

Série

Rochas e Minerais Industriais

Caracterização Tecnológica das Rochas de Monumentos e Prédios Históricos da Terra a Noel - Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Kátia Leite Mansur

Diego Peixoto Vieira

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

**Caracterização Tecnológica das Rochas de
Monumentos e Prédios Históricos da Terra a Noel -
Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ**

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

Paulo Roberto Pertusi

Diretor de Gestão das Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais
da Secretaria Executiva

Luiz Henrique da Silva Borda

Coordenador-Geral das Unidades de Pesquisa e Organizações
Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Fernando Antonio Freitas Lins

Diretor

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais

Claudio Luiz Schneider

Coordenador de Processos Minerais

Durval Costa Reis

Coordenador de Administração

Robson de Araújo D'Ávila

Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Coordenador de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

ISBN – 978-85-8261-060-2

SRMI - 19

Caracterização Tecnológica das Rochas de Monumentos e Prédios Históricos da Terra a Noel - Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Eng. Químico, D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela EQ-UFRJ. Pesquisador do CETEM/MCTIC.

Kátia Leite Mansur

Geóloga, D.Sc. em Geologia pelo PPGL - Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFRJ. Professora do Departamento de Geologia da UFRJ.

Diego Peixoto Vieira

Geólogo pela UFRJ.

CETEM/MCTIC

2016

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Silvia Cristina Alves França

Editora

Luiz Carlos Bertolino

Subeditor

CONSELHO EDITORIAL

Adão Benvindo da Luz (CETEM), Francisco Wilson Holanda Vidal (CETEM), Jurgen Schnellrath (CETEM), Artur 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

Editoração Eletrônica

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Revisão

Ribeiro, Roberto Carlos da Conceição

Caracterização tecnológica das rochas de monumentos e prédios históricos da Terra de Noel – Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ/Roberto Carlos C. Ribeiro [et al.]. —Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016.

105p.: il. (Série Rochas e Minerais Industriais, 19)

1. Aletabilidade de rochas. 2. Conservação. 3. Gnaiss facoidal I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Mansur, Kátia Leite. III. Vieira, Diego Peixoto. IV. Título. V. Série.

CDD – 553.5

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Rochas Ornamentais	11
3.2 Utilização em Monumentos	20
3.3 Monumentos no Rio de Janeiro	25
3.4 Vila Isabel	26
3.5 Intemperismo, Clima e Formas de Alteração	37
4 METODOLOGIA	44
4.1 Localização	44
4.2 Mapeamento de Danos	48
4.3 Coleta de Água de Lavagem	50
4.4 Medição da Dureza	51
4.5 Avaliação Química com FRX Portátil	51
4.6 Colorimetria	52
4.7 Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas	53
4.8 Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 Mapeamento de Danos	57
5.2 Água de Lavagem	72

5.3 Dureza	74
5.4 Fluorescência de Raios-X da Rocha	78
5.5 Colorimetria	79
5.6 Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas	86
5.7 Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)	88
6 CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
APENDICES	102

RESUMO

As alterações das rochas são fenômenos que as afetam tanto em ambientes naturais, quanto em bens construídos, podendo ser influenciadas ou aceleradas pela ação antrópica. No bairro de Vila Isabel, rochas como o gnaisse facoidal, granito, basalto e calcário, presentes no Monumento a Noel Rosa, na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e nas Calçadas Musicais de pedras portuguesas, são afetadas por processos intempéricos. Este trabalho tem por objetivo caracterizar as rochas desses monumentos e descrever os processos de alteração. Para tanto foram realizados mapeamentos de danos e ensaios envolvendo a medição da dureza, da colorimetria, da velocidade de ondas ultrassônicas e da absorção de água com tubo de Karsten, bem como análises químicas da composição das rochas pelo método de FRX e das águas de lavagem. Os resultados indicaram processos como a alteração cromática, a deposição de enxofre liberado pela queima de combustíveis de veículos, a deposição de sais que podem ser oriundos da ascensão por capilaridade de águas subterrâneas salobras e/ou por *spray* marinho, os depósitos de parafina de vela, o grafite e perdas de massa causadas por dano físico. Com os resultados apresentados, espera-se contribuir para o entendimento das degradações que afetam as rochas dos monumentos estudados. Considerando a influência das ações antrópicas, recomenda-se a implementação de ações educativas visando a preservação desses e de outros monumentos.

Palavras-chave

Aleterabilidade de rochas, conservação, gnaisse facoidal.

ABSTRACT

Dimension stone alterations are natural phenomena that occur with rock *in situ* or *ex situ*. One such area where the deleterious effects of man's presence on the weathering process of monuments is evident, is in the suburb of Vila Isabel. The Noel Rosa Monument, the Basilica Nossa Senhora de Lourdes, the Nossa Senhora da Conceição da Ajuda Monastery and the Portuguese Musical Stonework are composed of augen gneiss, granite, basalt and limestone. The purpose of this work is to determine their composition and technological characteristics of dimension stones. Different types of field work were employed. These included, mapping of damaged areas, colorimetry, rock hardness, ultrasonic wave speed, water absorption tests with Karsten tube, chemical composition by XRF and chemical composition through water washes. The results of these tests demonstrated a yellow chromatic modification linked to the presence of water and staining caused by water and its role in the alteration of iron-magnesium minerals. In addition, monuments tested positive for the deposition of sulfur believed to be released by fuel burning vehicles. An increased presence of salt deposition can be linked to capillary action of salt groundwater and/or ocean spray. Furthermore, the presence of direct physical damage with or without repairs, graffiti and candle wax were noticed and linked to direct human contact. In conclusion anthropic activity has had the greatest impact on the alteration of the monuments tested. Thus it is necessary to educate the general population about the great risk that we pose to the geodiversity, and to promote understanding of our role in the degradation of historical monuments

Keywords: Rock alterability, geoconservation, gneiss.

1 | INTRODUÇÃO

O aproveitamento de material pétreo como cantaria em construções no Rio de Janeiro foi determinante com a vinda dos portugueses para o Brasil, e seu emprego está diretamente relacionado com a acessibilidade a pedreiras e a disponibilidade de rochas (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Vila Isabel é um bairro conhecido pela sua cultura boêmia muito ligada ao samba, que lhe conferiu o apelido de “Berço do Samba”. A região também exibe interessante história e ostenta importantes patrimônios culturais, dentre eles o Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, a Basílica Nossa Senhora de Lourdes, o monumento a Noel Rosa e a calçada do Boulevard 28 de Setembro em mosaicos de pedras portuguesas preta (basalto) e branca (dolomita).

A escolha destes objetos de estudo se deu devido à relevância cultural que eles representam para o bairro, sua localização em meio à área mais movimentada de Vila Isabel, e, principalmente, em virtude da deterioração destes patrimônios, consequências do intemperismo natural e da atividade antrópica, em particular a liberação de poluentes na atmosfera.

Com os dados obtidos será possível atuar de maneira mais eficaz para a futura conservação desses sítios de geodiversidade (BRILHA, 2015), levando em consideração as características e especificidades das rochas e das alterações atuantes. Esta contribuição para o meio científico e a conservação são fundamentais para que haja uma disseminação deste ramo da ciência (HENRIQUES *et al.*, 2011) e para que ocorra um acompanhamento e catalogação das formas de intemperismo e alteração e dos patrimônios afetados nos bairros da cidade do Rio de Janeiro.

2 | OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar as rochas dos portais no monumento a Noel Rosa, dos muros e das colunas de entrada da Basílica Nossa Senhora de Lourdes e do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, no bairro de Vila Isabel, além de verificar e entender as causas e os tipos de alteração atuantes no bairro, e, desta forma, fornecer dados que auxiliem na sua conservação.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 | Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais são definidas por Vidal *et al.* (2014) como sendo a utilização de materiais pétreos como estrutura, revestimento e com finalidade decorativa, através do processo de extração e beneficiamento.

Estes elementos passam a adquirir enorme importância no desenvolvimento do homem, da sociedade e da sua cultura, pois dão origem a arquitetura e esculturas que fazem parte do patrimônio histórico da humanidade (BORGHI *et al.*, 2014).

A ampla utilização das rochas desde os tempos antigos como elementos estéticos e ornamentais, como utensílios e na construção civil leva em consideração o estudo do tipo de rocha utilizado, a fonte destas rochas, sua disponibilidade, mineralogia, resistência, durabilidade e utilização como matéria-prima. Este processo também carrega um grande valor para o conhecimento que essa prática tem como atividade econômica de diferentes sociedades e suas culturas ao longo do tempo, sendo um importante fator na avaliação da relevância histórica destes sítios, de construções civis e de monumentos.

No Brasil, é possível destacar estados pelas suas reservas de rochas de aplicação ornamental e seus patrimônios históricos. Dentre eles os Estados do Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco e Minas Gerais são considerados grandes centros detentores de importantes patrimônios históricos. A maior produção de material pétreo para a utilização ornamental se dá no estado de

Minas Gerais, que concentra grande quantidade de reservas de rochas quartzo-feldspáticas e também outros tipos pétreos (COSTA *et al.*, 2003).

Segundo o estudo realizado por Costa *et al.* (2003), os monumentos pétreos antigos do país são, em maioria, constituídos por mármore, calcários, xistos, quartzitos e esteatitos.

As rochas especificadas neste trabalho apresentam diferentes origens, histórias de formação geológica, composição, mineralogia, estruturas e patologias de alteração, visto a diversidade de características inerentes das rochas aliadas às características e fatores externos que as mesmas estão submetidas. Com isso são necessárias informações sobre estas especificidades acerca do material de estudo para que haja a sua caracterização.

3.1.1 | Gnaiss facoidal

3.1.1.1 | Origem e formação

O gnaiss facoidal é uma rocha que está diretamente relacionada ao turismo e a algumas das grandes belezas da cidade do Rio de Janeiro, visto que compõe importantes marcos da cidade, tais como o Corcovado e o Pão de Açúcar.

A origem destes gnaisses amplamente presentes na cidade do Rio de Janeiro esta associada à colisão de vários continentes antigos que formaram o supercontinente Gondwana, por volta de 570 milhões de anos atrás (VALERIANO, 2006; VALERIANO *et al.*, 2007a e 2007b). Estas rochas foram então soerguidas até a superfície através da movimentação vertical

da crosta terrestre ao longo de milhões de anos, onde o material desta crosta foi fundido, metamorfozido e dobrado pela colisão do Gondwana. Assim, o gnaiss facoidal é formado, produto dos processos de fusão, cristalização e deformação (VALERIANO *et al.*, 2007a; MANSUR *et al.*, 2008).

3.1.1.2 | *Características*

Como mencionado anteriormente, o gnaiss facoidal (Figura 1) é a rocha metamórfica que mais se destaca como matéria-prima para a utilização como cantaria na cidade do Rio de Janeiro.

Para a aplicação como rocha ornamental, é necessário o estudo das propriedades físicas, físico-mecânicas e petrográficas da rocha, baseado na sua caracterização e em ensaios laboratoriais que têm a finalidade de obedecer às demandas técnicas para o seu uso de forma segura.



Figura 1. Gnaiss facoidal.

Assim sendo, as propriedades do gnaissé facoidal foram então pesquisadas na bibliografia para que seja possível uma comparação com as rochas estudadas nos monumentos, estando compiladas e ilustradas na Tabela 1.

De acordo com Valeriano *et al.* (2012), a composição modal do gnaissé facoidal é de microclínio (25%), plagioclásio (22%), quartzo (30%), biotita (18%) e opacos (5%). A rocha pode ser descrita como biotita ortognaissé grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica dada por megacrístais lenticulares de microclínio de 3 a 5 cm em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores de granada e hornblenda. Apresenta fluxo magmático em zonas não deformadas. A idade do metamorfismo é de 552 ± 2 Ma.

Tabela 1. Características e propriedades do gnaissé facoidal.

Propriedades térmicas			
Condutividade térmica ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Difusibilidade térmica ($10^{-7} \cdot m^2 \cdot s^{-1}$)	Calor específico (kJ/gk)	Dilatação térmica
$2,63 \pm 0,51$	$10,34 \pm 1,54$	$0,82 \pm 0,06$	$8,8 \pm 1,3$ mm

Fonte: Frazão (2002).

Propriedades colorimétricas			
Amostras Inalteradas	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
Gnaissé seco	59,08	0,52	5,61
Gnaissé molhado	43,89	0,90	5,59

Fonte: Ricardo (2015).

Porosimetria		
Diâmetro médio dos poros (μm)	Porosidade (%)	Densidade (g/mL)
0,0295	0,98	2,64

Fonte: Vidal *et al.* (2005).

Tabela 1a. Características e propriedades do gnaíse facoidal.

Índices físicos		
	Valores fixados pela ASTM c -615	Valores sugeridos por Frazão e Farjallat (1995)
Massa específica aparente (Kg.m ³)	≥ 2.560	≥ 2.550
Porosidade aparente (%)	n.e.	≤ 1.0
absorção d'água (%)	≤ 0,4	≤ 0,4

Fonte: Frazão (2002).

Abrasão, impacto de corpo duro e resistência à compressão uniaxial		
Abrasão Los Angeles (%)	Impacto de corpo duro (%)	Compressão uniaxial (Mpa)
40±8	21±9	113±29

Fonte: Frazão (2002).

Velocidade de onda		
Vp (m/s)	Vs1 (m/s)	Vs2 (m/s)
5236	3020	2995

Fonte: Ricardo (2015).

3.1.2 | Granito

3.1.2.1 – Origem e formação

Para a descrição do granito encontrado no Monumento a Noel Rosa e em uma das pilastras da Basílica Nossa Senhora de Lourdes foram analisadas as rochas descritas no Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003), para que, desta forma, a rocha fosse classificada com

base nas características utilizadas nos padrões publicados no país (Tabela 2). A rocha que predomina no monumento a Noel Rosa é uma rocha ígnea intrusiva félsica e, de acordo com a análise e comparação com as rochas descritas no referido Catálogo, a rocha em questão é semelhante àquela que é classificada comercialmente como Granito Cinza Bressan (Figura 8).

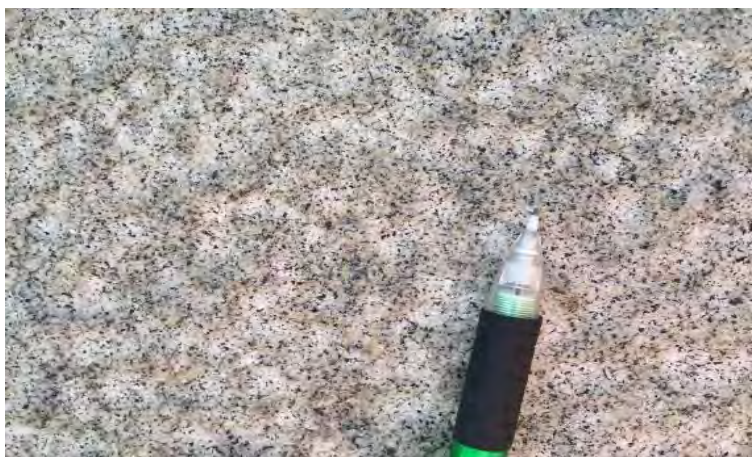


Figura 2. Granito.

