

Mapeamento das morfologias de alteração das rochas do Paço Imperial, Rio de Janeiro

Damage mapping of the stones of Imperial Palace, Rio de Janeiro

Amanda Menezes Ricardo¹, Kátia Leite Mansur¹, Emilio Velloso Barroso¹,
Fernanda Senra¹, Gabriela Avellar², Roberto Carlos da Conceição Ribeiro³

¹Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Avenida Athos da Silveira Ramos, 274 - Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, BR (amandamricardo@gmail.com; katia@geologia.ufrj.br; emilio@geologia.ufrj.br; nandaosenra@hotmail.com)

²Departamento de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro, RJ, BR (gaabavellar@gmail.com)

³Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT), Rio de Janeiro, RJ, BR. (rcarlos@cetem.gov.br)

Recebido em 4 de setembro de 2015; aceito em 22 de dezembro de 2016

Resumo

O Paço Imperial é uma edificação do período colonial localizada no centro da cidade do Rio de Janeiro e com valor histórico e cultural. Para a sua construção, no século XVIII, foram utilizados dois tipos de gnaisses oriundos das pedreiras da própria cidade. O primeiro é um gnaiss grosso com estrutura oftálmica dada por megacristais de microclínio e matriz granítica, enquanto o segundo gnaiss tem composição quartzo-feldspática, com discreto bandamento e, não raro, aspecto maciço. Tradicionalmente essas rochas são denominadas gnaiss facoidal e leptinito, respectivamente, sendo assim conhecidas por profissionais da conservação do patrimônio construído na cidade. Além desses gnaisses, o calcário lioz também foi extensivamente utilizado na parte interna e na fachada externa como ornatos ao redor das portas e janelas. Em volume bem menor, foi identificado na fachada um granito fino, com textura equigranular e de cor cinza, provavelmente da própria cidade, mas cuja unidade geológica não foi identificada. Estudos sobre o intemperismo desses gnaisses já foram publicados, contudo pouco ainda se conhece sobre a degradação dessas rochas no ambiente construído e urbano da cidade do Rio de Janeiro, com aplicação à conservação do patrimônio cultural. Neste artigo apresenta-se uma avaliação da degradação das rochas descritas, baseada em mapeamento de campo, segundo as recomendações do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS) e tratamento dos dados com a ferramenta ArcGis10. As principais formas de alteração identificadas foram alteração cromática, crosta negra, perda de material e esfoliação. A análise química da água de lavagem das superfícies das rochas na fachada mostrou que o principal elemento presente é o enxofre. Os resultados deste trabalho são relevantes para auxiliar nas medidas de conservação deste importante patrimônio.

Palavras-chave: Paço Imperial; Geoconservação; Intemperismo.

Abstract

The Imperial Palace is a building of the colonial period, located in the center of the city Rio de Janeiro and with historical and cultural value. For its construction, in the 18th century, two types of gneiss were used and they came from the quarries of the city. The first is a gneiss with ophthalmic structure given by megacrystals of microcline and granitic matrix, while the second gneiss has a quartz-feldspar composition, with slight banding and often, massive texture. Traditionally these rocks are called facoidal and leptinitic gneiss, well known by professionals in the conservation of the built heritage in the city. Besides these gneisses, the lioz limestone was also extensively used in internal and external facades as ornaments around the doors and windows. On a much smaller volume, a gray granite with thin equigranular texture was identified in one of the facades, probably comes from the city, but its geological unit was not recognized. Studies about the weathering of these gneisses have been published, but little is known about the degradation of these rocks in the built environment and urban city of Rio de Janeiro, with application to the conservation of cultural heritage. This paper presents an evaluation of the degradation of the rocks described, based on field mapping, according to the recommendations of International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) and processing of data in the ArcGis10 tool. The main forms of damage identified were discoloration, black crust, missing part and exfoliation. Chemical analysis of the washed water from the surfaces of rocks showed that the main component is sulfur. The results of this study are relevant to assist in the conservation of this important heritage.

Keywords: Imperial Palace; Geoconservation; Weathering.

INTRODUÇÃO

As rochas constituem uma das matérias-primas mais requisitadas para o uso humano. A utilização delas teve início com os primeiros utensílios pré-históricos e, posteriormente, passaram a ser usadas para a construção de edificações (templos e fortificações), sendo muito comum a sua presença nas artes, na engenharia civil e na arquitetura, neste caso, principalmente em fachadas de construções, tanto antigas quanto recentes.

Se as rochas têm função estrutural na construção, sua degradação pode representar risco à estabilidade devido à redução de sua resistência por processos de alteração intempélica natural ou acelerada em ambiente urbano. Além disso, a degradação pode trazer como consequência a perda de massa e alterações cromáticas, com prejuízos culturais relevantes se na superfície das rochas estão esculpidas manifestações artísticas importantes. Esses processos podem também levar à perda de padrões estéticos originais, estabelecidos à época da construção e que, muitas vezes, representam o domínio de uma técnica construtiva ou artística típica de determinado período histórico. Há que se ter em mente também que nem sempre a rocha empregada na construção continua disponível para eventual substituição. Todos esses aspectos destacam a necessidade de sua conservação no ambiente construído.

