartzo, caulinita, muscovita, para além do pico com maior expressão referente à calcita.

5.4 | Microfluorescência de Raios-X

Na Figura 26 observa-se a imagem, com aumento de 70 vezes, da amostra de rocha, onde se pode verificar a matriz típica de uma calcita. Aproximou-se a imagem justamente em um ponto onde se observa alguns grãos com morfologia mais pontiaguda (Indicado na Figura 26), a fim de se verificar a presença de algum material que não fizesse parte da assembleia típica do lioz, porém trata-se realmente de uma matriz exclusiva de calcita.

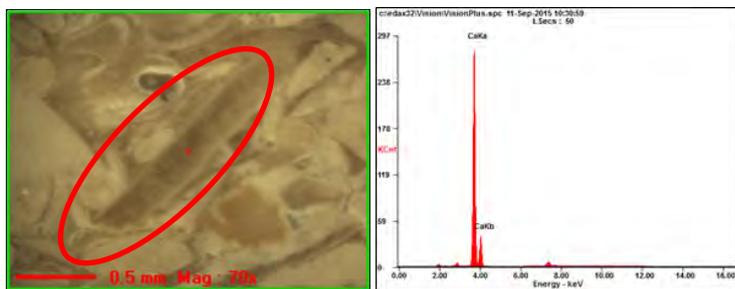


Figura 26. Imagem do lioz (aumento de 70 vezes) e seu espectro.

5.5 | Microscopia de Varredura Eletrônica - MEV

Na Figura 27 apresenta uma visão panorâmica da rocha, com aumento de 500x. Nota-se que também como na microscopia não há evidência de microfraturas ou microfissuras na rocha, que pode ser um facilitador para ação de agentes intempéricos. Nesta imagem foi analisado por EDS um ponto de tom de cinza diferente. O ponto representado pela Figura 28 é o maior cristal do campo, que é a calcita, corroborando os resultados anteriores.

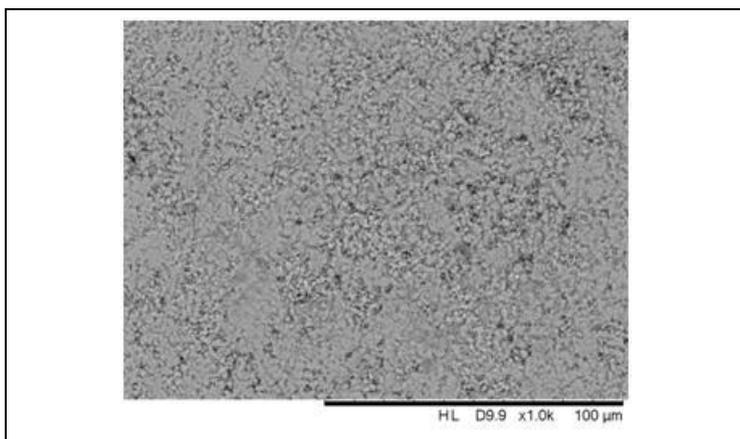


Figura 27. Imagem adquirida a partir do MEV aspecto do lioz.

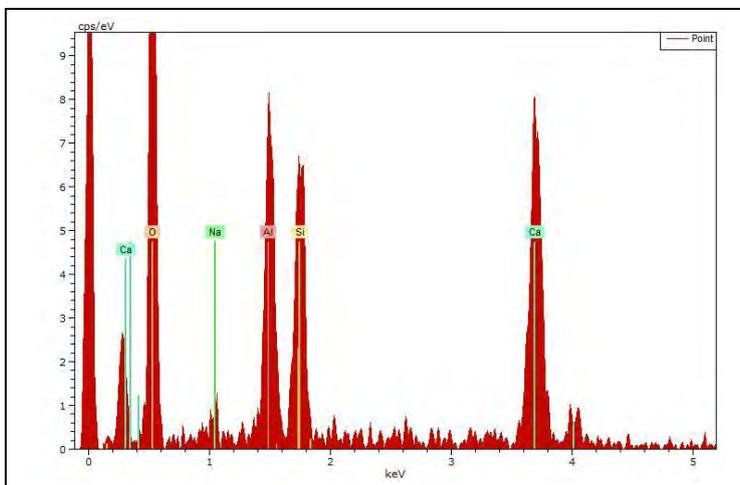


Figura 28. Resultado do EDS para o ponto selecionado.