A rocha Cinza Bressan apresenta como minerais modais: plagioclásio (oligoclásio e andesina; 33%), microclínio (30%), quartzo (27%), biotita (8%) e acessórios (2%). O granito é descrito como biotita monzogranito de granulação fina bem homogêneo, porfiritico, de coloração cinza claro e com a presença de pequenos pontos pretos de biotita homogeneamente distribuída, podendo ser alongadas (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003).

Tabela 2. Características e propriedades do granito.

Índices físicos			
Massa específica (Kg/m ²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Dilatação térmica linear (mmx10 ⁻³ /m°C)
2725	0,67	0,25	6,30

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

Compressão simples, compressão após gelo/degelo e flexão.		
Compressão simples (Mpa)	Compressão após gelo/degelo (MPa)	Flexão (MPa)
212,37	160,87	14,26

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

3.1.3 | Gnaisse migmatítico

O gnaisse migmatítico (Figura 3), localizado no piso do monumento a Noel Rosa, foi analisado em campo e também em conjunto do Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003), a fim de compará-lo (Quadro 4). A rocha quando comparada com o granito vermelho, apresenta-se mais desgastada.

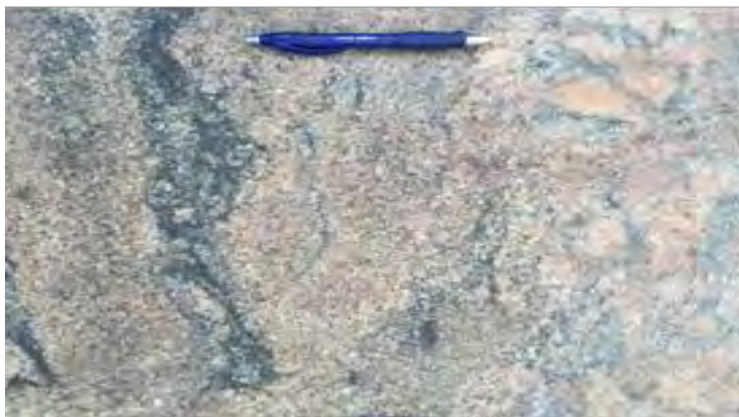


Figura 3. Gnaiss migmatítico presente no piso do monumento a Noel Rosa.

Esta rocha assemelha-se à rocha descrita por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003) pelo nome comercial de Granito Grampola, e, desta forma, utilizou-se suas características para efeito de comparação. A distribuição modal dos minerais é de microclínio (49%), quartzo (36%), plagioclásio (13%) e biotita e muscovita (2%). Ela é descrita como sendo um gnaiss migmatítico por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003), uma rocha granítica de cor rósea a bege, com manchas escuras em forma de filonetes irregulares, por vezes contornando massas monominerálicas de cor rósea (k-feldspatos).

Tabela 3. Características e propriedades do granito migmatítico.

Índices físicos		
Massa específica (kg/m ²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)
2610	1,13	0,43

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

Tabela 3a. Características e propriedades do granito migmatítico.

Compressão simples e flexão	
Compressão simples (Mpa)	Flexão (MPa)
110,54	20,08

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

3.1.4 | Granito vermelho

O granito vermelho (Figura 4), assim como as outras rochas, foi descrito em campo e, pela falta de informação sobre sua procedência, buscou-se no Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil (ABIROCHAS & CETEM/MCT, 2003) uma rocha semelhante, por comparação de imagens, cores e mineralogia, de forma que fosse possível compará-la e identificá-la com uma das rochas utilizadas como ornamento no Brasil (Tabela 5).



Figura 4. Granito vermelho.

A composição mineral do granito vermelho, de acordo com ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003), distribui-se em microclina

perfitico (45%), quartzo (35%), plagioclásio (15%) e biotita (5%). A rocha se assemelha a rocha identificada por ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003) como um sienogranito com textura fanerítica de granulação fina a média, com megacristais esparsos de feldspatos e cor vermelho médio alaranjado, chamado comercialmente de Vermelho Capão Bonito.

Tabela 4. Características e propriedades do granito vermelho.

Índices físicos			
Massa específica (kg/m ²)	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Dilatação térmica linear (mmx10 ⁻³ /m°C)
2635	0,56	0,21	10,00

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

Compressão simples, compressão após gelo/degelo e flexão		
Compressão simples (Mpa)	Compressão após gelo/degelo (MPa)	Flexão (MPa)
153,00	152,00	11,40

Fonte: ABIROCHAS & CETEM/MCT (2003).

3.2 | Utilização em Monumentos

3.2.1 | Cantaria no Rio de Janeiro No ano de 1549, a arte da cantaria foi introduzida no Brasil, especificamente na Bahia, pela vinda de portugueses, especialmente do mestre Luís Dias (Rodrigues *et al.*, 2004), que a disseminou, baseado na disponibilidade de rochas, a outras cidades com o passar do tempo.

A presença de grandes maciços rochosos ao redor da área de baixada com manguezais e charcos figuram os padrões geológico e geomorfológico da cidade do Rio de Janeiro, e são fatores de grande relevância para a relação de dependência com as pedreiras e seus produtos fornecidos, principalmente para a indústria de construção civil (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012).

A exploração destas antigas pedreiras foi de grande importância histórica no desenvolvimento urbano e populacional da cidade, levando em consideração a correlação do âmbito social e da indústria de extração de materiais pétreos, fazendo com que cada região da cidade apresentasse particularidades históricas relativas à exploração mineral (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012).

Informações sobre as pedreiras do Rio de Janeiro, do início da colonização até meados do século XX, são escassas, à medida que o monitoramento por parte do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) não havia se iniciado (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012). As pedreiras de gnaiss facoidal do Morro da Glória (Figura 5) e em outras localidades como no sopé do Corcovado, no Catete e no centro da cidade, foram listadas e descritas por Jean Baptiste Debret em seu livro “Viagem Pitoresca e Histórica ao Brasil” (1834-1839), sendo exploradas para uso em cantaria.

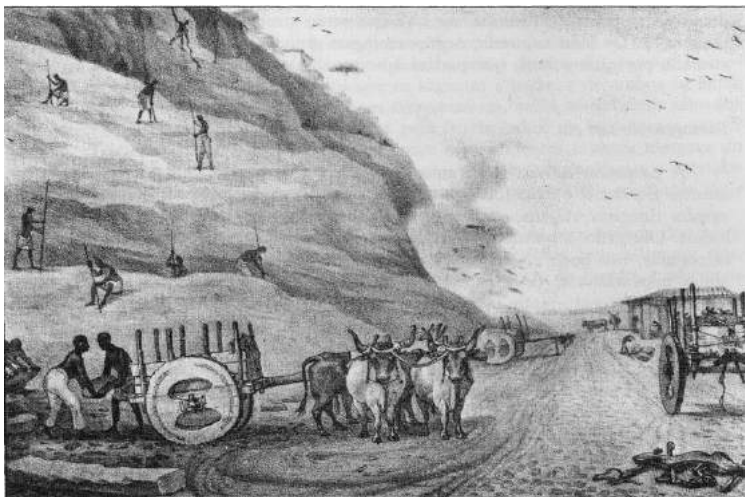


Figura 5. Pedreira em gnaiss facoidal no Morro da Glória, em gravura de Debret (1834-1839).

De acordo com Almeida & Porto Junior (2012), durante o período colonial no Brasil utilizava-se, predominantemente, a técnica portuguesa de modelagem de solo úmido, conhecida como taipa, por conta da necessidade de mão de obra especializada para extração, transporte e manuseio no uso de rochas como cantaria. A utilização das rochas ocorria principalmente como estruturas e ornamentos.

Entretanto, no Rio de Janeiro a cantaria já era aplicada em maior escala (Figura 6), não só com função estética ou estrutural como em portais, molduras e colunas, mas também na construção de igrejas antigas (AZEVEDO, 1877; MELLO MORAIS, 1886), marcos históricos como o Aqueduto da Lapa e o Paço Imperial, e casas onde paredes eram construídas com fragmentos de rochas cimentadas com argamassa (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012).

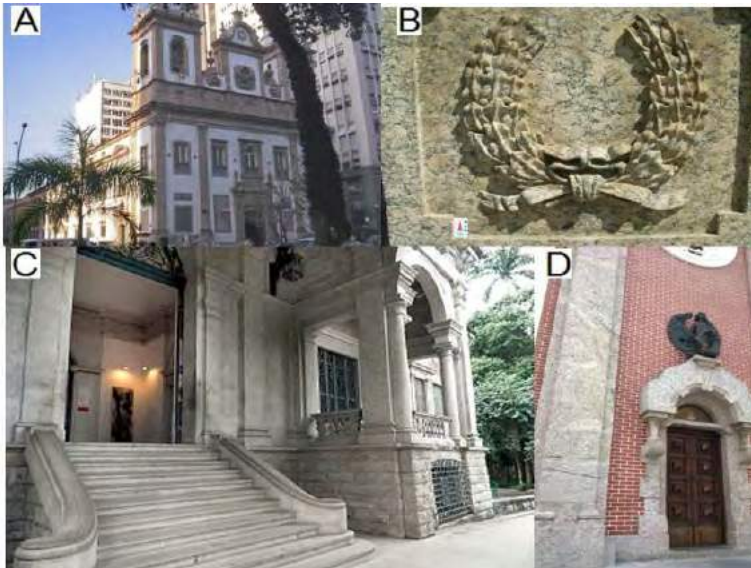


Figura 6. Exemplos de patrimônios que se utilizam de cantaria. (A) Igreja da Candelária; (B) Palácio da Geologia/DNPM; (C) Parque Lage; (D) Basílica Nossa Senhora de Lourdes.

No início do século XIX, ocorre também a ampliação da utilização de materiais pétreos para calçamento com a vinda da Família Real Portuguesa, o qual era feito "a partir de pedras extraídas dos flancos nus dos morros de granito" (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012). Esse desenvolvimento urbanístico promoveu um interesse ainda maior pelas pedreiras como fonte de matéria-prima.

O padrão das construções residenciais na cidade, principalmente na área central, assim como em prédios históricos tais como igrejas, capelas, palácios e museus, é majoritariamente baseado no uso de gnaiss facoidal, devido a sua elevada dureza e resistência (Figura 7).



Fonte: Almeida & Porto Junior (2012).

Figura 7. Fachada do Centro Cultural Banco do Brasil no centro do Rio de Janeiro em gnaiss facoidal.

A ausência de jazidas de mármore nas proximidades (MANSUR *et al.*, 2008), a presença de gnaiss facoidal aflorando em morros da região central e da zona sul do Rio de Janeiro e o fato de ser a rocha mais recorrente em Niterói (ALMEIDA & PORTO JUNIOR, 2012), foram elementos de grande relevância para essa massificação do uso desse gnaiss nas edificações do Rio de Janeiro.

Outra rocha bastante empregada como cantaria foi o leptinito, que é uma rocha metamórfica composta por quartzo, plagioclásio, biotita e granada, de granulação fina e cor branca acinzentada (Figura 8). Em menor volume é também possível encontrar granitos, mármore e calcários.



Fonte: Almeida & Porto Junior (2012).

Figura 8. Leptinito em cantaria da Casa França- Brasil.

3.3 | Monumentos no Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro, por ser uma das mais antigas e maiores cidades do país e por ter sido a capital do Brasil durante muito tempo, apresenta uma importante herança de monumentos e prédios do período colonial e pós-colonial do Brasil (SILVA & SILVA, 2013). Todavia, com o passar do tempo e do desenvolvimento da cidade, muitos dos sítios históricos não perduraram e foram destruídos pela ação do homem. Com o intuito de gerar um maior crescimento econômico da cidade, projetos urbanísticos foram realizados e acabaram por ignorar a importância histórica destas construções, que foram demolidas. Apesar destas perdas, muitas construções históricas permaneceram graças ao trabalho de órgãos do estado e municípios e de órgãos como o Instituto do Patrimônio

Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que se dedica à preservação do patrimônio histórico e cultural do país, através de medidas que visam a conservação, proteção e monitoramento dos bens culturais brasileiros.

3.4 | Vila Isabel

3.4.1 | História

O bairro de Vila Isabel, conhecido internacionalmente como “Berço do Samba” por sua musicalidade e carisma, é local de construção de monumentos e prédios importantes para a cultura da região. Vila Isabel é um bairro localizado na Zona Norte do Rio de Janeiro, se encontra confinado em um vale ladeado por colinas tais como o Morro dos Macacos e pelo rio Joana, a sul; é vizinho aos bairros da Tijuca, Grajaú, Andaraí, Maracanã e Mangureira.

Conhecida anteriormente como Fazenda dos Macacos (Figura 9), a área era arrendada por padres da Companhia de Jesus que se utilizavam de escravos para o cultivo de plantações de milho, cana, mandioca e frutas. Posteriormente, a Fazenda dos Macacos, assim como todos os bens da Companhia de Jesus, vieram a ser confiscados e incorporados à Coroa Portuguesa, levando a fazenda ao abandono.



Fonte: <https://blogdabn.wordpress.com/2015/05/31/rio-450-anos-bairros-do-rio-vila-isabel/> (acessado em 16 de fevereiro de 2016).

Figura 9. Praça Barão de Drumond e Boulevard 28 de Setembro no século XIX.

Com a Proclamação da Independência, em 1822, a fazenda foi incorporada pelo Império. Em 1830, com a mudança de D. Pedro I e sua esposa em definitivo para a Europa, a fazenda voltou a ser abandonada. Apenas depois da retificação do Rio Joana e com a diminuição das enchentes, a região passou a ser ocupada de forma desordenada e acelerada, sendo necessário inventariar a área. A partir de um levantamento cartográfico e dos bons resultados do comércio na região, João Batista Viana Drumond, mais conhecido como Barão de Drumond, decidiu projetar o bairro e comprar a Fazenda dos Macacos. A compra foi realizada no dia 3 de janeiro de 1872, dando origem ao bairro de Vila Isabel, que foi nomeado em homenagem à Princesa Isabel (ARAGÃO, 1997).

O planejamento arquitetônico do bairro foi realizado pela Companhia Arquitetônica, fundada no Rio de Janeiro, e visava tornar o bairro semelhante a Paris, com linhas modernas e uma

larga avenida arborizada no centro acabando numa praça (Figura 10). Desta forma surgem a Praça 7 de Março, hoje mais conhecida como Praça Barão de Drumond, nomeada em homenagem ao aniversário de instalação do gabinete de Visconde de Rio Branco, que atuou decisivamente na aprovação da Lei do Ventre Livre; e a Boulevard 28 de Setembro, que utiliza-se do nome Boulevard por ser uma avenida de estilo francês, e 28 de Setembro, pois esse foi o dia em que a Lei do Ventre Livre foi assinada pela Princesa Isabel, estabelecendo que todos os filhos de escravos nascidos a partir daquela data seriam considerados livres (ARAGÃO, 1997).



Fonte: Rose (2005).

Figura 10. Planta das ruas de Vila Isabel 1872.

As marcas de lutas e as raízes culturais dos negros africanos que trabalhavam no engenho como escravos são de grande influência na cultura e história do bairro, servindo como fontes de inspiração aos poetas, compositores e escritores.

Assim, o bairro passou por diversas transformações, desde a Fazenda dos Macacos até se tornar um bairro importante do Rio de Janeiro, graças ao Barão de Drumond (Figura 11).