A degradação ocorre em função da propensão variável das rochas para se alterarem em função de fatores intrínsecos, como composição mineralógica, características permeoparas e propriedades hidromecânicas, além de fatores extrínsecos relacionados ao ambiente em que a alteração se processa, incluindo temperatura, presença de água, pH, Eh e de poluentes atmosféricos, entre outros. Desse modo, o resultado dos processos de degradação das rochas deve ser corretamente identificado, pois se reflete sob a forma de morfologias de alteração. O mapeamento destas formas de alteração na fachada das edificações constitui-se em um primeiro passo para a diagnose do grau de comprometimento dos materiais pétreos na construção. Embora a área da conservação do patrimônio seja multidisciplinar e para ela contribuam os saberes de diversas especialidades, cabe ao geólogo a correta avaliação do estado de degradação das rochas e de que forma estas podem comprometer o valor patrimonial do bem arquitetônico. A necessidade de inserção mais direta do profissional das Geociências nesta área no Brasil foi discutida e preconizada por Barroso e Del Lama (2007).

Para que a adequada compreensão do processo de alteração seja alcançada com êxito, bem como o entendimento entre causas e efeitos da degradação das rochas, faz-se necessário entender e utilizar, da maneira mais correta possível, um vocabulário unificado, principalmente quando se trata da averiguação dos padrões de alterações das rochas, dados os

diversos profissionais envolvidos, com formações em áreas distintas. Propostas de sistematização e de termos para descrever as morfologias de alteração têm sido apresentadas ao longo dos anos (Fitzner e Heinrichs, 2002; Henriques et al., 2005; ICOMOS, 2008).

No Brasil, um estudo pioneiro de identificação e mapeamento das formas de degradação de rochas em patrimônio cultural foi realizado por Silva e Roeser (2003) em esculturas barrocas do início do século XVIII, trabalhadas em esteatito. Os referidos autores relataram estado avançado de deterioração, destacando os depósitos superficiais (sujidades), perdas de massa e presença de fissuras que comprometiam a estabilidade estrutural das esculturas. Há que se destacar também os trabalhos de mapeamento das formas de intemperismo desenvolvidas sobre o Granito Itaquera no “Monumento a Ramos de Azevedo” (Grossi e Del Lama, 2012) e sobre os granitos Cinza Mauá e Itaquera na escultura “O Sepultamento”, de Victor Brecheret (Kuzmickas e Del Lama, 2014).

Uma característica fundamental na área do patrimônio é a estrita necessidade de avaliação com a mínima interferência possível sobre o objeto de estudo, o que inclui a restrição à obtenção de amostras e a testes destrutivos. Nesse sentido, Fitzner e Heinrichs (2002) afirmam que a identificação e o mapeamento das formas de alteração são, de fato, o primeiro método não destrutivo a ser empregado na fase de diagnóstico dos elementos pétreos presentes no objeto sob investigação. Fitzner (2004) ressaltou ainda que o mapeamento das morfologias de alteração é capaz não apenas de caracterizar a distribuição espacial do dano, como também permite a hierarquização das regiões mais afetadas do patrimônio e a consequente priorização das ações de conservação. Rodrigues (2015) chama a atenção para a necessidade da redução das ambiguidades no uso dos termos relacionados às morfologias de alteração e destaca que as classificações já existentes podem não ser adequadas quando se passa da fase de diagnóstico para as ações práticas de conservação.

Estudos sobre a alteração dos gnaisses que afloram na cidade do Rio de Janeiro, usados como cantaria em duas das construções tombadas pelo Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), foram apresentados por Silva (2005) e por Barroso et al. (2006). Embora esses trabalhos tenham considerado a rocha no ambiente construído, a abordagem estava relacionada à caracterização do estado de alteração por meio de ensaios *in situ* e não destrutivos. Nos referidos trabalhos não foram produzidos mapas de danos. Dados sobre a alteração dos gnaisses da cidade do Rio de Janeiro foram apresentados por Marques et al. (2010) e mostraram que uma das principais características dessas rochas é a anisotropia de propriedades, o que significa que as medidas de campo devem levar em consideração a orientação da foliação metamórfica na

fachada. A desconsideração dessa característica pode resultar em interpretações errôneas de ensaios *in situ* e produzir avaliações equivocadas na análise global da degradação na construção.

Neste artigo procurou-se preencher a lacuna da inexistência de mapeamento de danos do Paço Imperial, um dos mais importantes patrimônios construídos da cidade do Rio de Janeiro, sendo este um de seus objetivos. Entende-se que essa primeira iniciativa pode servir como referência para outras avaliações em construções nas quais estejam presentes os gnaisses da cidade. Foram realizadas também análises químicas em água de lavagem da superfície das rochas. Embora o método permita apenas a quantificação dos elementos solúveis, os resultados foram úteis para interpretar os principais processos de degradação das rochas no Paço Imperial.

O PAÇO IMPERIAL

O período entre os séculos XVIII e XIX representou, para o Rio de Janeiro, um tempo de grandes transformações, tanto políticas quanto urbanísticas. De acordo com Brady (1965), em 1733, Gomes Freire de Andrada assumiu o governo da cidade e, em conjunto com o engenheiro militar Brigadeiro José Fernandes Pinto Alpoim, executou grandes obras, entre elas a construção da Casa dos Governadores, hoje conhecida como Paço Imperial.

O Paço Imperial é um prédio de aparência simples que teve suas fundações fixadas sobre as antigas construções da Casa da Moeda e dos Armazéns Reais. Foi concluído em 1743 e sua primeira ocupação como Casa dos Governadores prolongou-se até 1763. Nesse mesmo ano, tornou-se Palácio dos Vice-Reis em função da transferência da sede do Governo Geral para o Rio de Janeiro. Entre 1808 e 1822, o prédio serviu de primeira moradia da corte portuguesa ao abrigar a família real vinda de Lisboa e recebeu o nome de Paço Real. O Paço Imperial passou a ter essa nomenclatura entre os anos 1822 e 1889, período que talvez seja um dos mais marcantes na sua história, pois presenciou eventos como o Dia do Fico, a assinatura da Lei Áurea e a comunicação do Major Solon Guimarães a Dom Pedro II sobre a proclamação da República. A partir de 1890 e até 1982, foi sede dos Correios e Telégrafos. Em 1982, iniciaram-se as obras de restauração e, hoje, o Paço Imperial é um centro cultural que oferece exposições de artes e visitação aberta ao público. No Quadro 1 estão apresentadas as suas principais mudanças arquitetônicas e motivações.