5.6 | Análise Química

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química das amostras avaliadas por Fluorescência de Raios-X. Pode-se verificar que as concentrações dos principais elementos condizem com as composições comumente encontradas para um lioz, com teores de mais de 50% de cálcio e perda por calcinação (referente aos carbonatos) representando quase os outros 50%. Corrobora-se que se trata de um calcário constituído majoritariamente de calcita.

No que tange à argamassa, observa-se um teor de areia na faixa de 40% e de 20% referente ao teor de cálcio, relacionado com a composição da cal, configurando uma argamassa de areia e cal. Observam-se teores de 12% para o alumínio e 1% para o potássio, possivelmente relacionados com algum tipo de argilomineral. Observa-se, no entanto um valor de 5% de SO_3 , que, possivelmente associado ao cálcio, formou um novo mineral, gipso, observado no DRX.

Tabela 1. Análise química (%) da rocha e argamassa.

Compostos	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O
Rocha	0,10	--	0,20	--	--	0,35
Argamassa	0,24	12,10	40,35	0,07	5,20	1,12
Compostos	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	TiO ₂	*PPC	-
Rocha	54,2	0,35	--	--	44,80	-
Argamassa	21,2	1,00	0,42	0,10	18,20	-

5.7 | Determinação de Porosidade e Absorção de Água

A rocha apresentou os resultados de porosidade de 0,30 % e absorção de água de 0,10%, valores estes de acordo com a literatura para o lioz. Segundo Silva (2008), verificam-se valores de 0,42% de porosidade para o lioz cortado paralelo ao acamamento; 0,17% para o lioz cortado perpendicular ao acamamento (chaimite) e o lioz cor de rosa (encarnadão), com 0,28%. Para os mesmos tipos, a absorção de água é de 0,16%, 0,07%, 0,10% respectivamente. São todos valores médios, mas é nesta faixa de valores, porosidade aberta.

5.8 | Determinação de Cor e Brilho

A Tabela 2 apresenta os resultados de brilho e cor das amostras de rochas da fachada. Os resultados estão relacionados com o gráfico de cores, onde o eixo **L** representa a tonalidade de escuro (0 a 49,9) a claro (50 a 100), o eixo **a** representa a variação do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo **b** representa a variação do azul (-b) ao amarelo (+b).

Pode-se verificar que as rochas apresentam um padrão da tonalidade clara, visto que os valores de **L** são superiores a 50. Observam-se apenas dois valores inferiores a 50 onde a medição foi realizada em cima da crosta negra. Os demais parâmetros, **a** e **b**, apresentaram-se no quadrante positivo, indicando as colorações vermelha e amarela, respectivamente, caracterizando a rocha como laranja ou rosa claro. Os pontos que apresentaram valores de **a** negativos, caracterizando a cor verde, estão relacionados com regiões de sujidades e não representam a coloração da rocha e sim da alteração cromática que causam na rocha.

Tabela 2. Distribuição colorimétrica e de brilho das amostras de rochas.

Local de avaliação	L	a	b	G (°)
1I	70,55	1,83	9,83	1,5
4H (perna limpa)	84,45	0,18	6,15	1,1
4H (mancha marrom na perna esquerda)	77,6	1,3	9,39	1,0
4H (perna suja – crosta negra)	40,96	-2,63	19,31	0,2
4H (patina branca no pé)	69,97	-3,6	30,39	1,0
6H (ponto de ferrugem)	68,96	1,56	10,32	0,1
7H (perna esquerda limpo)	80,11	1,31	7,87	1,7
7H (perna – crosta negra)	43,26	-0,12	7,95	0,5
5H (brasão de Portugal – castelos)	81,10	1,13	9,03	1,3
7H (cabeça – testa)	78,01	1,59	10,65	1,5
7H (peito – há rachadura)	74,54	1,50	11,03	1,2
10H (joelho limpo pela empresa)	68,05	2,61	6,81	0,6
10H (joelho limpo pela empresa) 2ª medição	64,05	0,72	6,23	0,15
10H (cabeça não limpa pela empresa)	77,92	1,18	8,04	2,0

Os valores de G estão relacionados com o brilho e pode-se observar que os valores variam de 1 a 2°, caracterizando a rocha com brilho baixo ou quase inexistente. Os pontos onde se verificou a presença de sujidades, conseqüentemente o brilho reduz ainda mais, chegando quase a 0°. Verifica-se ainda que a escultura de Vasco da Gama (10H) que foi limpa e hidrofugada pela empresa não apresentou alterações cromáticas ou de brilho.

5.9 | Dureza das Rochas

A Tabela 3 indica os resultados de dureza onde se pode observar que as rochas apresentam um valor médio de 500HLD, caracterizando um bom estado de agregação uma vez que os valores encontrados são condizentes com calcários são avaliados em laboratório que também apresentaram valores em torno de 500 Leeb.