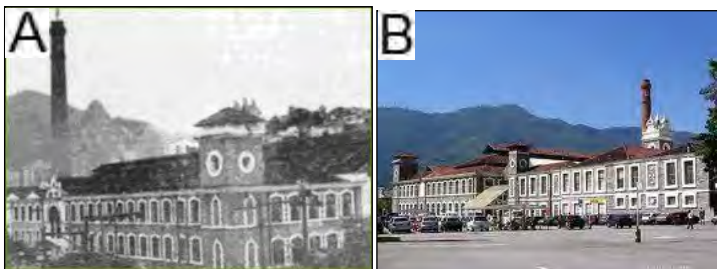
Fonte:

(A) http://www.viagensorioantigo.blogspot.com.br/2009_05_01_archive.html;

(B) <http://www.omb100.com/riodejaneiro-vilaisabel/historia> (acessado em 16 de fevereiro de 2016).

Figura 11. Boulevard 28 de Setembro antigamente quando havia o bonde ligando o bairro ao centro da cidade.

O progresso do bairro, de acordo com Aragão (1997), pode ser visto com a fundação da Companhia de Fiação e Tecidos Confiança Industrial (Figura 12) no dia 22 de abril de 1885, embora estivesse funcionando desde 1878. Considerada uma fábrica completa e de grande porte, ocupa grande área da rua Maxwell, onde foram construídas moradias para funcionários. A fábrica modernizou-se e passou por períodos de crises econômicas, sendo o de maior relevância o fato de ter sido a única fornecedora de tecidos para a confecção dos uniformes das Forças Armadas do Brasil durante a 2ª Guerra Mundial. A Fábrica Confiança encerrou suas atividades definitivamente no ano de 1964, e atualmente a antiga fábrica está sendo arrendada e utilizada como um supermercado.



Fonte: <http://geografiaetal.blogspot.com.br/2012/02/quando-as-cidades-abrigavam-suas.html> (acessado em 16 de fevereiro de 2016).

Figura 12. Companhia de Fiação e Tecidos Confiança Industrial antes, década de 1920 (A) e depois, anos 2010 (B).

Aliados às construções citadas, Vila Isabel ainda possui outros importantíssimos monumentos que representam a identidade do bairro e que foram os objetos de estudo deste trabalho, descritos a seguir.

3.4.2 | Objetos de estudo

3.4.2.1 | *Monumento a Noel Rosa*

O monumento a Noel Rosa (Figura 13) foi inaugurado em 22 de março de 1996, e representa a terceira homenagem da cidade e do bairro ao cantor e compositor (ARAGÃO, 1997; DIAS, 2010). Localiza-se no Largo do Maracanã, no cruzamento da do Boulevard 28 de Setembro com a Rua São Francisco Xavier.



Figura 13. (A) Monumento a Noel Rosa; (B) detalhe das estátuas do monumento.

Para a instalação da estátua do compositor foi criado este largo, segundo projeto do artista plástico Joás Pereira Passos, onde um conjunto de esculturas em bronze está disposto no centro de colunas formando portais de granito, que simulam a entrada de um botequim (ARAGÃO, 1997; DIAS, 2010). As Figuras, de corpo inteiro, representam Noel Rosa, sentado numa cadeira de bar com seu habitual cigarro entre os dedos, uma garrafa de cerveja, um copo e um maço de cigarro sobre a mesa (Figura 13) e, ao seu lado, um garçom o serve; uma

cadeira vazia esta disposta para visitantes se sentarem e tirarem uma foto com Noel. Também sobre a mesa tem-se uma lauda de bronze com a letra do samba “Conversa de Botequim”. O piso em que se encontra a estátua é composto por placas de gnaisse migmatítico e de granito vermelho dispostos em "xadrez" (Figura 14).



Figura 14. Piso do monumento a Noel Rosa, composto por granito migmatítico e granito vermelho organizados em "xadrez".

3.4.2.2 | *Basílica Nossa Senhora de Lourdes*

A Basílica Nossa Senhora de Lourdes, também referida neste trabalho apenas por Basílica (Figura 15) se localiza no Boulevard 28 de Setembro, nº 200 e foi construída entre 1919 e 1943, segundo o projeto do arquiteto Antônio Virzi (ROSE, 2005).



Figura 15. Basílica Nossa Senhora de Lourdes.

Entre os anos de 1900 e 1919, a Basílica atendia pelo nome capela de Nossa Senhora de Lourdes se localizava numa colina próxima à Praça Barão de Drumond, ao final do Boulevard 28 de Setembro. Uma réplica da gruta de Lourdes, que se localiza na França, foi construída dentro da capela a pedido do Barão de Drumond, que foi o grande responsável pela transformação arquitetônica no bairro (ROSE, 2005).

Em 1918, as atividades da capela foram então transferidas para a sua atual localização no Boulevard 28 de Setembro, onde se deu início à sua construção, no ano de 1919. Posteriormente, a sua antiga edificação foi demolida para dar lugar à construção do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (ROSE, 2005; ARAGÃO, 1997).

A fachada da Basílica, assim como os muros e colunas do portão de entrada, são compostos em sua maioria por gnaisse facoidal (Figura 16A), fazendo oposição à bibliografia que chama comercialmente as rochas de granito (ROSE, 2005; <http://www.nsl.org.br/home>). Dentro da área estudada, que se limita aos muros e colunas do portão de entrada, observou-se que uma das colunas é realmente composta por um granito semelhante ao encontrado no Monumento a Noel Rosa

(Figura 16B). Há relatos de funcionários da igreja que a coluna atual é substituta da antiga coluna em gnaissse facoidal que foi danificada num acidente envolvendo um ônibus, há décadas atrás. Os funcionários da igreja também informaram que o gnaissse facoidal veio de uma pedra que se localizava no Morro da Viúva, chamada Pedreira Januzzi. Na parte interna tem-se um predomínio do uso de granitos, mármore e serpentinitos na ornamentação.

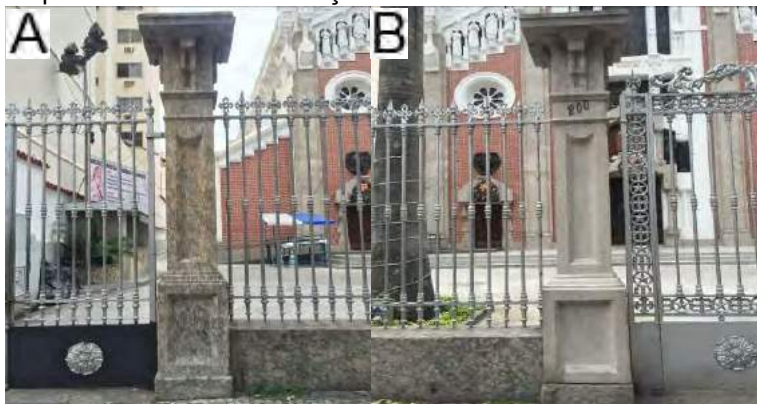


Figura 16. Colunas que compõem o portão de entrada da Basílica: (A) coluna de gnaissse facoidal; (B) coluna de granito.

3.4.2.3 | *Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda*

O Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (Figura 17), também conhecido como Convento de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda ou apenas Mosteiro, como referido ao longo do trabalho, foi construído no alto de um morro que começa na Praça Barão de Drumond e termina antes da Rua Mendes Tavares, propiciando uma visão panorâmica da praça e da vizinhança (ROSE, 2005). Edificado em linhas simples, é considerado um símbolo do bairro de Vila Isabel (ARAGÃO, 1997).



Figura 17. Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Sua história se inicia com a construção da capela de Nossa Senhora da Conceição pela Ordem da Imaculada Conceição, no século XVII, próximo à Lagoa de Santo Antônio, onde hoje é a Cinelândia (Figura 18). De acordo com a lenda popular, o nome Nossa Senhora da Ajuda originou-se, pois ao passarem em frente à capela carregando água, os escravos suplicavam: “Nossa Senhora, me ajude”. Diz-se também que a capela passou a funcionar como convento graças a um monge beneditino que viu naquela localidade a necessidade de acolher as mulheres que ali se instalaram (ARAGÃO, 1997).

A construção do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda tomou o lugar da capela de Nossa Senhora de Lourdes, que foi demolida e teve sua sede transferida para a nova igreja construída no Boulevard 28 de Setembro, atual Basílica Nossa Senhora de Lourdes. A pequena gruta de Lourdes do Barão, construída dentro da capela, foi preservada e posta em um jardim no centro do mosteiro (ARAGÃO, 1997; ROSE, 2005).



Fonte: http://provsjose.zip.net/frades/arch2009-03-01_2009-03-15.html.

Figura 18. Mosteiro em sua antiga localização na Cinelândia, que foi posteriormente demolido.

O complexo religioso é dividido em várias partes: a igreja e a área onde os empregados podem circular (cozinha, lavanderia e etc.); o jardim onde se encontra a réplica da gruta de Nossa Senhora de Lourdes; e o espaço reservado aos aposentos das freiras, onde o acesso é restrito às mesmas. Também é possível encontrar um pequeno cemitério, onde são sepultadas as freiras, e uma pequena horta (ROSE, 2005).

As colunas e muros da grade que separam o mosteiro da rua foram elaborados em gnaisse facoidal, com exceção de duas das colunas, que foram construídas em alvenaria (Figura 19).



Figura 19. Fachada do Mosteiro: (A) coluna em gnaiss facoidal; (B) colunas de alvenaria; (C) muros e colunas em gnaiss facoidal.

3.5 | Intemperismo, Clima e Formas de Alteração

3.5.1 | Intemperismo

As rochas, como materiais abióticos, estão suscetíveis a diversos processos que as modificam e promovem a sua desagregação e decomposição ao longo do tempo. Desta forma, é necessário compreender que a alteração das rochas é influenciada por dois fatores de grande importância: os fatores do próprio material – intrínsecos – e os fatores do ambiente em que a rocha se encontra – extrínsecos (RIECK, 2001).

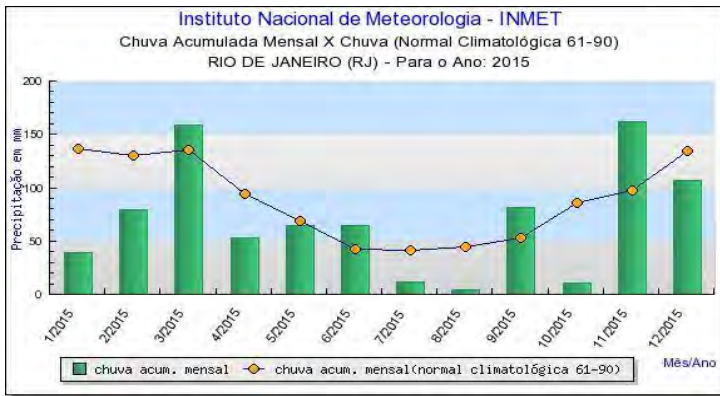
Os fatores intrínsecos estão diretamente relacionados às características inerentes às rochas, tais como a sua mineralogia, textura e composição química, enquanto que os fatores extrínsecos estão associados a agentes externos,

representados pelo clima e seus principais agentes, citados por Broto (2005) como sendo a água, os sais solúveis, organismos vivos e contaminação atmosférica, incluindo nos mesmos a ação antrópica.

Aires-Barros (1991) divide estes fatores extrínsecos, que levam em consideração o ambiente em que a rocha empregada no monumento se encontra, em fatores constantes – definidos pelo microclima, e fatores aleatórios – físicos e químicos. Assim, os fatores constantes são entendidos como relacionados à abordagem climática e agentes atmosféricos a eles ligados, tais quais a umidade relativa do ar, temperatura do ar, pressão atmosférica, insolação, ponto de orvalho, chuvas, conteúdo da atmosfera e ventos.

3.5.2 | Clima no Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro é uma cidade litorânea de clima tropical atlântico que varia de acordo com diferentes altitudes, vegetação e proximidade com o oceano. Apresenta temperaturas médias anuais variando entre 19°C e 31°C (Figura 20) e precipitação anual média entre 1100 e 1800 milímetros (Figura 21), sendo mais concentrada durante o período de novembro a março.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMet), <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

Figura 20. Variação da precipitação ao longo do ano de 2015 para a cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMet), <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

Figura 21. Variação da temperatura do ano de 2010 até o início de 2016 para a cidade do Rio de Janeiro.

De acordo com Frascá (2002), este clima tropical com altas temperaturas e umidade é uma das principais causas de degradação dos materiais rochosos, onde a água é o grande agente do intemperismo químico (Figura 22).

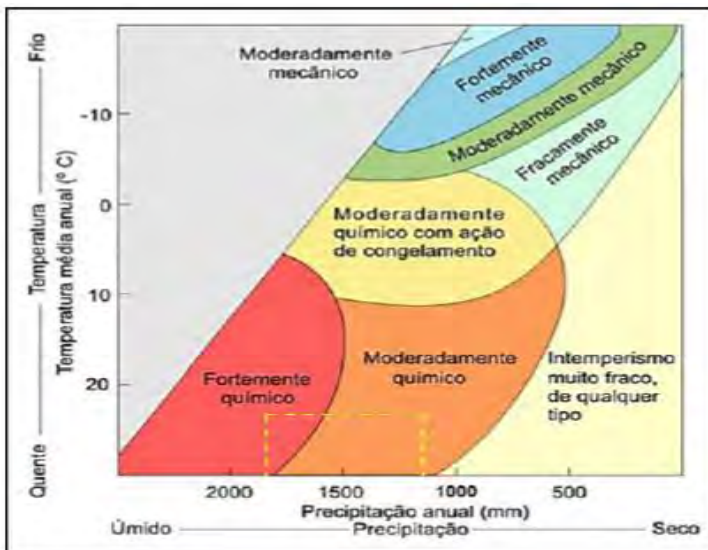



Figura 22. Correlação entre precipitação e temperatura anuais com processos intempéricos dominantes. Destaque da área tracejada em amarelo que corresponde às condições no Rio de Janeiro. Fonte: Frascá (2003).

Vale ressaltar a importância que o regime de ventos tem para a dispersão de poluentes atmosféricos, devido à queima de combustível de automóveis. O regime de ventos da região metropolitana da cidade tem direção preferencial que varia entre nordeste e sudoeste, e sofre grande influência do oceano Atlântico, das baías da Guanabara e de Sepetiba, da topografia e da estrutura urbana da cidade (JOURDAN, 2007).

3.5.3 | Formas de alteração

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

Estas divisões das feições de alteração visam classificá-las de uma forma unificada, facilitando a identificação das feições de alteração, de modo que as suas causas e efeitos sejam estudadas com maior eficácia.