A Figura 1 ilustra a evolução urbanística local desde o início do século XIX na pintura de Debret (1836), passando pela construção em etapas da via expressa da perimetral de meados do século XX até o final da década de 1970,

culminando com a demolição da via expressa elevada em meados da segunda década do século XXI.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com relação aos materiais pétreos, quatro diferentes litotipos estão presentes nas fachadas e no interior do Paço Imperial, sendo os dois primeiros gnaisses com larga distribuição na cidade. Ambos são de idade neoproterozoica e ortoderivados com características sin a pós-colisionais (Valeriano et al., 2012). Levando-se em conta a ordenação estratigráfica atualmente aceita, o primeiro gnaisse faz parte da suíte Rio de Janeiro e tem como principal característica sua estrutura oftálmica dada por porfiroblastos de microclinio (megacristais com até 7 cm) e uma matriz granítica, porém rica em biotita. Essa rocha (Figura 2) é tradicionalmente conhecida como gnaisse facoidal. Tanto nos monumentos quanto no campo é possível observá-la bastante deformada ou com deformação tectônica incipiente, neste caso, apresentando seus porfiroblastos idiomórficos.

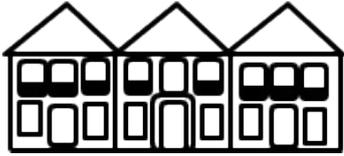
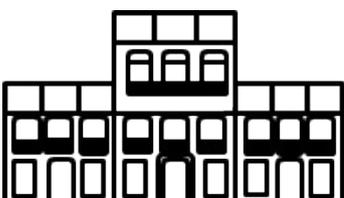
O segundo gnaisse faz parte da suíte Cordeiro e compreende protólitos leucograníticos foliados aluminosos (Valeriano et al., 2012). Trata-se de um gnaisse com domínio de quartzo e álcali-feldspato e, subordinadamente, plagioclásio, biotita e granada. Apresenta ainda um discreto bandamento composicional e, não raro, aspecto maciço (Figura 3). Muito provavelmente deve-se a Lamêgo (1938) o termo “leptinito”, que muitos profissionais das Geociências e da área da conservação empregam ao se referirem a este gnaisse. Dada a tradição dos usos dos nomes “gnaisse facoidal” e “leptinito”, eles continuarão a ser usados no presente artigo.

O calcário lioz é uma rocha trazida de Portugal e que foi utilizada com bastante frequência nas construções do Rio de Janeiro nos períodos colonial, imperial e da república. É uma rocha da região de Lisboa, do período Cretáceo, idade cenomaniana, rica em fósseis de moluscos rudistas e gastrópodes. O que está presente no Paço Imperial é um lioz típico, com aspecto maciço, cor bege claro e rico conteúdo fossilífero (Figura 4). No Paço Imperial, a rocha foi tipicamente empregada como ornatos ao redor de portas e janelas, bem como no piso e escadas da parte interna.

Além dos gnaisses e do calcário, também foi identificada na fachada externa a presença (em pequeno volume) de um granito fino (Figura 5), com textura equigranular e de cor cinza, provavelmente da própria cidade, mas cuja unidade geológica não foi identificada.

Uma imagem da fachada frontal do Paço Imperial (Pereira, 2011), contendo os contornos da edificação e de seus elementos arquitetônicos, foi usada como referência para o posicionamento dos litotipos presentes na construção e também para o mapeamento das formas de alteração.

Quadro 1. Resumo das características e modificações do Paço Imperial desde a sua edificação até os dias de hoje, com base em Campello (1984), Lyra (1984) e Mariani et al. (2004).

Ano	Imagem	Características do prédio	Motivos
1713	Sem registro	Existência da Casa da Moeda e Armazéns Del Rey.	Construção da Casa da Moeda, em 1697, para fundir o ouro proveniente de Minas Gerais, e construção do armazém de material bélico.
1743		Aproveitamento da estrutura dos muros e paredes e modificação do exterior do prédio.	Construção da Casa dos Governadores.
1817		Ampliação do edifício com a construção do terceiro pavimento em parte do prédio.	Transferência da sede do governo geral para o Rio de Janeiro. Chamava-se Paço Real.
1840		O corpo central em frente ao mar recebeu um pavimento com três vãos e sacada corrida, além de ter sido aumentado o pé-direito do segundo andar.	Com a declaração da independência em 7 de setembro de 1822, torna-se Paço Imperial.
1890		Instalação de fios elétricos e modificação externa.	Levantamento das condições do prédio para instalação da Secretaria do Estado do Ministério das Relações Exteriores, o que não foi possível devido à constatação da precariedade do prédio, onde se instalaram os Correios e Telégrafos.
1929		Acréscimo do terceiro andar em trechos de dois pavimentos. Também foram acrescentadas alvenaria de tijolos e argamassas de revestimentos sobrepostos aos ornatos de cantaria das pilastras.	Reforma geral a fim de harmonizar o prédio, adotando estilo mais colonial.
1985		Fim do quarto pavimento construído no interior para abertura do pátio interno. Demolição de inúmeras paredes de tijolos e do terceiro pavimento, remoção de massas e pintura dos ornamentos rochosos.	Eliminação dos acréscimos "descaracterizadores" feitos na reforma de 1929. Revitalização do Paço buscando a sua originalidade dentro das várias modificações que sofreu ao longo do tempo.