Tabela 3. Avaliação da dureza das rochas.

Local de avaliação	Dureza (HLD)
1I	536
4H	635
5G	510
5H	500
6H (ponto com ferrugem)	356
7H (peito)	496
7H (perna)	466

5.10 | Água de Lavagem

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados da análise química da água de lavagem das rochas da fachada principal. Pode-se verificar que o principal contaminante encontrado é o sulfato, que se associa principalmente ao cálcio da rocha e da argamassa formando gipsita. Os teores de sulfato chegam a 132 mg.L^{-1} no ponto 7H e são também elevados nos demais pontos.

Tabela 4. Análise química (mg.L^{-1}) dos elementos presentes na solução obtida após lavagem de pedra com água desionizada.

Pontos de coleta	Cl ⁻	(SO ₄) ²⁻	(NO ₃) ⁻	Ca ²⁺	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
RGPL-4H	18,30	79,30	7,30	141,00	2,90	51,10	1,40
RGPL-5HE	0,38	43,00	3,10	21,89	1,10	5,3	0,70
RGPL-6H	0,27	31,10	5,90	32,67	2,33	0,44	0,88
RGPL-7H	5,9	132,00	43,1	153,00	1,10	1,10	0,55
RGPL-7HE	1,5	60,00	12,00	88,00	1,23	0,88	0,34
RGPL-1I	0,97	43,00	3,20	34,89	0,98	1,13	0,90

O teor de cálcio na água de lavagem indica que este elemento está sendo retirado da composição da rocha ou da argamassa e se associando, possivelmente ao sulfato na formação do gipso. Observam-se valores substanciais em quase todos os pontos avaliados, principalmente nos pontos 4H e 7H, onde a formação de gipso deve estar bastante acelerada e onde possivelmente, as rochas devem estar mais alteradas.

Os teores de sódio e cloreto, possivelmente oriundos do mar, não são alarmantes, porém o ponto de coleta 4H apresentou teor superior aos demais pontos avaliados, chegando-se em torno de 50 mg.L^{-1} para sódio e 20 mg.L^{-1+} para cloreto, possivelmente por estar próximo à parede e concentrar esse sal de cloreto de sódio.

5.11 | Análise Mineralógica dos Pós Recolhidos (sujidades)

As Figuras 29 a 32 indicam a composição mineralógica das sujidades recolhidas diretamente da fachada utilizando-se escova de cerdas macias. Em todas as amostras verifica-se a presença de gipso, possivelmente relacionado com a alteração da calcita em presença do enxofre emitido pelos veículos, alterando a composição mineral do lioz de carbonato de cálcio (calcita) para sulfato de cálcio (gipso). Além disso, verificam-se quartzo, microclínio, muscovita e caulinita, que correspondem a acúmulos de areia e argila, possivelmente relacionados com a degradação da argamassa ou até mesmo depósitos de sujidades trazidas pelo vento (pelo menos o feldspato tem mesmo de ser externo à rocha uma vez que não é conhecido na sua composição - <http://rop.Ineg.pt/rop/FormTipo.php>). Observa-se também a presença de calcita em todas as amostras, possivelmente associada à degradação da rocha ou da argamassa.

Em alguns pontos específicos, verificam-se acúmulos de boehmita, que é um hidróxido de alumínio; hornoblenda (silicatos de cálcio, magnésio, sódio ou titânio) e albita (feldspato $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Nenhum dos quais é conhecido na composição do lioz.

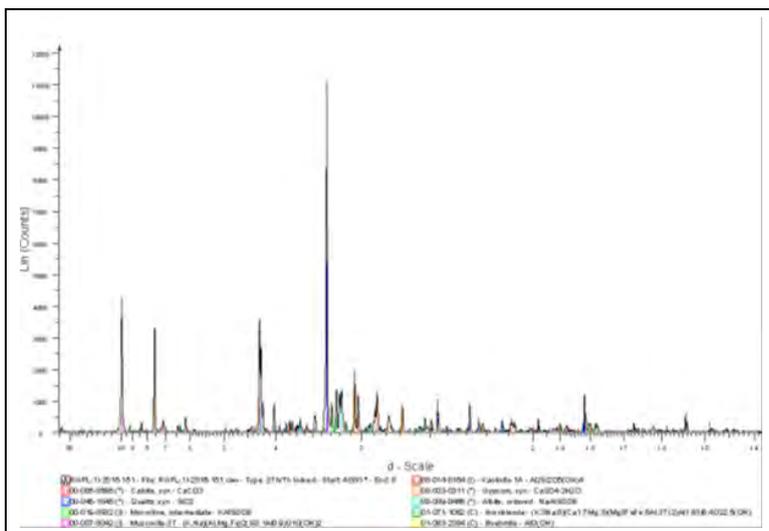


Figura 29. DRX sujidade no ponto 11.