				
CRACK & DEFORMATION FISURA & DEFORMAÇÃO	DETACHMENT DETACHEMENT	FEATURES INDUCED BY MATERIAL LOSS FIGURES INDUITES PAR UNE PERTE DE MATIÈRE	DISCOLOURATION & DEPOSIT ATEFATION CHROMATIQUE ET DÉPÔT	BIOLOGICAL COLONIZATION COLONISATION BIOLOGIQUE
CRACK - FISSURE Fracture - Fissure Star crack - Fissuration en étoile radial crack - microfissure Cracks - Craquelures Splitting - Clivage	BULSTERING - BOURSOUFFLURE BURSTING - ÉCLATEMENT DELAMINATION - DÉLITAGE exfoliation - exfoliation DISINTEGRATION - DESAGREGATION Crumbling - Émiettement Granular disintegration - Désagrégation granulaire Peeling - Pelage Sanding - Désagrégation sablée Scaling - Désagrégation en plaques	ALVEOLIZATION - ALVÉOLISATION Coring - Cuscinet EROSION - ÉROSION differential erosion - Erosion différentielle Gullies - Goules Loss of components - de composants Loss of matrix - de matrice Rounding - Usure en bords Sourchewing - Augmentation de largeur	CRUST - CROÛTE Black crust - Croûte noire Salt crust - Croûte saline DEPOSIT - DÉPÔT DISCOLOURATION - ALÉRIATION CHROMATIQUE Colouration - Coloration Bleaching - Décoloration Moist area - Accrètement des humides Staining - Tache	BIOLOGICAL COLONIZATION - COLONISATION BIOLOGIQUE ALGA - ALGUE LICHEN - LICHEN MOSS - MOUSSE MOULD - MOYSSISSE PLANT - PLANTE
DEFORMATION - DÉFORMATION	FRAGMENTATION - FRAGMENTATION Spalling - Écaillage Chipping - Lapidage	MECHANICAL DAMAGE - DÉGÂT MÉCANIQUE Impact damage - Impact Cut - Usure Scratch - Rayure Abrasion - Abrasion Keying - Arrachage	EFFLORESCENCE - EFFLORESCENCE ENCROUSTATION - ENCRUSTEMENT Concretion - Concretion FILM - FILM GLOSSY ASPECT - ASPECT LISANT GRAFFITI - GRAFFITI PATINA - PATINE Iron rich patina - Patine ferreuse Oxalate patina - Patine d'oxalate	
	PEELING - PELAGE SCALING - DESQUAMINATION Flaking - Écaillage Concrete scaling - écaillage en plaques	MICROKARST - MICROKARST MISSING PART - PARTIE MANQUANTE Gap - Trou PERFORATION - PERFORATION PITTING - PITING		

Fonte: modificado de ICOMOS-ISCS (2008).

Figura 23. Organização esquemática das diferentes morfologias de alteração das rochas.

3.5.3.1 | *Alteração antrópica no patrimônio*

As rochas, que compõem grande parte dos monumentos, são afetadas pelos processos de intemperismo químico e físico que atuam dependendo das condições climáticas da região. Sendo assim, alterações e degradações podem resultar da atuação desse intemperismo. Entretanto, a ação do homem constitui um 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 & BADJA, 2001), alterando gradualmente os materiais pétreos com a perda de resistência pelo aumento da porosidade.

Deste modo, a alteração das rochas constitui uma etapa normal do ciclo das mesmas, que acaba por ocorrer de forma potencializada nos centros urbanos por conta das atividades do homem.

Outras ações envolvendo o homem e descritas como atos de vandalismo ao patrimônio público e, até encaradas como formas de protesto, evidenciam a falta de conhecimento e de valorização da importância do patrimônio cultural para a sociedade. Prova-se, desta forma, a necessidade de educação patrimonial da população por meio da disseminação de informação e do estímulo à valorização do espaço ao qual pertencemos como sociedade (GROSSI & DEL LAMA, 2012).

4 | METODOLOGIA

Os métodos e ensaios realizados neste trabalho podem ser resumidos na Tabela 5.

Tabela 5. Métodos utilizados em cada monumento.

Monumento		Métodos Utilizados						
		Mapeamento de Danos	Água de Lavagem	Dureza	FRX	Colorimetria	Velocidade de Ondas Ultrassônicas	Absorção com tubo de Karsten
Monumento a Noel Rosa	Pilastra	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Piso			✓		✓		
Basílica Nossa Senhora de Lourdes		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

4.1 | Localização

A área de estudo se localiza no bairro de Vila Isabel, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro (Figura 24). Os objetos estudados estão localizados na área de maior movimento do bairro de Vila Isabel, o Boulevard 28 de Setembro, que liga a região do Maracanã à Praça Barão de Drumond, um dos pontos centrais do bairro.

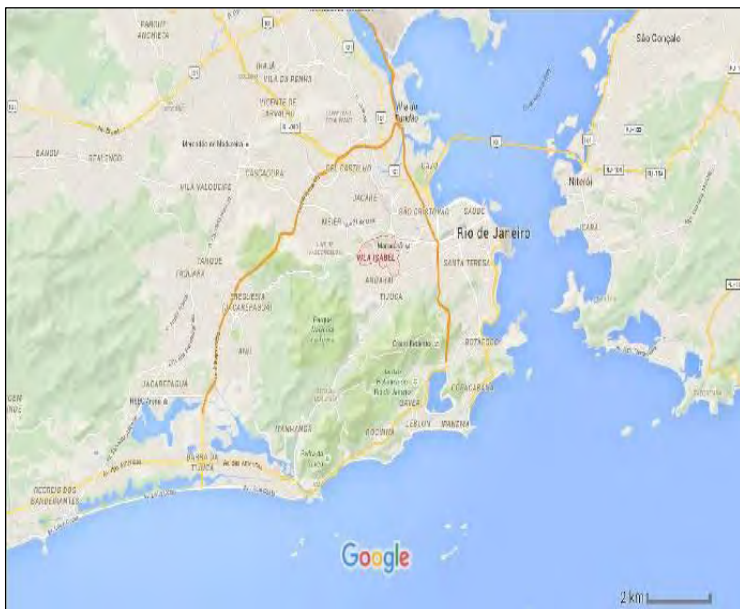


Figura 24. Localização do bairro de Vila Isabel. Acessado em Google Maps.

Na Figura 25, é possível observar a localização do monumento a Noel Rosa, no início do Boulevard 28 de Setembro, ao passo que a Basílica Nossa Senhora de Lourdes se encontra por volta do meio da extensão do Boulevard e o Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda localiza-se ao fim da mesma, já na Praça Barão de Drumond. A calçada musical em pedra portuguesa foi construída ao longo de toda a extensão do Boulevard 28 de Setembro.

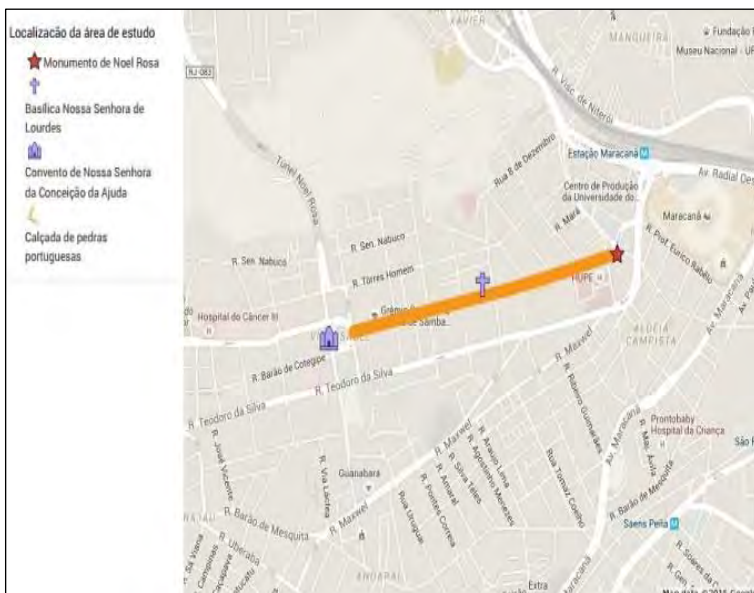


Figura 25. Localização dos objetos de estudo no bairro de Vila Isabel. Adaptado do Google Maps.

4.1.1 | Localização de pontos ensaiados

No monumento a Noel Rosa, os pontos foram localizados nas colunas dos arcos de 1 a 8, a contar pelas colunas de direção NNW, em sentido horário (Figura 26), e em pontos distribuídos no piso do monumento (Figura 27).



Figura 26. Distribuição dos pontos nos arcos do Monumento a Noel Rosa.

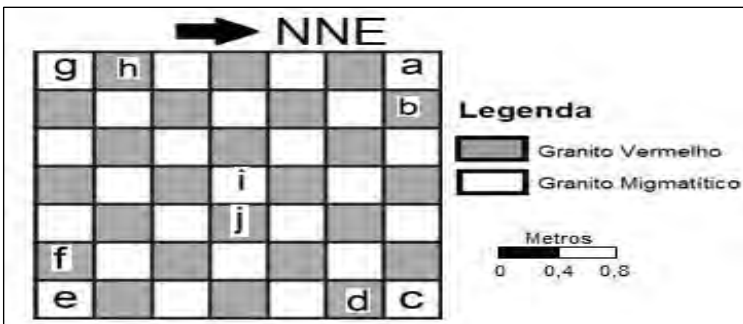


Figura 27. Localização dos pontos “a”, “b”, “c”, “d”, “e”, “f”, “g”, “h”, “i” e “j” no piso do Monumento a Noel Rosa.

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes, os pontos foram distribuídos na parte frontal do muro e em colunas, como mostra a Figura 28, de forma a contribuir na orientação dos mapeamentos de danos.



Figura 28. Distribuição de pontos de ensaio na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes e orientação utilizada no mapeamento de danos.

A distribuição de pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda foi realizada, assim como na Basílica, de forma a garantir representatividade espacial para os ensaios nesses monumentos (Figura 29). Vale ressaltar que duas das pilastras no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda são de alvenaria.

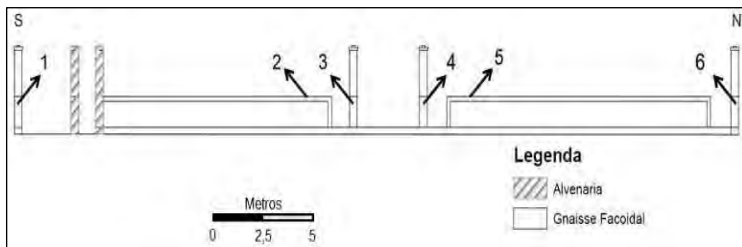


Figura 29. Distribuição de pontos medidos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

4.2 | Mapeamento de Danos

O mapeamento de danos consiste na realização do mapeamento das feições de alteração presentes nas rochas do objeto de estudo, avaliando e quantificando a disposição e distribuição das mesmas.

Para este trabalho, foi realizado o mapeamento de danos das partes da frente e de trás dos portais do monumento a Noel Rosa, da parte da frente e de trás dos muros e das colunas da entrada da Basílica Nossa Senhora de Lourdes e dos muros e colunas de entrada do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Na confecção do mapa de danos utilizaram-se fotos como referência das localidades estudadas para que fosse possível a sua digitalização e a elaboração de *croquis* a serem usados em campo. Os *croquis* foram produzidos com o emprego do *software Inkscape Vector Graphics Editor*, onde as fotos serviram de base para criar os contornos e localizar espacialmente os muros, colunas e as demais características dos objetos estudados.

Fazendo o uso destes *croquis* e do glossário ilustrado “Illustrated glossary on stone deterioration patterns/Glossaire illustré sur les formes d’altération de lapierre” (ICOMOS, 2008), que foi a referência na denominação das feições de alteração caracterizadas *in loco*, realizou-se o trabalho de campo, que consistiu na observação das feições de alterações e na sua representação nos *croquis*.

Com os mapas de alteração prontos e escaneados efetuou-se a digitalização dos mesmos com o auxílio do *software ArcGIS* versão 10, que é um programa comumente usado para a análise e produção de mapas. As rochas e feições de alteração foram delimitadas e transformadas em polígonos para que fosse possível sua classificação e a criação de legendas. Desta forma, com todos os dados delimitados e classificados, uniram-

se as informações sobre as litologias, alterações, legendas e escalas, produzindo os mapas finais.

Graças a estes dados também foi possível calcular a porcentagem da área das feições de alteração, compondo assim gráficos.

4.3 | Coleta de Água de Lavagem

A coleta de água de lavagem foi realizada com o intuito de colher amostras contendo material incrustado nas rochas, considerados como poluentes. Foram utilizados frascos plásticos estéreis com tampas à prova de vazamento, um picete contendo água destilada e uma escova de cerdas macias.

Foram lavadas porção das rochas dos monumentos jogando-se água destilada do picete e esfregando a região com a escova. Em seguida utilizou-se o picete com água destilada para lavar a escova contaminada e armazenou-se o líquido coletado nos frascos.

A lavagem foi realizada no monumento a Noel Rosa nos pontos 1, 3, 5 e 7, nos pontos 1, 3, 4 e 6 na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, e por fim, nos pontos 1, 2, 5 e 6 no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

A água foi analisada pelo método de cromatografia iônica pela coordenação de Análises Minerais - COAM, do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM).

4.4 | Medição da Dureza

A dureza é um componente físico ligado diretamente à resistência de materiais e pode ser utilizado para caracterização de alteração de rochas e minerais visto o conhecimento destas características dos materiais são. Para medir este componente foi utilizado o aparelho Equotip3 da marca Proceq, que é um aparelho portátil de técnica não destrutiva.

A medição se deu com a aplicação de um método dinâmico, onde se colocou o aparelho de impacto no objeto de estudo e aperta-se o gatilho, liberando uma esfera de metal localizada dentro do aparelho que bate na superfície do objeto de estudo. Com isto, o aparelho se utiliza da razão da velocidade de ricochete da esfera na superfície do objeto e da velocidade de impacto para calcular a dureza (PROCEQ, 2007).

O teste foi realizado 3 vezes em cada ponto, utilizando a sua média como resultado final. Os pontos selecionados foram os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do monumento a Noel Rosa, os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e os pontos localizados ao longo da calçada musical, onde cada ponto apresenta uma medida para o basalto e outra para o calcário, assim como no meio-fio.

4.5 | Avaliação Química com FRX Portátil

Avaliar a composição química das rochas a serem estudadas se faz necessário à medida que esta característica dos minerais está relacionada à alteração das rochas e às feições de alteração presentes.

Deste modo, verificou-se a composição química das rochas dos monumentos com a utilização do aparelho da marca *Bruker* (Figura 46), que se utiliza de uma técnica não destrutiva em que raios-X são direcionados ao objeto de estudo para obtenção do resultado.

Para este trabalho a avaliação química foi realizada 3 vezes em cada ponto, utilizando a sua média como resultado final para os pontos 1, 3, 5 e 7 do monumento a Noel Rosa, nos pontos 1, 3, 4, 6, 11 e 12 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, e no Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

4.6 | Colorimetria

Para medição do índice de cor das rochas dos monumentos, e fazer possível a comparação das rochas alteradas com rochas não alteradas ou de índices encontrados na bibliografia, realizou-se esta medição com o auxílio do *Spectro-Guide Sphere Gloss* da marca BYK, que é um colorímetro portátil. Este também faz uso de uma técnica não destrutiva (Figura 47).

As medições se deram pela aquisição de três valores por ponto e da média destes para obter um resultado com menor desvio, sendo também realizadas calibrações do aparelho sempre que necessário.