Para a definição das formas de alteração e seu posterior mapeamento foi utilizado, como principal referência em campo, o glossário ilustrado publicado pelo ICOMOS (2008). Com o auxílio dessa referência, da imagem impressa da fachada e de fotografias, foi possível mapear no campo as diversas formas de alteração. Após o mapeamento de campo, os resultados foram inseridos no sistema de informação geográfica (SIG) ArcGis, versão 10, módulo ArcMap. Limitou-se cada morfologia de alteração como um polígono, detalhando a sua forma e área correspondente. Em seguida, o mesmo procedimento foi adotado para o mapeamento das rochas na fachada. Com os contornos, marcações e classificações realizados, uniram-se todas as camadas de temas para a construção do mapa final,

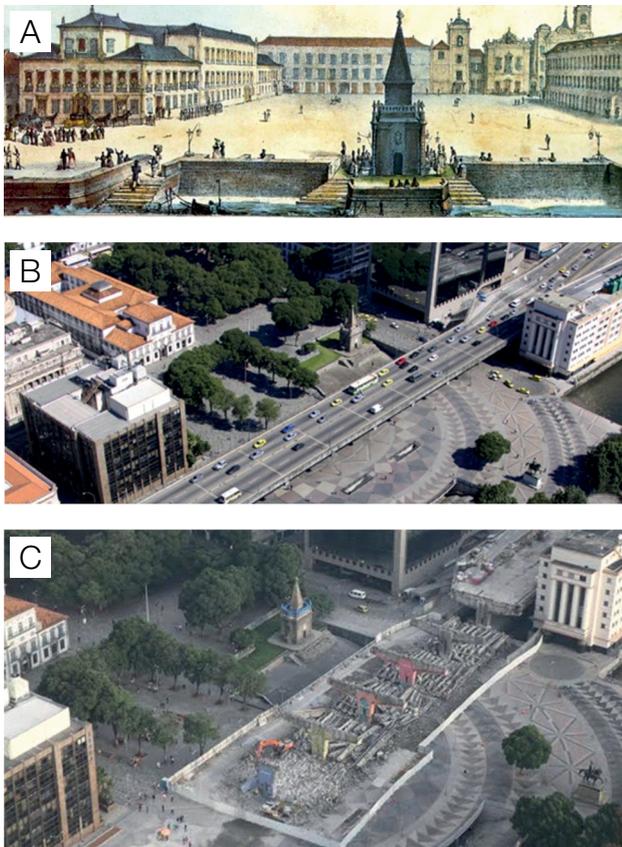


Figura 1. Evolução dos arredores do Paço Imperial. (A) pintura de Debret (1836) evidenciando a proximidade do prédio do Paço (à esquerda) com o mar e as poucas construções do entorno; (B) fotografia de Márcio Machado mostrando o aterramento da região e a via perimetral, com o Paço Imperial localizado à esquerda, ao lado das árvores da Praça XV de Novembro (Zeh, 2015); (C) fotografia do ano de 2014 do mesmo local, porém sem a via perimetral em função das obras do Porto Maravilha, com o Paço localizado no canto esquerdo, próximo às árvores (Zeh, 2015).

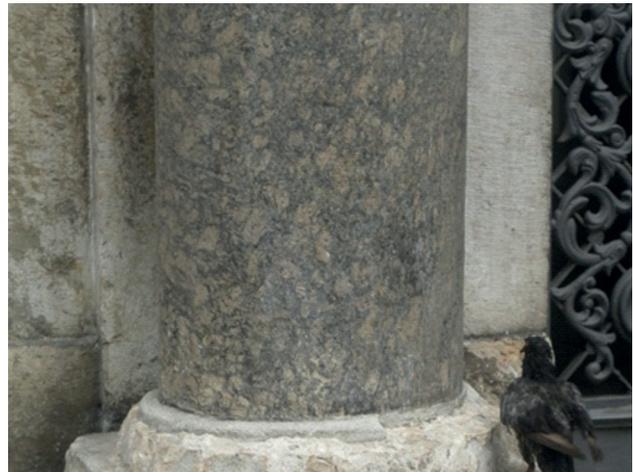


Foto: Amanda M. Ricardo, em 27 de maio de 2014.

Figura 2. O gnaiss facoidal com sua textura oftálmica e megacristais de microclínio.



Foto: Amanda M. Ricardo, em novembro de 2014.

Figura 3. O leptinito: notar a cor clara, o bandamento e a presença de granadas nesta rocha.



Foto: Amanda M. Ricardo, em 11 de abril de 2014.

Figura 4. O calcário lioz utilizado no Paço Imperial.

que incluiu as alterações e os tipos de rochas, bem como legenda e escala. Esse procedimento permitiu a quantificação de área de cada elemento presente, tanto rochas, quanto formas de degradação.

É importante ressaltar que das quatro fachadas do prédio, os dados apresentados neste artigo referem-se apenas àquela voltada para a Praça XV de Novembro, o que se justifica por possuir a maior exposição de elementos pétreos. A referida fachada está direcionada para Nordeste e dista apenas cerca de 200 metros da estação das barcas na Baía de Guanabara.