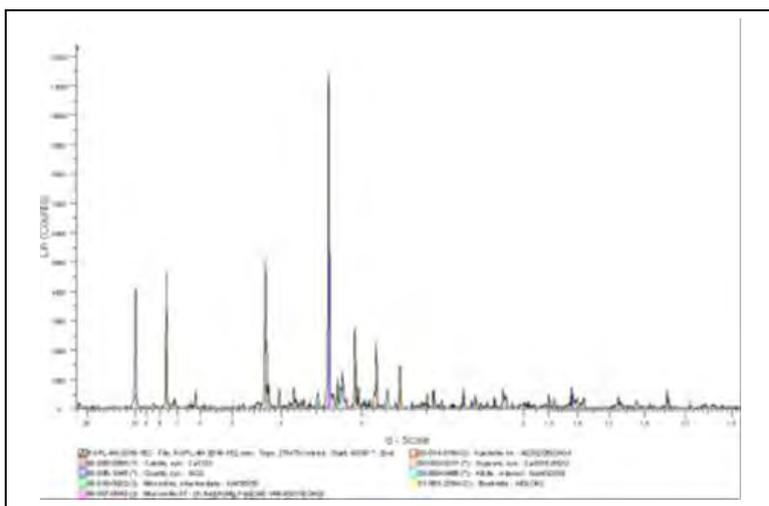


Figura 30. DRX sujidade no ponto 4H.

6 | CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as rochas que compõem toda fachada do Real Gabinete Português de Leitura correspondem ao cálcario português designado por “Lioz” ou “pedra Lioz”. Esta apresenta uma coloração branco-rosa e está a sofrer ação de deposição de SO_2 que promove reações secundárias que contribuem para a sua alteração.

Observou-se a formação de crosta negra em alguns pontos, os mesmos foram caracterizados em sua maior parte por enxofre e cálcio, caracterizando a presença de gipsita.

Em relação à argamassa, trata-se de uma composição de areia e cal, com traço de 2:1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1992) NBR 12.768/92: rochas para revestimento, análise petrográfica, Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.766/92: rochas para revestimento, determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. Rio de Janeiro. 1992.

AGAPIOU, A., DIMITRIOS, D.; ALEXAKIS, V.; LYSANDROU, A. S.; BRANKA CUCA, KYRIACOS THEMISTOCLEOUS, DIOFANTOS G. HADJIMITSIS; (2015), Impact of urban sprawl to cultural heritage monuments: The case study of Paphos area in Cyprus, *Journal of Cultural Heritage*, 16 (5) 671-680.

ALONSO, E.; MARTÍNEZ, L., (2003), The role of environmental sulfur on degradation of ignimbrites of the Cathedral in Morelia, Mexico; *Building and Environment*, 38 (6) 861-867.

CREAGH, D.C., (2005), The characterization of artefacts of cultural heritage significance using physical techniques, *Radiation Physics and Chemistry*, 74 (6) 426-442.

CUEVAS, A.M.; GRAVIE, H.P., (2011). Portable energy dispersive X-ray fluorescence and X-ray diffraction and radiography system for archaeometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 633 (1) 72-78.

DONATELLA, C.; VALERIA, D.T.; NOEMI, P. (2012). Nuclear Magnetic Resonance to characterize and monitor Cultural Heritage. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, 64 (1) 29-69.

FOLK, R.L. (1959). Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 43, pp 1-38.

FRASCÁ, M.H.B.O. Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrologia, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo – USP, 2003.

GÁZQUEZA, F.; F. RULLB, A. SANZ-ARRANZB, J. MEDINAB, J.M. CALAFORRAC, C. DE LAS HERASD, J.A. LASHERASD; (2017), In situ Raman characterization of minerals and degradation processes in a variety of cultural and geological heritage sites; *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 172 (5) 48-57.

HAJJI, L., ABDELLATIF BOUKIR, JAMAL ASSOUIK, HAMID LAKHIARI, ABDELALI KERBAL, PIERRE DOUMENQ, GILBERT MILLE, MARIA LUISA DE CARVALHO; (2015) Conservation of Moroccan manuscript papers aged 150, 200 and 800 years. Analysis by infrared spectroscopy (ATR-FTIR), X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy energy dispersive spectrometry (SEM-EDS), *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 136, Part B, 1038-1046.