Os resultados da leitura são vistos no visor LCD do aparelho, que fornece valores relativos aos eixos das cores verde a vermelho – eixo a^* –, azul a amarelo – eixo b^* – e luminosidade – eixo L^* –, que representa a variação entre escuro e claro (Figura 30).

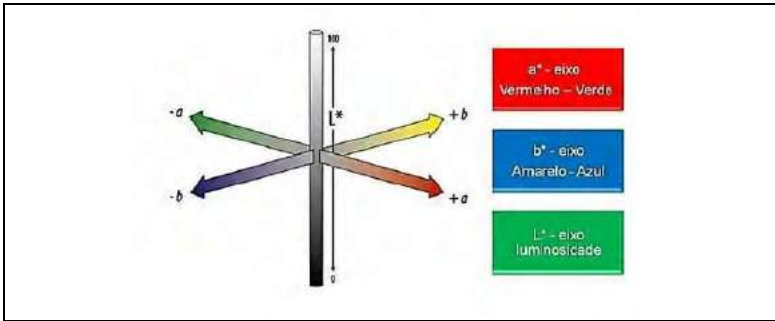


Figura 30. Eixos 3D usados para interpretação dos valores obtidos a partir de análise colorimétrica em campo. Fonte: Ricardo (2015).

Os resultados obtidos foram plotados em um gráfico com os três eixos anteriormente mencionados, onde se observa a distribuição de cores preferenciais dos pontos, podendo compará-las entre si afim de encontrar tendências com as cores de rochas sãs e/ou da bibliografia.

Deste modo, foi realizada a medição de cor e brilho nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 (portais) e nos pontos "a", "b", "c", "d", "e", "f", "g", "h", "i" e "j" (piso) do Monumento a Noel Rosa, nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 da Basílica Nossa Senhora de Lourdes, nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e nos pontos localizados ao longo da calçada musical.

4.7 | Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas

Regulamentado pela norma americana D2845 (ASTM, 1990), este ensaio determina a medida de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas longitudinais (V_p), podendo ser aplicado na determinação de propriedades físicas como o grau

de porosidade, fissuramento, de alteração e coesão de rochas e outros materiais tais como madeira e concreto. A vantagem do uso deste método para caracterização mecânica é que o mesmo não é destrutivo, sendo de grande valia para a avaliação de materiais pétreos, aplicados, em especial, nos monumentos.

Neste trabalho, utilizou-se o *Portable Ultrasonic Non Destructive Indicator Tester* (PUNDIT) para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais. O aparelho opera com o auxílio de dois transdutores de 54 kHz, com possibilidade de medidas que variam de 0,1 μ s a 7930 μ s e é alimentado por uma bateria interna ou alimentação elétrica. Os disparos foram realizados automaticamente por meio de um oscilador de cristal de 10 MHz, cuja precisão é da ordem de \pm 0,1 μ s (Proceq, 2014).

Tabela 6. Determinação da frequência a ser utilizada.

Frequência (kHz)	Comprimento de onda (nm)	Dimensão lateral mínima (cm)
24	154	77,0
54	68,5	34,25
150	24,7	12,35
250	14,8	7,4
500	7,4	3,7

Para as medições, primeiramente, foi necessária a determinação da distância entre as faces medidas nas colunas de rocha, que é essencial para o cálculo da velocidade das ondas. Em seguida, estimou-se a dimensão lateral das faces a serem medidas com o auxílio de uma trena, tornando possível

o cálculo da frequência das ondas a ser usada. De acordo com a norma D2845 (ASTM, 1990), para medições ultrassônicas em rochas, esta dimensão lateral deve ter valor mínimo de 5 vezes o comprimento da onda utilizada, sendo a frequência definida de acordo com o Quadro 4.

Procurou-se medir a velocidade de ondas ultrassônicas tanto nas faces frontais quanto nas laterais, para que as direções de possíveis feições de alteração fossem estimadas

As medições sucederam-se no Monumento a Noel Rosa em dois pontos de cada face das colunas (frontal e lateral) 1, 3, 5 e 7. Na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, as medições se limitaram aos pontos 3, 4, 11 e 12, enquanto que no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda mediu-se apenas as laterais de 3 e 4.

4.8 | Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)

O ensaio de absorção com tubo de Karsten foi realizado com o intuito de avaliar o grau de resistência do material rochoso à passagem de água, estando a rocha alterada ou não, por meio da medição do tempo com que a água se desloca pelos poros do material a ser ensaiado de acordo com a norma RILEM (*Reunion Internationale des Laboratoires D'essais et de Recherches sur les Materiaux et les Constructions*).

A realização do ensaio envolve a medição da absorção com a utilização de um tubo de plástico ou de vidro, conhecido como tubo de Karsten, para medir a absorção da água na vertical ou horizontal, podendo ser feito em laboratório ou em campo.

O formato do tubo se assemelha ao de um cachimbo e sua porção vertical é graduada de 0 a 5 mL, com espaçamento marcado a cada 1 mL e a cada intervalo menor de 0,1 mL.

Nos ensaios realizados, foi utilizado um tubo de Karsten de plástico (Figura 51) que era fixado na rocha com a ajuda de um material moldável e selante muito utilizado em procedimentos odontológicos, denominado alginato. Com o tubo selado e fixo à rocha, o mesmo é preenchido com água destilada até que a base do menisco, formado pela água, se iguale ao nível máximo do tubo indicado pela marca da graduação equivalente a 0 mL. Com o auxílio de um cronômetro, são medidos os intervalos de tempo de 0,13; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 e 60,0 minutos em que as medidas do nível de água observadas se deslocam no menisco em movimento descendente, configurando a absorção da água pela rocha através de suas fraturas e poros.

Deste modo, realizaram-se os ensaios de campo em pontos nos monumentos com mais feições de alteração e outros com menos feições aparentes.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 | Mapeamento de Danos

Com o mapeamento de danos realizado, foi possível produzir os mapas apresentando as feições de alterações presente. Os nomes das feições de alteração utilizados foram todos baseados no glossário de padrões de alteração ICOMOS (2003).

No Monumento a Noel Rosa, o mapeamento foi realizado em ambos os lados de cada arco, sendo uma face voltada para o monumento e outra para fora do monumento. Como estas faces opostas mostrariam as colunas em ordem invertida, girou-se a face de dentro do monumento para que fosse mais fácil observá-las em conjunto (Figuras 31, 32, 33 e 34). Também, confeccionou-se um gráfico com as porcentagens das feições de alteração presentes nos arcos (Figura 35).

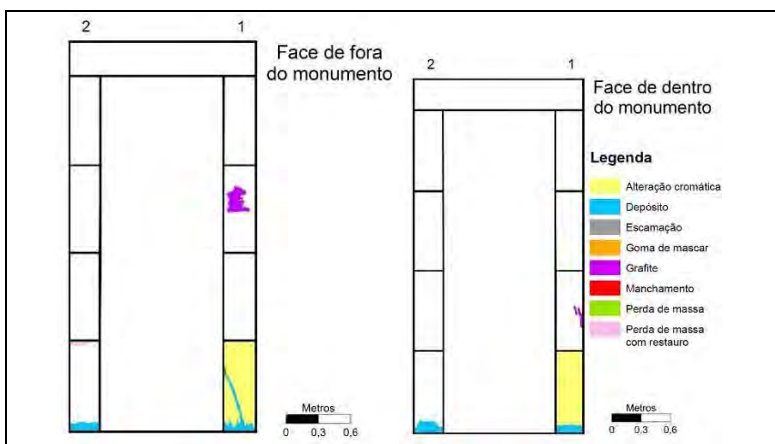


Figura 31. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 1 e 2.

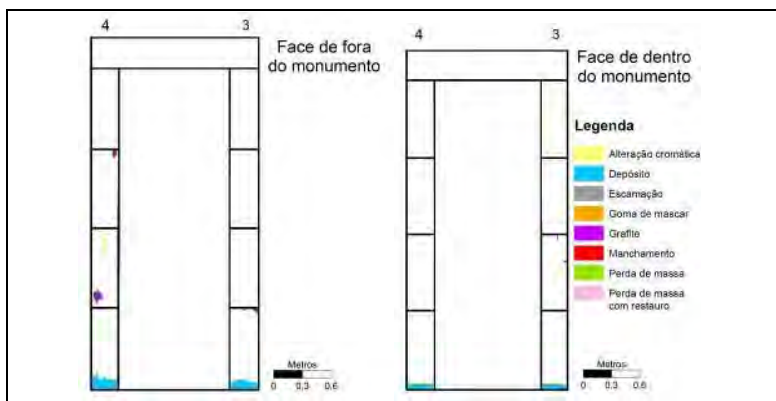


Figura 32. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 3 e 4.

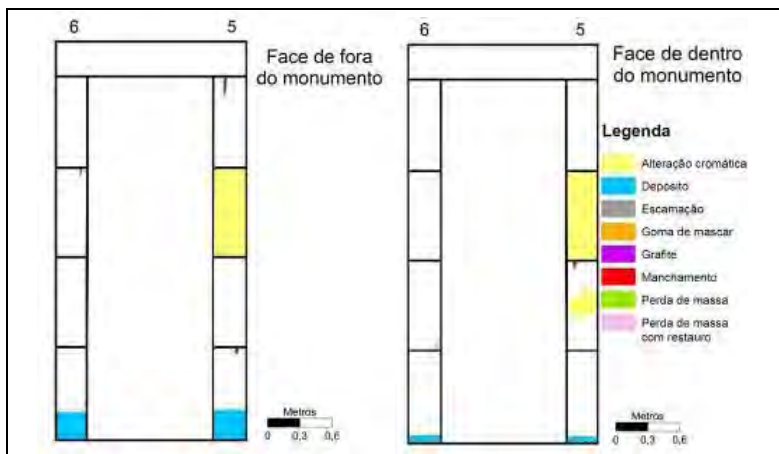


Figura 33. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 5 e 6.

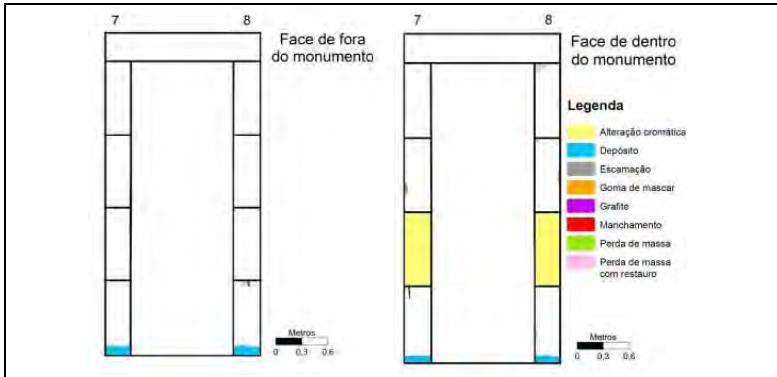


Figura 34. Mapeamento de danos das faces de dentro e de fora do arco com as colunas 7 e 8.

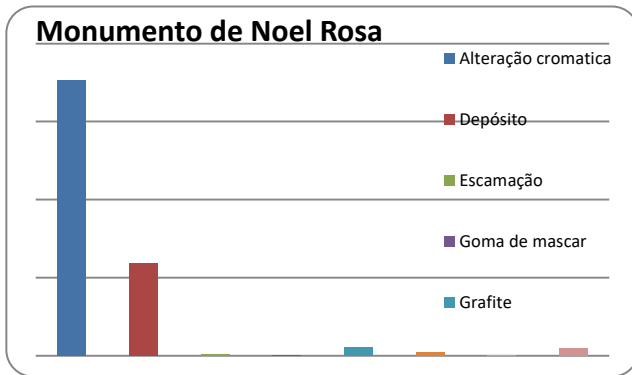


Figura 35. Porcentagem dos danos presentes no Monumento a Noel Rosa.

As faces de dentro e de fora do Monumento das mesmas pilastras não apresentam grandes diferenças na ocorrência de alterações entre si, não podendo assim apontar possíveis padrões a respeito da sua posição em relação à avenida.

Observa-se nas rochas dos arcos uma intensa alteração cromática na forma de amarelamento de partes, ou de blocos inteiros do granito, como na Figura 36, onde a seta vermelha indica alteração cromática amarelada do bloco inteiro e a seta azul indica alteração cromática escura na pilastra 5. O amarelamento é entendido como sendo resultado da alteração de minerais ferro magnesianos, como a biotita, presentes no granito. Esta ocorrência em blocos inteiros isolados aponta para uma alteração anterior ao processo de lavra.



Figura 36. Alteração cromática na pilastra 5.

a) Depósitos

Depósitos são encontrados nas bases das pilastras (Figura 37), podendo ser compostos pela deposição de sujeira das porções superiores dos próprios arcos, que se acumulam ali com a lavagem dos arcos pela chuva, pela urina de animais como cães ou até mesmo de pessoas, visto que a área é frequentada por moradores de rua. Outra importante fonte de material depositado na rocha é a emissão de poluentes de enxofre pela queima de combustível de carros e ônibus que transitam na região.



Figura 37. Depósito comumente encontrado na base das pilastras.

b) Perdas

As perdas de massa e perdas de massa com intervenções de restauro estão localizadas, em sua maioria, nas bordas dos blocos, podendo possivelmente ser consequência de danos físicos durante o transporte dos blocos, visto que a argamassa utilizada para o restauro é a mesma que foi utilizada para unir os blocos, ou ocorrendo no próprio monumento (Figura 38).



Figura 38. Perda de massa com restauro no bloco superior, perto do contato entre os blocos.

c) Variação cromática

O manchamento que ocorre nos arcos apresenta cor avermelhada e é oriundo da oxidação das vigas de ferro que foram introduzidas na argamassa utilizada para unir os blocos (Figura 39).



Figura 39. Manchamento avermelhado devido à oxidação da viga de ferro.

d) Alterações antrópicas

O grafite e a goma de mascar são exemplos de alteração antrópica diretamente ao monumento (Figura 40). É possível notar que foi feita a limpeza do monumento, devido ao clareamento grafite.

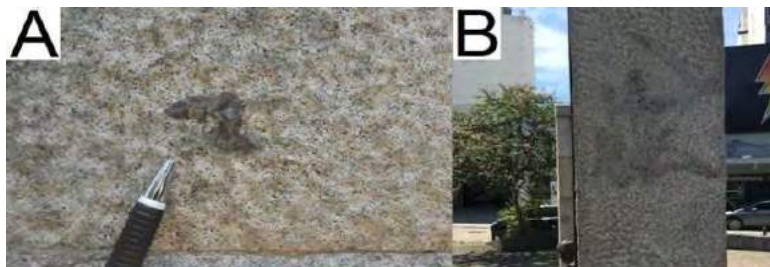


Figura 40. (A) Goma de mascar na pilastra; (B) grafite.

Vale ressaltar que as partes internas dos arcos, que não foram mapeadas aqui, apresentam manchas de tinta utilizadas para pintar a estrutura de madeira que compõem os arcos (Figura 41).



Figura 41. Manchamento de tinta e escurecimento das rugosidades "externas" do granito, causadas pelo picoteamento grosso utilizado no seu beneficiamento.