A fim de complementar o mapeamento e melhor compreender o processo de alteração, foram feitas análises químicas da água de lavagem da superfície de cada tipo de rocha. A água destilada aspergida sobre a superfície das rochas foi coletada em frascos plásticos com capacidade para 50 ml. As análises foram realizadas pelo método de espectrofotometria de emissão ótica por absorção atômica com plasma induzido, nas dependências do Centro de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro (CETEM) pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM). Esse método permite que sejam observados valores quantitativos das concentrações dos elementos químicos solúveis presentes na superfície das rochas da fachada estudada e, assim, tente-se entender as origens de algumas das degradações observadas.

Também foi verificada a disposição geográfica dessa construção histórica no centro da cidade do Rio de Janeiro e os elementos que compõem o seu entorno, como, por exemplo, a proximidade com o mar, com a via perimetral, atualmente demolida nessa parte da cidade com a Rua Primeiro de Março, uma das com maior fluxo de automóveis do Centro, além da existência do mergulhão da Praça XV de Novembro.



Figura 5. Granito fino presente na fachada externa do Paço Imperial.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Litotipos na fachada e mapeamento das morfologias de alteração

O resultado do mapeamento dos litotipos que compõem a edificação do Paço Imperial é apresentado na Figura 6.

A cantaria utilizada na construção é composta, essencialmente, por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares. As primeiras são representadas pelos gnaisses facoidal e leptinitico; já as sedimentares, pelo calcário lioz. A variedade ígnea é composta por seis blocos de granito observados em duas das janelas da fachada em frente à estação das barcas.

O calcário lioz tem a maior área na fachada da construção, ocupando principalmente os entornos dos janelões e portas, nos pisos dos balcões do segundo andar e também no piso do pavimento térreo (Figura 7), além de colunas e



Figura 6. Mapeamento dos litotipos que compõem a fachada principal do prédio do Paço Imperial, em frente à Estação das Barcas, no centro da cidade do Rio de Janeiro.



Foto: Amanda M. Ricardo, em 27 de maio de 2014.

Figura 7. Variedade do uso do calcário de lioz no Paço Imperial: escadaria, piso e adorno em florão sobre o portal da escadaria.

esculturas, como o adorno de florão sobre o portal da escadaria principal.

Os gnaisses, tanto o facoidal quanto o leptinito, foram utilizados na forma de blocos, com arestas centimétricas a métricas, na alvenaria dos pilares presentes nas extremidades das fachadas. Estão presentes também no piso do



Foto: Amanda M. Ricardo, em 15 de maio de 2014.

Figura 8. Colunas cilíndricas em gnaisse facoidal localizadas na porta central da fachada estudada.



Foto: Amanda M. Ricardo, em 19 de maio de 2014.

Figura 9. Granito ao redor de janela na fachada estudada.

balcão superior, nos degraus das três portas e nas colunas cilíndricas na porta central, sustentando adornos em calcário lioz (Figura 8).

O granito foi empregado apenas no entorno de duas janelas da extremidade direita da fachada estudada (Figura 9).

Após identificação das principais rochas que compõem a fachada em questão, foi possível quantificar no SIG as áreas que cada uma delas ocupa (Figura 10). Vale ressaltar que tais superfícies apresentadas são relativas, ou seja, não representam o total da fachada, apenas as nas quais foram identificados materiais pétreos. Os resultados apontam para o predomínio do calcário lioz, seguido pelos gnaisses e, com menor expressão, o granito.

De modo abrangente, a fachada principal apresenta visível alteração cromática, bem como crostas negras em todos os litotipos, as quais são visíveis facilmente. Entretanto, foi possível segmentar outros danos associados aos tipos de rochas conforme as descrições a seguir.

As morfologias de alteração mais comuns observadas no gnaisse facoidal (Quadro 2) foram: perda de material por impacto/abrasão e esfoliação, fissuras, alterações cromáticas e eflorescência. É possível observar também desagregação granular.

Os principais danos verificados no calcário lioz foram compilados e representados no Quadro 3, podendo-se citar como exemplos claros de problemas: depósito, perda de material e desgaste por abrasão.

A principal morfologia de alteração observada nos leptinitos foi a esfoliação especialmente notada na foliação da rocha (Quadro 4).

Mapeamento das morfologias de alteração das rochas do Paço Imperial

Com base na descrição das morfologias de alteração foi realizado o seu mapeamento (Figuras 11 e 12), o que se mostrou essencial para a averiguação da distribuição espacial ao longo do prédio.

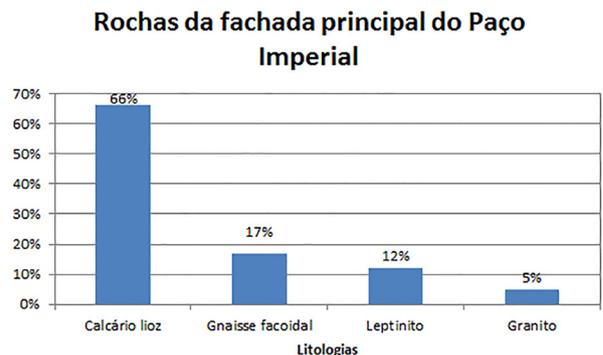


Figura 10. Quantificação das áreas relativas ocupadas por cada litotipo presente na fachada do Paço Imperial, no centro da cidade do Rio de Janeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao identificar as principais rochas que compõem o Paço Imperial, verifica-se que a maior porcentagem das usadas na fachada em frente à estação das barcas da cidade é representada pelo calcário lioz, totalizando 66% dos elementos pétreos. Em seguida estão o gnaiss facoidal (17%), o leptinito (12%) e o granito (5%).