T.A. Cartwright, Ewan K. Hyslop, Andrew A. McMillan. 2008. ICOMOS-ISCS – Illustrated glossary on stone deterioration patterns / Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. Champigni/Marne, 79 p. França, 2008.

JUDD. D.B. The 1931 L.C.L. Standard Observer and Coordinate System for Colorimetry. **J. Opt. Soc. Am.**, v. 23, p. 359-374, 1931.

MENÉNDEZ, B. (2017), Estimation of salt mixture damage on built cultural heritage from environmental conditions using ECOS-RUNSALT model, *Journal of Cultural Heritage*, 24 (1) 22-30.

PÉREZ-GRACIA, V.; CASELLES, J.O.; CLAPÉS, J.; MARTINEZ, G. e OSORIO, R. (2013) Non-destructive analysis in cultural heritage buildings: Evaluating the Mallorca cathedral supporting structures, *NDT & E International*, 59, 40-47.

RANALLI, G., E. ZANARDINI e C. SORLINI; (2009), Biodeterioration – Including Cultural Heritage; *Encyclopedia of Microbiology*, (3) 191-205.

Rodrigues, J. Delgado, "Conservation of Stone Monuments. From diagnostic to practice", 2007. MINBAR AL JAMIAA n° 7, Actes de la RIPAM 2005, Meknès, Maroc -2007, pp. 287-295.

SCIAU, P.H. (2016) Chapter Two – Transmission Electron Microscopy: Emerging Investigations for Cultural Heritage Materials Advances in Imaging and Electron Physics, 198, 43-7.

Silva, Zenaide Carvalho, 2007. "O LIOZ PORTUGUÊS, De Lastro de Navio a Arte na Bahia". ISBN 978-972-36-0924-0, 156 pp. Edições Afrontamento, Porto, Portugal.

Silva, Z., Simão, J., Moreira, A., 2002. "Structural damage in building stone due to internal mineral alteration. Castelo de Vide Granite, Portugal – a case study". 9th Congress of Engineering Geology for developing Countries, International Association for Engineering Geology and the Environment, Durban, África do Sul.

SOUZA, J.C., ROLIM FILHO, J.L., BARROS, M.L.S.C., LIRA, B.B., SILVA, S.A. & RIECK, F.E., **Análise colorimétrica de rochas ornamentais**, Estudos Geológicos, v. 18 (1), 2008.

TEUTONICO, J.M. et al. **The Smeaton Project: factors affecting the properties of lime-based mortars**. Lime News, n.2, p. 7-13. 1994.

ZIVICA, V. e BAJZA, A. (2001) Acidic attack of cement based materials; a review; part 1: principles of acidic attack. Construction and Building Materials, 15, .331-340.

Webografia

<http://www.realgabinete.com.br/portaWeb/>. Acessado em setembro de 2016.

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Lioz>. Acessado em setembro de 2016.

<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/cultura/world-heritage/list-of-world-heritage-in-brazil/historic-centre-of-salvador/>. Acessado em outubro de 2018.

<http://brasilianafotografica.bn.br/?p=5104>. Acessado em outubro de 2018.

http://www.dezenovevinte.net/arte%20decorativa/gabinete_portugues.html. Acessado em outubro de 2018.

<http://www.perdidoporai.com/2012/11/rio-de-janeiro-real-gabinete-portugues.html>. Acessado em outubro de 2018.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2017, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 320 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED), Gestão e Planejamento Ambiental (SGPA) e Inovação e Qualidade (SIQ). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <http://www.cetem.gov.br/series>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI- 23 – **As opalas de Pedro II no Piauí e o arranjo produtivo local**. Francisco Wilson Holanda Vidal, Marcelo Gonçalves Nunes de Oliveira Moraes, Leonardo Cattabriga Freire e Carlos Alberto Melo Santos, 2018.

SRMI-22 – **Contribuições para o avanço tecnológico da fase de polimento de rochas ornamentais**. Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Phillipe Fernandes de Almeida, Thiago Mota Bolonini, Marília Lopes de Souza, Luan Lamon Machado, Saionara Coelho Peixoto, 2017.

SRMI-21 – **Caracterização tecnológica da rocha do prédio principal e argamassas do Paque Lage- Rio de Janeiro - RJ**. Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Rosana Elisa Coppedê da Silva, 2017.

INFORMAÇÕES GERAIS

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3865-7222
Biblioteca: (21) 3865-7218
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 40 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.