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes o mapeamento de danos foi realizado nas faces externa (Figura 42 e 43) e interna (Figura 44 e 45), estando orientados de A a A' na porção externa e B a B' na interna. Para uma melhor correlação entre os dois, o mapeamento da face interna foi girada. Com os mapas, foi possível confeccionar o gráfico de porcentagem de alterações mapeadas na Basílica (Figura 46).

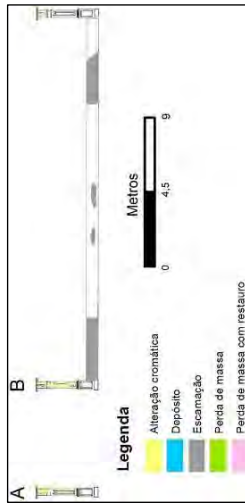


Figura 42. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes.

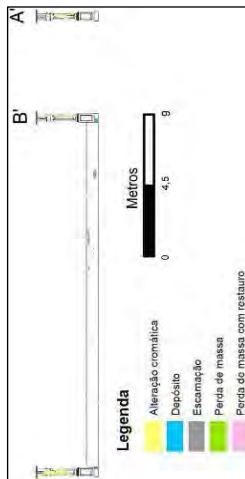


Figura 43. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte frontal da Basílica Nossa Senhora de Lourdes.

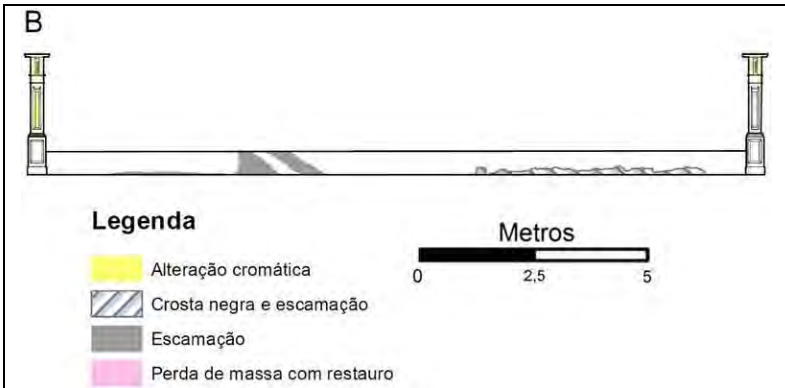


Figura 44. Mapeamento de danos do lado direito da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal.



Figura 45. Mapeamento de danos do lado esquerdo da parte interna da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. Foto invertida para facilitar a correlação com o mapeamento da parte frontal.

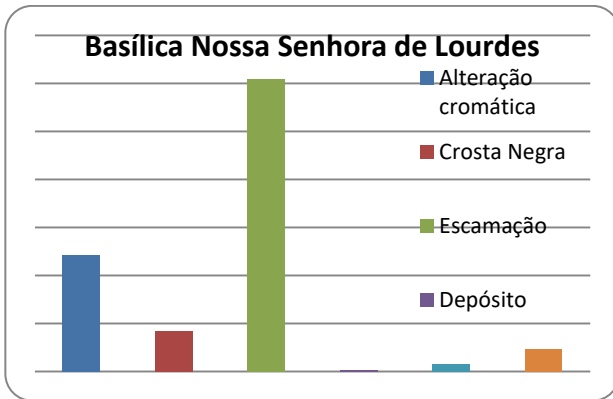


Figura 46. Porcentagem dos danos presentes na Basílica Nossa Senhora de Lourdes.

Como pode ser observado na Figura 47 escamação e a alteração cromática amarelada são as feições de alteração mais proeminentes nas rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes. As escamações correspondem a aproximadamente 60% das feições de alteração na Basílica, estando presentes em grandes e pequenas porções bem espalhadas pelos seus muros, e podendo ser responsáveis pela perda de massa encontrada na parte de dentro do muro (Figura 47). Esta ocorrência apenas em pontos de menor altura, pois não aparece nas pilastras, pode ter origem em sais que são transportados das águas subterrâneas por capilaridade, acelerando o intemperismo da rocha.



Figura 47. Escamação resultando na perda de massa.

Em relação aos danos totais, a segunda alteração mais frequente na Basílica, com 24,3%, é a alteração cromática, que causa um amarelamento das rochas. Presente exclusivamente nas pilastras, essa feição ocorre com maior regularidade e maior amarelamento em direção ao topo das pilastras (Figura 48). Essas feições possivelmente ocorrem a partir da constante exposição e impacto da água da chuva, que se acumula e escorre, sendo também influenciada pela geometria do topo da pilastra, pois atua como uma calha e uma barreira à luz do sol, prolongando o tempo da evaporação da água e criando estes amarelamentos. Além disso, a água também seria responsável pela alteração de minerais ferromagnesianos como a biotita, que se altera para uma cor amarelada. Outra possibilidade seria a presença de sais provenientes de água subterrânea que ascenderiam por capilaridade auxiliando na intemperização.



Figura 48. Pilastra da Basílica Nossa Senhora de Lourdes com alteração cromática amarelada ocorrendo na porção superior.

As perdas de massa com restauro estão, assim como nos blocos de granito do Monumento a Noel Rosa, localizadas nas bordas dos blocos, indicando danos mecânicos durante o transporte ou por impactos físicos. Também é possível notar perdas de massa nas partes laterais das pilastras, devido a abertura e dano dos portões de entrada.

Tem-se também a presença de crosta negra em uma porção inferior do muro, associada com a feição de escamação. É possível observar depósitos em cima dos muros.

O mapeamento de alterações no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda é observado na Figura 49 e o gráfico com porcentagens de alterações mapeadas na Figura 50.

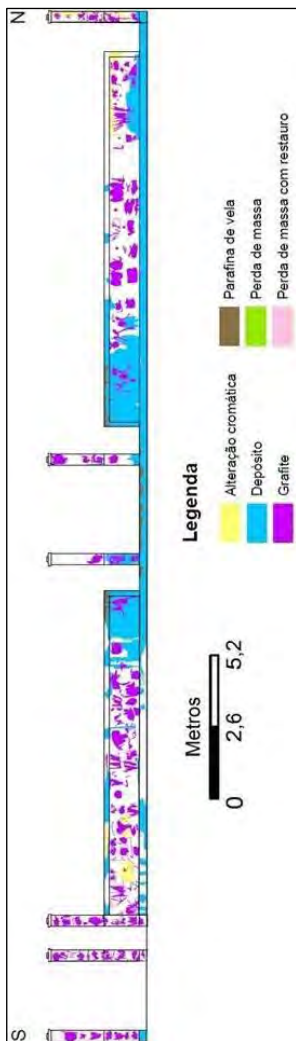


Figura 49. Mapeamento de danos do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.



Figura 50. Porcentagem dos danos presentes no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Como se pode notar, o depósito, salino e de enxofre, é o principal dano que ocorre na fachada do Mosteiro, com 61,2% dentre todas as alterações presentes. Os depósitos são de coloração escura e podem ser encontrados com maior ocorrência estando mais próximos das pilastras do meio, que seria a entrada principal do Mosteiro, onde é muito frequente o acender de velas por pessoas que ali rezam (Figura 51). Logo, a parafina que escorre dessas velas, acaba por contribuir para a aderência de partículas de sujeira e de material oriundo da queima de combustíveis de carros e ônibus que transitam na região. As porções de parafina de vela mapeadas foram as mais facilmente observáveis e de maior escala, porém, acredita-se que camadas muito finas de parafina estejam diretamente associadas com os depósitos de coloração escura no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.



Figura 51. (A) Depósitos de coloração escura; (B) parafina de vela derretida em cima do muro.

O grafite é, com 31% das feições mapeadas, a segunda maior feição de alteração presente, se destacando pela sua grande distribuição ao longo do Mosteiro (Figura 52).



Figura 52. Grafites ao longo da fachada do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

A alteração cromática presente é a mesma encontrada nas outras áreas de estudo, correspondendo a um amarelamento da rocha, possivelmente pela influência das águas das chuvas.

As perdas de massa são em pequena escala e localizam-se nas bordas dos blocos que compõem o muro, indicando danos físicos.

5.2 | Água de Lavagem

No Apêndice A apresentam-se os resultados dos teores dos elementos químicos presentes nas águas recolhidas nas lavagens dos monumentos. A partir de sua análise, é possível observar altos valores de enxofre, e especialmente de SO_4 , que são interpretados como sendo oriundos da queima de combustíveis dos veículos, principalmente ônibus, que transitam em grande intensidade na região. A Figura 53 (A) mostra a grande movimentação de veículos na esquina em que se encontra o monumento a Noel Rosa, enquanto (B) mostra o intenso tráfego de veículos na Boulevard 28 de Setembro, e (C) a proximidade do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda a pontos finais de diversas linhas de ônibus na Praça Barão de Drumond.



Figura 53. Intenso fluxo de veículos (A) próximo ao Monumento a Noel Rosa; (B) no Boulevard 28 de Setembro; (C) próximo ao Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda.

Também são observados elevados valores de cloreto e sódio em todos os monumentos, principalmente na Basílica Nossa Senhora de Lourdes e no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, que indicam elevada presença de sais nas rochas.

Estes sais podem ser provenientes da presença de águas salobras no lençol freático, que sobem pelas rochas por capilaridade. A ascensão destas soluções salinas nas rochas é

responsável por criar fissuras e microfissuras, causando mais espaço para os sais solúveis ascenderem, formando um ciclo de alteração (RICARDO, 2015).

Esta contaminação das águas subterrâneas ocorre na Praça da Bandeira e é citada por Souza & Ottoni (2015), onde a água salgada do mar avança em direção ao continente durante os regimes naturais de maré cheia. A distância da Basílica de Nossa Senhora de Lourdes, que se encontra relativamente no meio do Boulevard 28 de Setembro, em relação à Praça da Bandeira é de 2,9 km (Figura 54), o que permite considerar como possível que tal contaminação tenha também alcançado as rochas da Basílica.



Figura 54. Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até a Praça da Bandeira. Google Maps.

Outra possível origem do sal pode vir a ser o *spray* salino proveniente do mar, visto que a distância da Basílica N. S. de Lourdes para a linha de costa mais próxima é de apenas 3,8 km (Figura 55). O fato do bairro ser localizado num vale ladeado de colinas também poderia atuar como barreira e contribuir para a deposição dos sais.

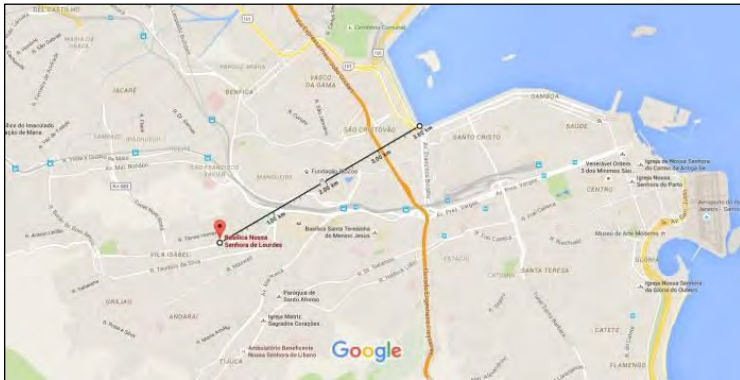


Figura 55. Distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes até o mar. Google Maps.

A maior quantidade de sal na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes poderia ocorrer, pois a mesma esta localizada no meio do Boulevard 28 de setembro, que forma um largo corredor assim impede parcialmente a circulação dos ventos, reduzindo a atuação desses na retirada dos sais.

Outro ponto importante a ser considerado é a localização da Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, que esta no final do corredor formado pelo Boulevard 28 de Setembro, podendo receber sais transportados pelo vento.

5.3 | Dureza

Os resultados para os testes de dureza realizados no Monumento a Noel Rosa encontram-se na Tabela 7. Os valores obtidos para os granitos dos arcos variam pouco mais de 100 HL entre si, com valor máximo de 526 HL e mínimo de 419 HL, exibindo uma maior consistência de valores eventualmente devido a sua isotopia.

Tabela 7. Resultado dos testes de dureza para os granitos dos arcos do Monumento a Noel Rosa.

Pontos	1	2	3	4	5	6	7	8
Dureza (HL)	526	442	427	515	476	468	428	419

Os resultados para as rochas do piso do Monumento a Noel Rosa (Tabela 8) apresentam os valores mais elevados encontrados, demonstrando que as placas não estão alteradas.

Tabela 8. Resultado dos testes de dureza para as rochas do piso do Monumento a Noel Rosa.

Pontos	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
Dureza (HL)	933	821	915	778	898	829	935	764	819	812

Na Basílica Nossa Senhora de Lourdes, os resultados obtidos (Tabela 9) para o gnaissé facoidal apresentam uma amplitude de 204 HL, com máximo de 601 HL e mínimo de 397 HL, confirmando sua maior anisotropia, em relação ao granito, cujos resultados mostram uma menor amplitude de valores.

Tabela 9. Resultados dos testes de dureza para as rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes

Pontos	1	2	3	4 (granito)	5	6
Dureza (HL)	397	601	562	547	545	502

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda os gnaisses apresentam durezas menores que as encontradas nas rochas da Basílica e variam tanto quanto a mesma (Tabela 10), com máximo de 542 HL, mínimo de 360 HL, e amplitude de 182 HL. Vale ressaltar que no Mosteiro se encontram dois dos menores valores de dureza do gnaiss facoidal e a menor média geral das durezas de todas as rochas avaliadas, podendo ser um indício de uma menor resistência destas e possível maior intensidade do intemperismo. É possível que o sal presente, observado com os resultados de água de lavagem, atue alterando sua composição e estrutura interna, refletindo sua decomposição e menor dureza.

Tabela 10. Resultados dos testes de dureza para os gnaisses do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda

Pontos	1	2	3	4	5	6
Dureza (HL)	360	430	483	396	542	440

Ao longo do Boulevard 28 de Setembro, obtiveram-se resultados de dureza para o basalto e o calcário da Calçada Musical e para o gnaiss facoidal que compõe o meio-fio, os quais estão ilustrados nas Figuras 56 e 57. A Figura 56 apresenta os valores médios de dureza das calçadas dos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro, e a Figura 57 mostra os valores de médios de dureza das calçadas dos quarteirões sul.



Figura 56. Valores médios de dureza para rochas dos quarteirões norte do Boulevard 28 de Setembro: rochas da calçada musical (calcário e basalto) e do meio-fio (gnaisse facoidal). Adaptado do Google Maps.



Figura 57. Valores médios de dureza para rochas dos quarteirões sul do Boulevard 28 de Setembro: rochas da calçada musical (calcário e basalto) e do meio-fio (gnaisse facoidal). Adaptado do Google Maps.

Os valores de dureza do gnaisse facoidal do meio-fio ao longo do Boulevard 28 de Setembro apresentam grande amplitude como observado anteriormente, com picos de elevada dureza ao longo da avenida, mas com um pequeno aumento em direção ao Monumento a Noel Rosa. A dureza do basalto é, em sua média, a mais elevada entre as três rochas, variando entre 595 HL e 815 HL, e aumentando pouco em direção ao Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda nos quarteirões norte. Já a dureza do calcário é a que menos varia, com maior diferença de menos de 100 HL, e apresenta um leve aumento de valor em direção ao Monumento a Noel Rosa.