Em relação às morfologias de alteração, percebe-se que as mais evidentes são representadas pelas maiores porcentagens: alteração cromática (50%), seguida de crosta negra (27%), perda de massa (10%), esfoliação (6%) e fissuras (3%),

conforme pode ser verificado na Figura 13. Algumas morfologias foram identificadas em campo, como, por exemplo, colonização biológica e depósitos, porém não são visíveis na escala do mapa. As porcentagens indicam que os principais problemas relacionados às rochas da fachada do Paço Imperial são alteração cromática e crosta negra.

O resultado obtido a partir da análise química da água destilada, aspergida e coletada em pontos da fachada, mostrou a marcante presença de enxofre (S), cloro (Cl), sódio (Na) e cálcio (Ca), como pode ser visto na Figura 14, indicando a provável influência da poluição, em função da presença do S que, tipicamente, não ocorre nas rochas

Quadro 2. Morfologias de alteração no gnaiss facoidal do Paço Imperial.

Alterações	Imagens
<p>Perda de material (<i>missing part</i>) Provavelmente por dano mecânico do tipo impacto ou propagação de fissuras devido à variação térmica.</p>	
<p>Fissura (<i>fissure</i>) Está perpendicular ao plano da foliação do gnaiss que forma a coluna.</p>	
<p>Área interna – Sala do Armazém Del Rey, primeiro pavimento</p>	
<p>Eflorescência (<i>efflorescence</i>) Com crescimento de materiais friáveis, neste caso, sais (NaCl, CaSO₄.H₂O) e minerais secundários (caulinita).</p>	
<p>Desagregação granular (<i>granular disaggregation</i>) Devido à cristalização de sais nos poros e microfissuras. Percebe-se, nesse caso, a predominância de minerais félsicos em relação aos máficos.</p>	

mapeadas. Verifica-se, também, a alteração/dissolução de minerais ricos em Ca, como a calcita do calcário lioz. O Na pode estar associado ao elemento Cl, formando o cloreto de sódio proveniente do *spray* salino, devido à proximidade

da fachada com o mar. A análise comprovou a presença do Cl em uma segunda coleta de material.

Vale salientar que a construção, internamente, sofre severamente com os efeitos da presença de sais solúveis (Figura 15)

Quadro 3. Morfologias de alteração encontradas no calcário lioz do Paço Imperial.

Alterações	Imagens
<p>Depósito (<i>deposit</i>) Pela acumulação de detritos fecais de pombos que se abrigam no local.</p>	
<p>Perda de material (<i>pitting</i>) Por cavidades pontilhadas, associadas à atividade química.</p>	
<p>Desgaste (<i>abrasion</i>) Afinamento do piso da escadaria associado à abrasão provocada pelo trânsito de pessoas ao longo do tempo.</p>	

Quadro 4. Morfologia de alteração encontrada no leptinito do Paço Imperial.

Alterações	Imagens
<p>Esfoliação (<i>exfoliation</i>) Paralela à foliação da rocha. Provavelmente associada à subeflorescência ou causas térmicas.</p>	

e minerais secundários em sua estrutura, o que pode ser evidenciado em uma das pilastras do salão Del Rey em função do efeito de absorção de água do subsolo por capilaridade; isso vem tornando essa pilastra cada vez mais degradada.

A análise química, realizada em pontos diferentes dessa pilastra, evidenciou a presença marcante de Cl e Na (Figura 16), comprovando as observações em campo da presença do mineral halita (NaCl) desde a base até o topo da estrutura.



Figura 11. Mapeamento das morfologias de alteração das rochas que compõem a antiga fachada principal do prédio do Paço Imperial, em frente à estação das barcas, no centro da cidade do Rio de Janeiro.

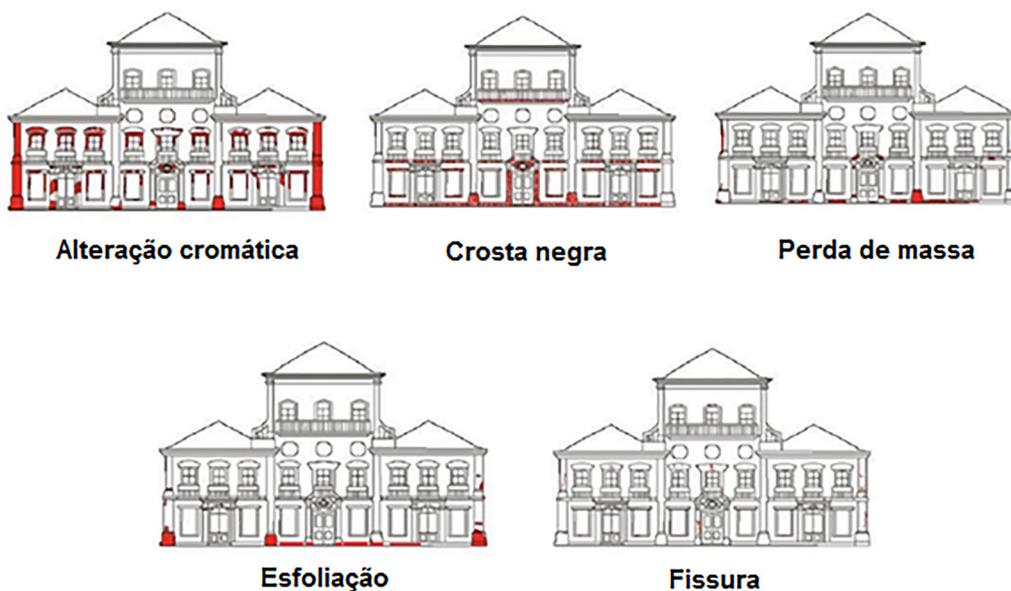


Figura 12. Prancha evidenciando as morfologias de alteração mais evidentes na fachada NE da edificação do Paço Imperial.