É importante levar em consideração a possibilidade das rochas da calçada sofrerem alterações distintas devido às alterações impostas em cada ponto amostrado serem diferentes (mais gente passando, lixo, etc.) e a possibilidade de alterações terem ocorrido anteriormente à sua extração.

5.4 | Fluorescência de Raios-X

Os resultados obtidos para rochas ensaiadas com o aparelho portátil de FRX estão dispostos no Apêndice B.

Os valores obtidos apresentam pequenas variações, como na quantidade de SiO_2 muito baixas no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, especialmente nos pontos 3 e 5, que poderia ser explicada pela medição em áreas com cera de vela.

Outra alteração seria também nos valores de Ti, que são maiores nos pontos do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, provavelmente devido a medição em áreas com grafite, que pode apresentar Ti em sua composição.

5.5 | Colorimetria

Para os resultados dos ensaios de colorimetria, utilizou-se o gráfico da Figura 30 para que fosse possível analisar mudanças e tendências nas colorações das rochas. No Quadro 9 é possível observar os resultados nos ensaios das pilastras do Monumento a Noel Rosa, e na Tabela 11, os valores encontrados nos pontos do piso do monumento.

Tabela 11. Resultado da análise colorimétrica das pilastras do Monumento a Noel Rosa.

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	55,91	-14,96	43,14
2	61,07	0,25	5,92
3	60,37	-0,17	5,14
4	61,32	0,85	7,30
5	62,23	-14,98	47,62
6	54,53	-13,44	43,96
7	62,57	-14,36	49,54
8	53,52	-11,87	45,64

É possível observar na Tabela 11 que os valores do eixo L* estão perto do valor de cinza e mais próximos do branco, enquanto que nos eixos a* e b* as amostras apresentam cores esverdeadas e altamente amareladas, com exceção dos pontos 2, 3 e 4. A alteração cromática amarelada observada em alguns dos blocos que compõe os arcos (Figura 58) é um indício de que os mesmos sofreram alteração anteriormente à sua utilização no monumento.



Figura 58. Arco das pilastras 1 (direita) e 2 (esquerda) com alteração cromática nos blocos inferior e no terceiro de baixo para cima em 1.

Tabela 12. Resultado da análise colorimétrica do piso do Monumento a Noel Rosa.

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
a	48,54	7,40	13,07
b	47,02	3,11	9,16
c	44,07	6,11	9,49
d	47,62	3,37	10,05
e	48,42	5,49	11,67
f	47,05	3,73	9,75
g	52,32	3,95	15,67
h	47,93	2,13	12,64
i	37,36	1,18	5,81
j	45,69	1,87	7,93

No piso do Monumento a Noel Rosa, os gnaisses migmatíticos (pontos pares) e os granitos vermelhos (pontos ímpares) não apresentam grandes desvios, estando plotados no gráfico de índice de cores no cinza levemente avermelhado e amarelado (Tabela 12).

Tabela 13. Resultado da análise colorimétrica para as rochas das colunas e muros da Basílica N. S. de Lourdes.

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	59,21	3,38	15,85
2	47,74	1,23	7,54
3	66,80	3,10	12,61
4	66,63	2,07	8,43
5	53,57	1,31	7,81
6	51,86	1,14	7,83
7	58,70	2,47	7,84
8	57,68	2,03	7,51
9	65,40	1,36	6,78
10	54,74	1,05	7,11

Tabela 14. Propriedades colorimétricas do gnaisse facoidal. Fonte: Ricardo (2015).

Amostras Inalterada	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
Gnaisse seco	59,08	0,52	5,61
Gnaisse molhado	43,89	0,90	5,59

Os resultados para as rochas da Basílica Nossa Senhora de Lourdes (Tabela 13) quando comparados com aqueles para a rocha sã (Tabela 14) indicam uma coloração acinzentada relativamente próxima ao esperado, uma coloração levemente avermelhada e amarelada. Vale ressaltar o amarelamento observado nas porções superiores das pilastras quando comparada com a inferior, que pode ser resultado da acumulação da água da chuva, que escorre pela pilastra, e de um maior intemperismo dos minerais ferro magnesianos (biotita) devido à maior exposição à chuva, que se acumula e escorre pela pilastra (Figura 59). O topo da pilastra cria uma barreira e uma calha com direção preferencial para água, que ao longo dos anos criam essa mancha.



Figura 59. Alteração cromática amarelando as porções superiores nas pilastras da Basílica de Nossa Senhora de Lourdes.

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, os resultados obtidos (Tabela 15) indicam um escurecimento em alguns pontos. Este escurecimento pode estar relacionado com os grafites presentes nas paredes e muros do Mosteiro e pela grande presença de depósitos provenientes da queima de combustíveis de automóveis, principalmente ônibus, em conjunto com a presença de parafina de vela (Figura 60). O eixo a* mostra um equilíbrio de vermelho e verde, e um leve amarelamento é observado no eixo b*.

Tabela 15. Resultado da análise colorimétrica das colunas e muros do Mosteiro N. S. da Conceição da Ajuda.

Ponto	Eixo L*	Eixo a*	Eixo b*
1	63,26	1,84	8,63
2	30,67	-0,07	1,66
3	40,52	0,80	5,07
4	61,68	1,34	6,12
5	31,26	-0,07	1,81
6	53,07	1,76	10,50



Figura 60. Pilastra com grafites no Mosteiro Nossa Senhora da Conceição da Ajuda e manchamento preto provocado pela cera das velas que ali são acesas e por depósitos provenientes da queima de combustíveis dos ônibus.

Na Calçada Musical, os resultados para o calcário foram levemente mais amarelados ao final do Boulevard. 28 de setembro (próximo a praça Barão de Drumond), enquanto que o basalto apresentou uma cor escurecida e mais próxima do cinza (valor 0) nos eixos a* e b*, como era esperado (Figuras 61 e 62).



Figura 61. Valores médios de cor para rochas que se encontram nos quarteirões norte da Boulevard 28 de Setembro, na calçada musical e para as do meio-fio. Adaptado do Google Maps.



Figura 62. Valores médios de cor para rochas dos quarteirões sul da Boulevard 28 de Setembro, da calçada musical e dos meio-fios. Adaptado do Google Maps.

5.6 | Velocidade de Propagação de Ondas Ultrassônicas

Os resultados do ensaio de velocidade ultrassônica estão ilustrados na Tabela 16. Segundo Chung & Law (1983), os valores de velocidades ultrassônicas do granito não alterado variam de 4.000 a 5790 m/s, podendo-se comparar com os resultados encontrados.

Tabela 16. Resultado dos ensaios de velocidade ultrassônica.

	Ondas Ultrassônicas			
	Pontos	Posição	Rocha	Velocidade (m/s)
Monumento a Noel Rosa	1	Frontal	Granito	2300
		Lateral		2424
	3	Frontal		1723
		Lateral		2505
	5	Frontal		1082
		Lateral		1206
	7	Frontal		1040
		Lateral		1861
Basílica N. Sra. de Lourdes	3	Frontal	Gnaisse facoidal	2839
		Lateral	3969	
	4	Frontal	Granito	4951
		Lateral		4227
	11	Frontal	Gnaisse facoidal	1595
		Lateral		1788
	12	Frontal		3164
		Lateral		2197
Mosteiro de N. Sra. da Conceição da Ajuda	3	Lateral	Gnaisse facoidal	3721
	4	Lateral		4114

Os granitos do Monumento a Noel Rosa apresentam em sua totalidade valores muito abaixo do esperado para uma rocha sã, estando intemperizados internamente com a presença de fissuras, não se tratando apenas de um intemperismo superficial.

Entretanto, é importante ressaltar que a rugosidade do granito no Monumento é um fator que pode interferir na propagação das ondas do ensaio, visto que a superfície não estava regularmente ou uniformemente em contato com as superfícies da rochas, podendo propagar as ondas desigualmente e gerar velocidades diferentes da real.

Na Basílica de Nossa Senhora de Lourdes a única pilastra de granito apresenta velocidade dentro dos valores esperados para uma rocha sã de acordo com Chung & Law (1983), indicando que a rocha não estaria intemperizada internamente e reafirmando que esta pilastra foi colocada posteriormente às outras, como havia sido informado por funcionários da Basílica.

Já as medidas encontradas no gnaiss facoidal apresentam grande amplitude de velocidades, sendo todas menores que as encontradas no granito. Esta grande variação nos valores pode ser entendida em função da característica anisotrópica de uma rocha como o gnaiss facoidal, onde diferentes direções de foliação nos pontos medidos resultam em velocidades distintas. Mesmo levando em consideração a anisotropia do gnaiss facoidal, os valores encontrados continuam sendo abaixo do que seria esperado para uma rocha metamórfica sã, como relatado por Costa (2007), que obteve uma média de 6000 m/s de velocidade para o gnaiss.

Os valores de velocidade ultrassônica encontrados para as pilastras do Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda foram relativamente altos, quando comparados com as velocidades encontradas na Basílica, mas ainda assim menores que os valores que seriam esperados para uma rocha sã, como mostrado por Costa (2007).

5.7 | Ensaio de Absorção com Tubo de Karsten (RILEM II.4)

Os ensaios com tubo de Karsten foram realizados em dois pontos na Basílica Nossa Senhora de Lourdes (Figura 85) e em dois pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda (Figura 63). Em ambas as localizações, procurou-se medir um dos pontos em local intemperizado e o outro em local menos intemperizado.



Figura 63. Localização dos pontos na Basílica Nossa Senhora de Lourdes escolhidos para realização do ensaio de absorção com tubo de Karsten.

Os pontos 1 e 2 apresentam alturas de 36 cm e 47 cm respectivamente, em relação ao piso, e foi escolhido o ponto 1 de forma que ficasse o mais próximo da área mais alterada e o ponto 2, numa área mais sã.

Os resultados da absorção de água do ponto 1 (Figura 64), foram baixos, diferente do que era esperado por estarem próximos a uma área com uma grande perda de massa e escamação. Foram absorvidos apenas 0,2 mL durante os últimos 20 minutos ensaiados, indicando que a rocha não apresenta elevado grau de intemperização.



Figura 64. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 1.

No ponto 2, houve uma maior absorção de água (Figura 65). Concluiu-se que este ponto apresenta-se mais intemperizado que o ponto 1.



Figura 65. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 2.

No Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda, o ensaio 3 foi realizado numa porção com depósito de coloração escura e com a presença de uma fina camada de parafina de vela, enquanto que no ponto 4 a área não continha depósitos ou grafite (Figura 66).

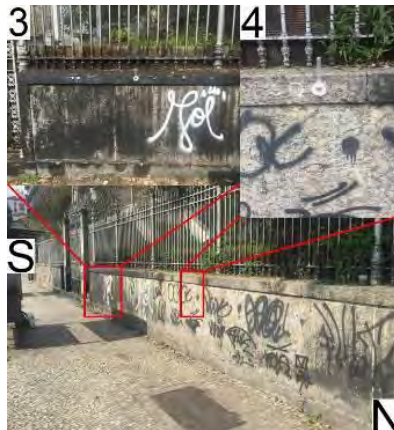


Figura 66. Localização dos pontos no Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda escolhidos para a realização do ensaio de absorção com tudo de Karsten.

No ponto 3, houve a maior absorção de água dentre os ensaios realizados (Figura 67). Ao contrário do que havia se pensado, a fina camada de parafina não atuou como um "selante" para a rocha, impedindo a absorção.



Figura 67. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 3.

No último ensaio de absorção de água, no ponto 4, houve a menor absorção durante os 60 minutos de teste, apenas 0,1 mL (Figura 68).



Figura 68. Gráfico de absorção de água por tempo no ponto 4.

Vale ressaltar que existe a possibilidade de interferência na obtenção de dados, visto que a área ensaiada pode conter diferentes minerais, que podem promover uma absorção da água de forma muito lenta (Figura 69).



Figura 69. Pontos 1, 2, 3 e 4 que foram ensaiados.

6 | CONCLUSÕES

Por meio dos ensaios e testes realizados, concluiu-se que as feições de alteração presentes nos monumentos ocorrem de formas distintas devido às diferentes características das rochas, além das diferentes localizações dos monumentos, ainda que próximos, na extensão da área estudada. Estes fatores influenciam os processos atuantes, sendo eles antrópicos ou não.

Os sais observados nas amostras de água de lavagem são importantes formas de alteração encontradas nos monumentos. Sua origem não é sabida, pois seria necessário realizar diferentes testes. Entretanto, levantaram-se duas hipóteses a respeito:

- *spray* salino que vem do mar e que é trazido pelos ventos e correntes de ar, localizado a 3,8 km de distância da Basílica N. S. de Lourdes, que ao chegar na região de vale do bairro de Vila Isabel, choca-se na barreira formada pelas colinas ao seu redor e se deposita.
- a presença de águas subterrâneas salobras contaminadas ou salinizadas pela ação das marés cheias, como ocorre na Praça da Bandeira, que fica a 2,9 km de distância da Basílica Nossa Senhora de Lourdes ou a possível ocorrência de paleolagunas em subsuperfície. Assim, essa solução salina sobe pelos poros das rochas por capilaridade e se deposita, alterando-as e criando microfissuras e fissuras que possibilitam que ocorram mais processos de alteração.

As alterações cromáticas encontradas nos monumentos causam um amarelamento das rochas e estão associadas com a ocorrência de chuvas, que podem se acumular nas superfícies expostas e causar o manchamento da rocha. Esta influência da água das chuvas também é responsável pela alteração de minerais ferro magnesianos como a biotita, que se alteram para uma cor amarelada. Vale citar a alteração de rochas previamente ao seu uso como rocha ornamental.

Os depósitos encontrados nos monumentos podem ser originados de chuvas, que transportam e depositam o material, ou de processos antrópicos diretos, desde a presença de finas camadas de parafina de velas, que são acesas, até a urina, e indiretos, como o intenso fluxo de veículos, principalmente de ônibus, liberando grandes quantidades de enxofre no meio, que se depositam ao longo do caminho. A proximidade dos monumentos com estas vias de grande movimento também é um importante fator que favorece a deposição de poluentes.

Por meio desta conscientização e do entendimento deste problema de intemperismo e depredação dos patrimônios ambientais e pétreos, consegue-se avançar para a sensibilização social e conservação dos monumentos históricos e culturais espalhados pelo país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIROCHAS (Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais); CETEM/MCT (Centro de Tecnologia Mineral/Ministério da Ciência e Tecnologia). **Catálogo de Rochas Ornamentais do Brasil**. CD-ROM. 2003
- ABREU, S. F. **O Distrito Federal e seus Recursos Naturais**, Instituto Brasileiro Geográfico e Estatística, Conselho Nacional de Geografia, Biblioteca Geográfica Brasileira. Série A, vol. 14, 318p. 1957
- AIRES-BARROS, L. **Alteração e Alterabilidade das Rochas**. Lisboa, 384 p., 1991.
- ALMEIDA, S.; JUNIOR, R. P. Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das ciências geológicas. **Terra e Didática**, v.8, n.1, p.3 - 23, 2012.
- ARAGÃO, N. H. **Vila Isabel: Terra de poetas e compositores**. Conquista, 1997.
- ARAUJO PEREIRA, R. G. F. de. **Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. 2010. Tese de Doutorado - Universidade do Minho, Portugal. 317f.
- ASTM. **Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock**. 1990.
- AZEVEDO, M. D. M. **Rio de Janeiro, sua história, movimentos, homens notáveis usos e costumes**. B. L. Garnier, 1877. v.1.
- AZEVEDO, U. R. de. **Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero Minas Gerais: Potencial para a criação de um geoparque da UNESCO**. 2007. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências da UFMG. (211p).