A análise química, realizada no gnaiss facoidal da pilastra, evidenciou a presença marcante de sulfato, Ca, Cl e Na (Figura 17), comprovando as observações em campo da presença dos minerais gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), halita (NaCl) e nitratina (NaNO_3).

Foi realizada também a análise química da poça de água que constantemente se forma em frente à pilastra em dias de chuva na cidade. Com isso, foi possível constatar picos de maiores concentrações para os elementos Cl, Na, Ca, S e pelo íon de sulfato (SO_4), conforme Figura 18.

CONCLUSÕES

A origem dos problemas averiguados está associada a diversos elementos, tanto em escala macroscópica, quanto em microscópica. Em grande escala, as morfologias de alteração encontradas estão relacionadas à localização

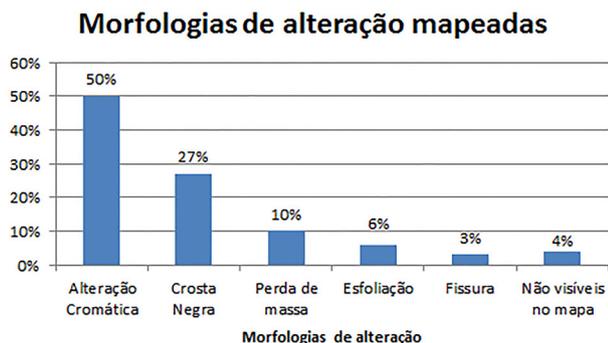


Figura 13. Morfologias de alteração mapeadas nas rochas da antiga fachada principal do Paço Imperial.



Foto: Emílio Barroso, em 1º de julho de 2014.

Figura 15. Presença de sais solúveis na superfície da rocha e da alvenaria de uma das pilastras do salão Del Rey, caracterizando a visível morfologia de alteração do tipo eflorescência.

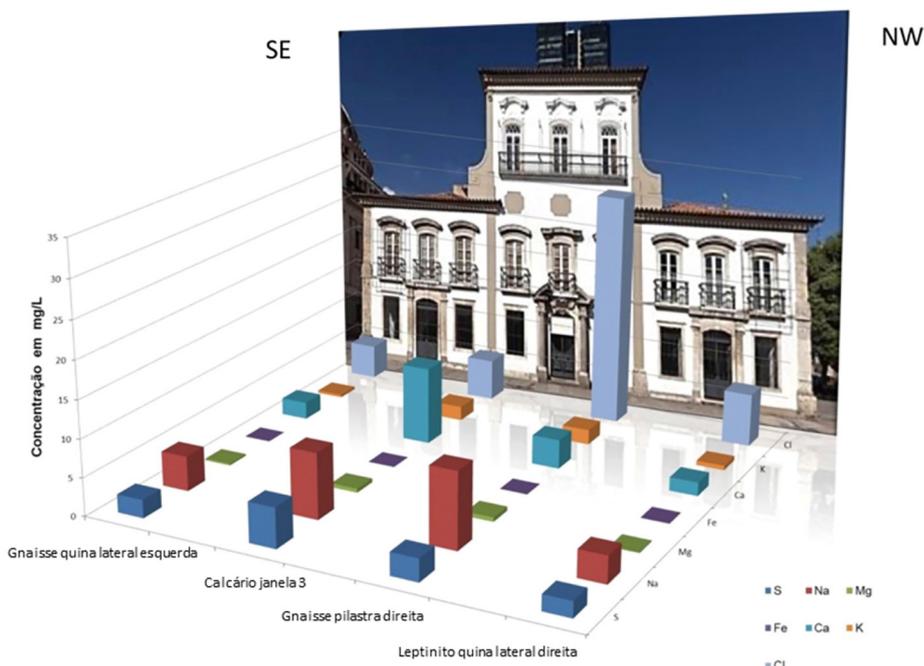


Figura 14. Correlação entre os pontos de coleta de água de lavagem e os resultados obtidos com análise química da antiga fachada principal do Paço Imperial.

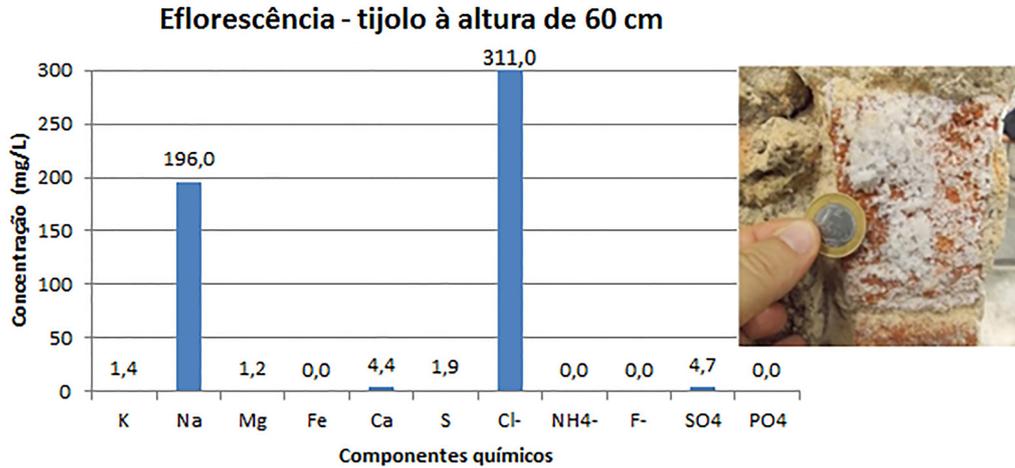


Foto: Emílio Barroso, em 1º de julho de 2014

Figura 16. Análise química dos elementos presentes na eflorescência observada na pilastra do Salão Del Rey, no interior do Paço Imperial.