- BORGHI, A.; d'ATRI, A.; MARTIRE, L.; CASTELLI, D.; COSTA, E.; DINO, G.; LONGO, S. E. F.; FERRANDO, S.; GALLO, L. M.; GIARDINO, M.; GROppo, C.; PIERVITTORI, R.; ROLFO, F.; ROSSETTI, P.; VAGGELLI, G. Fragments of the Western Alpine Chain as Historic Ornamental Stones in Turin (Italy): enhancement of urban geological heritage through geotourism. **Geoheritage**, v.6, n.1, p.41 - 55, Março 2014.
- BRILHA, J. B. R. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: A conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage Editora, 2005.
- BRILHA, J. B. R. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review. **Geoheritage**, Portugal, p.1 - 16, January 2015.
- BROTO, C. **Enciclopedia Broto de Patologias de la Construcción**. Barcelona, 2005. Acesso em 19 Dez. 2015.
- BROWN, K. S.; MAREAN, C. W.; JACOBS, Z.; SCHOVILLE, B. J.; OESTMO, S.; FISCHER, E. C.; BERNATCHEZ, J.; KARKANAS, P.; MATTHEWS, T. An early and enduring advanced technology originating 71,000 years ago in South Africa. **Nature**, v.491, n.7425, p.590 - 593, 2012.
- CALES, G. D.; FERREIRA, G. E. **A Estrada Real e a Transferência da Corte Portuguesa**. 2009.
- CHAGAS, M.; CHAGAS, V. **Memória Rupestre ou do Caminho no Meio da Pedra**. Revista Museu, 2004.
- CHUNG, H. W.; LAW, K. S. Diagnosing in Situ Concrete by ultrasonic Pulse Technique. **Concrete International**, v.5, n.10, p.42 - 49, 1983.
- COSTA, A. G.; CALIXTO, C.; SILVA, M.; BECERRA, J. Rochas ornamentais e de revestimento: estudos a partir do patrimônio construído e de projetos arquitetônicos recentes. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4, 2003, Fortaleza. **Anais Sessões Técnicas**. Fortaleza: CETEM, 2003. p. 173-179.

COSTA, A. P. L. **Alterabilidade e Caracterização Tecnológica dos Gnaisses Enderbíticos da Porção Norte do Estado do Ceará com Aplicação no Setor de Rochas Ornamentais.** 2007. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.

CPRM. **Mapa Geodiversidade do Brasil.** [Acessado em 29 de novembro de 2015].

DEBRET, J. B. **Viagem Pitoresca e História ao Brasil.** São Paulo: Círculo do Livro S.A., 1839. v.1.

DIAS, V. **Noel Rosa em Vila Isabel.** 2010 [Acesso em 12 Dez. 2015].

FONSECA, M. H. A. **Estabelecimento de Critérios e Parâmetros para a Valoração do Patrimônio Geológico Português: Aplicação Prática ao Patrimônio Geológico do Parque Nacional de Sintra-cascais.** 2009. Dissertação de Mestrado - Universidade Nova de Lisboa, Portugal. 165p.

FRASCÁ, M. H. B. de O. Qualificação de rochas ornamentais e para o revestimento de edificações: caracterização tecnológica e ensaios de alterabilidade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 1.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 2., 2001, SALVADOR, Rio de Janeiro: MCT/CETEM. **Anais**, 2002. p.128 - 135.

FRASCÁ, M. H. B. de O. **Estudos Experimentais de Alteração Acelerada em Rochas Graníticas para Revestimento.** 2003. Tese de Doutorado - USP, São Paulo. 282p.

FRAZÃO, E. B. **Tecnologia de Rochas na Construção Civil.** São Paulo: ABGE: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2002. 132p.

FRAZÃO, E. B.; FARJALLAT, J. E. S. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. **I Congresso Internacional da Pedra Natural**, Lisboa, p.47 - 58, 1995.

- GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. Second Edition, 2004.
- GROSSI, D.; DEL LAMA, E. A. Mapeamento das formas de intemperismo do Monumento a Ramos de Azevedo. **Revista CPC**, São Paulo, n.14, p.169 - 187, maio 2012.
- HENRIQUES, M. H.; REIS, R. P. dos; BRILHA, J.; MOTA, T. Geoconservation as an Emerging Geoscience. **Geoheritage**, Portugal, v.3, p.117 – 128, abril 2011.
- ICOMOS. **Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns/Glossaire Illustrés ur les Formes D'altération de Lapierre**. Champigni/Marne, França, 2008.
- JESUS, E. F. R. de. A Importância do Estudo das Chuvas Ácidas no Contexto da Abordagem Climatológica. **Sitientibus**. Feira de Santana, n.14, p.143-153, 1996.
- JOURDAN, P. **Caracterização do Regime de Ventos Próximo à Superfície na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2007. Monografia — Universidade Federal do Rio de Janeiro. (Rio de Janeiro).
- LICCARDO, A.; PIEKARZ, G.; SALAMUNI, E. **Geoturismo em Curitiba**. MINEROPAR, 2008.
- MANSUR, K. L. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: O caso do domínio tectônico Cabo Frio**. 2010. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 214p.
- MANSUR, K. L.; CARVALHO, I. S.; DELPHIM, C. F. M.; BARROSO, E. V. O Gnaisse Facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 31 - 2, p. 9 - 22, Setembro 2008.
- MELLO MORAES, A. J. de. **Chronica Geral do Brasil**. B. L. Garnier, 1886.

Ministério da Ciência e Tecnologia: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Rochas Ornamentais**. Brasília, 2007.

NASCIMENTO, M.; AZEVEDO, U. R.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico**. Rio de Janeiro: SBGeo, 2008.

OLIVEIRA LIMA, M. de. **Dom Joao VI no Brazil, 1808-1821**. Typ. do Jornal do commercio, 1908. v.1. 622 p.

PEREIRA, R. G. F. de A. **Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. 2010. 317p. Tese de Doutorado em Ciências - Geologia. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PIMENTA, J. G. **Pavimento Urbano: adequação ao uso. reflexões a propósito do espaço público no contexto do centro histórico de Lisboa**. 2008. Dissertação de Mestrado - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 138 p.

PROCEQ. **Equotip 3 Portable Hardness Tester Operating Instructions**. Proceq, 2007. Acesso em 28 Jan. 2016.

PROCEQ. **PUNDIT Operating Instructions**. Switzerland, 2014.

RIBEIRO, R. C. da C.; QUEIRÓZ, J; AVELAR, G.; RICARDO, A. M. **Avaliação da Deterioração de Rochas Ornamentais em Prédios Históricos do Centro da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.

RICARDO, A. M. **Uma rocha e um Palácio: características e alterabilidade do gnaiss facoidal no Paço imperial do Rio de Janeiro**. 2015. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RIECK, F. E. **Patologias e Condições de Conservação dos Bens Integrados Pétreos de Monumentos Históricos Religiosos de Jaboatão e Recife**. 2011. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

- RODRIGUES, D. S.; SILVA, F. G.; FORTES, F. F.; SEGATO, M. C.; PEREIRA, C. A. Escola de Cantaria de Ouro Preto: pesquisa, oficina e preservação patrimonial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., Belo Horizonte. **Anais**. 2004. p.1 - 7.
- ROSE, L. **Vila Isabel de rua em rua**. Rio de Janeiro: Editora Rio, 2005. 212 p.
- SANTOS, M. T. C. C. dos. **Estudo de Caracterização e Alterabilidade das Pedras Portuguesas do Calçadão de Copacabana**. Centro de Tecnologia Mineral: Centro de Tecnologia Mineral, 2014.
- SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Tasmanian Parks & Wildlife Service, 2002. [Acesso em 29 de novembro de 2015].
- SILVA, A. L. C. da; SILVA, M. A. M. da. Produtos do Intemperismo e Avaliação do Nível de Deterioração em Rochas Ornamentais de Construções e Monumentos Históricos na Cidade de Niterói (Brasil). **14 Encuentro de Geógrafos de América Latina**, Lima, v.1, p.1 - 12, Abril 2013.
- SILVA TELLES, A. C. da. **Rio de Janeiro em seus 400 anos**. Rio de Janeiro: Editora Record, 1965.
- SOUZA, T. M. K. de; OTTONI, A. B. Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da praça da bandeira (estudo de caso). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n.17, p.60 - 76, 2015.
- TOLENTINO, A.; BENIGNA, B.; LONDRES, C.; FELIX, E. C.; OLIVEIRA, F. R.; TABOSA, F. Q.; SEABRA, H. C.; APOLINÁRIO, J. R.; MEDEIROS, K. R. B. de; MÉLO, L. G. D. de; CABRAL, M.; FILHA, M. B. M.; TEIXEIRA, M. da .P; LIMEIRA, M. D.; LIMA, S. B. de M.; SANTANA, S. V. F. de; SCIFONI, S.; FLORÊNCIO, S. R. **Educação Patrimonial: Reflexões e Práticas**. Iphan/Casa do Patrimônio de João Pessoa. 104 p. 2012.

- VALERIANO, C. de M. **A Odisséia do Pão de Açúcar - As rochas contam sua história**. Projeto Caminhos Geológicos, 2006. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].
- VALERIANO, C. de M.; HEILBRON, M.; NASCIMENTO, V.; MANSUR, K. L. **A Geologia do Morro do Corcovado**. Projeto Caminhos Geológicos, 2007a. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].
- VALERIANO, C. de M.; HEILBRON, M.; NASCIMENTO, V.; MANSUR, K. L. **De Braços Abertos para a Geologia**. Projeto Caminhos Geológicos. DRM-RJ, 2007b. [Online]. [Capturado em 28 de novembro de 2015].
- VALERIANO, C. de M.; JUNIOR, R. P.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G. E.; DUARTE, B.; SCHMITT, R.; VALLADARES, C.; NOGUEIRA, J. R.; RAGATKY, C. D.; GERALDES, M.; VALENTE, S.; MANSUR, K. L.; GONTIJO, A.; CORVAL, A.; DUTRA, T.; VALENÇA, J.; ESTEVES, A.; PALERMO, N.; PEREIRA, R. M.; GUIMARÃES, P. V.; DA SILVA, F. de L. AMARAL, C. P. do; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Baía de Guanabara SF. 23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000**. Rio de Janeiro, 2012.
- VIDAL, F. W. H.; CARRISSO, R. C. C.; FERNANDES, T. W. G. **Avaliação Comparativa de Granitos Ornamentais do Nordeste e Sudeste Através das suas Características Tecnológicas**. p.54 – 63. 2005
- VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F.; HÉLIO, C. A. A. **Tecnologia de Rochas Ornamentais: Pesquisa Lavra e Beneficiamento**. 2014.
- ZIVICA, V.; BAJZA, A. Acidic attack of cement based materials; a review; part 1: principles of acidic attack. **Construction and Building Materials**, v.15, p.331 - 340, 2001.

APÊNDICE A

- Análise química das águas de lavagem dos monumentos

Análise Química da Água de Lavagem (mg/L)														
Pontos	Fe	Zn	Ca	Cr	Na	K	Al	Si	Mn	Mg	S	Cl	SO ₄	
Monumento de Noel Rosa	1	0.001	0.002	6.00	0.001	2.40	1.90	0.04	11.30	0.002	0.54	2.10	5.30	
	3	0.02	0.02	7.40	0.001	1.50	1.70	0.07	11.10	0.01	0.46	2.90	9.00	
	5	0.00	0.002	2.80	0.001	2.00	1.50	0.13	11.10	0.002	0.19	2.40	6.60	
	7	0.22	0.002	4.80	0.001	2.90	2.10	0.41	9.70	0.002	0.47	3.00	3.80	9.10
	1	0.16	0.21	15.40	0.001	6.60	4.40	0.54	8.10	0.10	1.30	12.20	12.00	33.40
	3	0.05	0.04	7.60	0.001	4.00	1.90	0.39	7.30	0.002	0.94	4.60	6.20	12.70
	4	0.16	0.13	5.40	0.001	5.80	2.70	1.70	7.10	0.002	0.58	1.60	16.20	5.10
Basilica Nossa Senhora de Lourdes	6	0.04	0.21	17.90	0.001	9.30	2.60	8.30	7.10	0.07	4.30	6.10	21.00	14.20
	1	0.00	0.49	5.10	0.001	4.70	1.10	1.20	6.20	0.002	0.57	1.40	15.00	4.80
	2	0.05	0.79	4.60	0.001	4.30	1.60	0.91	5.90	0.002	0.39	0.74	14.00	2.90
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	5	0.18	0.42	4.20	0.001	4.30	0.95	0.64	5.60	0.002	0.33	5.60	14.40	1.40
	6	0.24	0.55	6.10	0.001	5.20	1.60	1.80	6.80	0.002	0.72	1.40	15.00	4.70

APÊNDICE B

Resultados das medições de FRX

		Composição Química (%)																
Pontos	SiO2	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	Rb	Zn	Zr	Sr	Pb	Bi	Ce	U	Hg	Ag	Cu	
Monumento de Noel Rosa	1	51,7	0,94	0,04	0,1	0,03	1,07	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
	3	35,1	0,60	0,04	0,06	0,02	0,92	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00
	5	50,9	0,71	0,03	0,06	0,02	1,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00
	7	26,4	0,64	0,05	0,02	0,02	1,15	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
Basilica Nossa Senhora de Lourdes	1	25,60	1,52	0,07	0,00	0,02	0,61	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	27,50	0,44	0,09	0,00	0,02	0,28	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	4	45,30	0,73	0,08	0,00	0,02	0,66	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00
	6	49,70	1,09	0,06	0,00	0,02	0,51	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Mosteiro de Nossa Senhora da Conceição da Ajuda	1	15,60	1,30	0,07	1,78	0,02	1,85	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,00	0,01	0,04
	2	44,50	0,71	0,08	0,17	0,02	1,61	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	3	0,82	1,10	0,00	6,62	0,02	1,53	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	15,40	1,10	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00
	5	0,82	0,71	0,08	0,13	0,04	2,19	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00
	6	19,60	2,06	0,06	0,00	0,02	0,68	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00

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 2015, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 300 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- 18 - **Polimento de rochas ornamentais – Aspectos tribológicos**. Leonardo Luiz Lyrio da Silveira e Thiago Motta Bolonini, 2016.

SRMI-17 - **Beneficiamento do sienito de Tanguá-RJ para produção de fertilizante alternativo de potássio**. Adão Benvindo da Luz, Luiz Carlos Bertolino, José Mario Coelho e Ronald Sousa Armando, 2013.

SRMI-16 - **Alterações causadas em rochas ornamentais pelo efeito do ácido úrico e da ureia presentes na urina**. Roberto Carlos da Conceição Ribeiro, Núria Fernández Castro, Joedy Patrícia Cruz Queiróz e Vanessa Machado Daniel, 2011.

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 ou 3865-7233

Telefax: (21) 2260-2837

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 38 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.