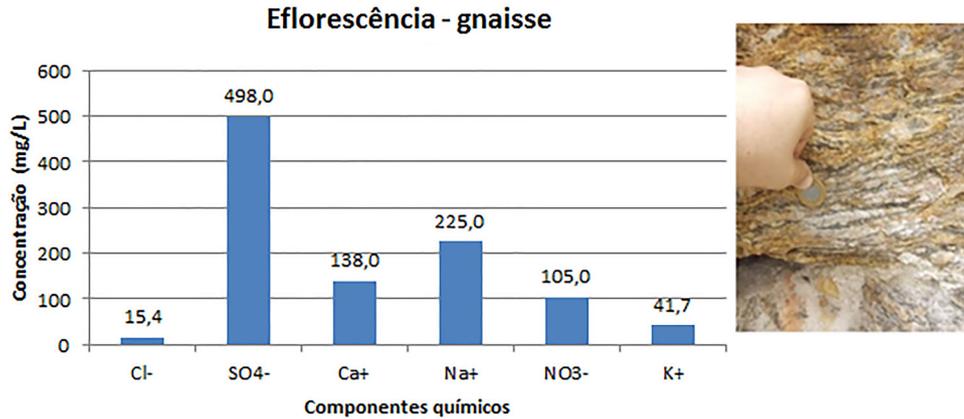


Foto: Emílio Barroso, em 1º de julho de 2014

Figura 17. Análise química dos elementos presentes na eflorescência observada no gnaiss facoidal da Sala do Armazém Del Rey, no interior do Paço Imperial.

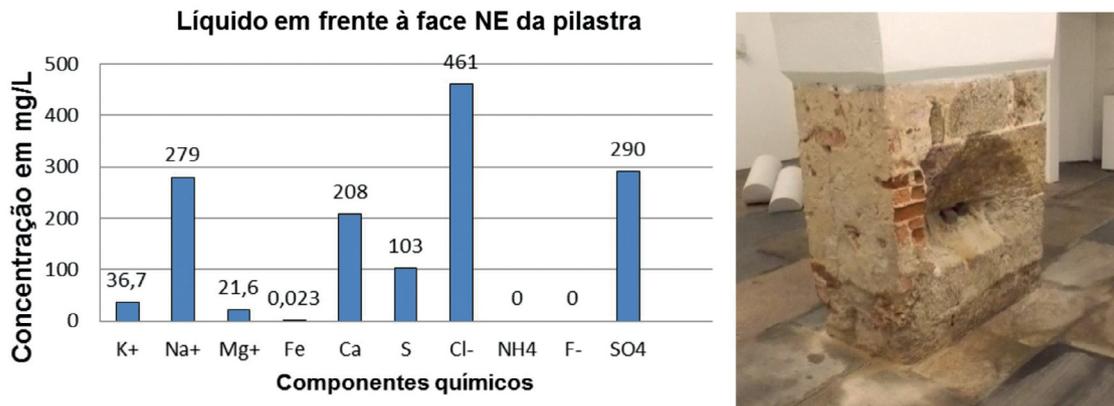


Figura 18. Análise química dos elementos presentes em poças de água, apenas em dias de chuva, ao redor da pilastra do Salão Del Rey.

do edifício, pois sua fachada Nordeste faceia a orla do porto, onde se encontra a Estação das Barcas Rio–Niterói e existe uma passagem subterrânea, agora desativada, denominada Mergulhão da Praça XV de Novembro. Além disso, há proximidade com grandes ruas movimentadas, como Primeiro de Março, Sete de Setembro e São José.

O nível de influência de poluentes devido à queima de combustível fóssil é bastante elevado em todo o prédio, e isso é comprovado pela presença dos picos de S encontrados, conforme as análises químicas realizadas em água de lavagem das rochas da fachada. A exposição constante do prédio às chuvas, aos ventos e aos excrementos ácidos de aves promove a alteração da calcita.

Ainda, a proximidade com a água do mar, acrescida de obras e aterros antigos e recentes, como as obras do Mergulhão, nos fornecem pistas para identificar as possíveis fontes da abundante eflorescência que ocorre internamente no Salão Del Rey, pois as composições da água do mar e da água das poças encontradas ao redor da pilastra são semelhantes. É possível que, após tantas modificações, o nível do lençol freático tenha se elevado, aproximando-se da superfície e aumentando o volume em dias de chuva e períodos de maré cheia.

A presença de sais solúveis, do tipo NaCl e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, nos mostra tal influência de infiltração e absorção de água do mar pelos poros dos materiais que compõem a pilastra. Isso se deve às modificações urbanísticas associadas ao constante contato com o mar ao longo de cerca de 302 anos de existência dessa edificação histórica.

Constatou-se que a descrição e o mapeamento das morfologias de alteração das rochas em monumentos históricos encontra na geologia sua sustentação científica básica. Foi verificado que outras áreas de pesquisa que trabalham com monumentos históricos, como arquitetura, engenharia e museologia, por exemplo, não podem abrir mão do conhecimento geológico, interface que deve se estabelecer de forma efetiva e complementar.

O Paço Imperial apresenta-se como estudo de caso com grande importância nesse campo de pesquisa, pois é um dentre muitos patrimônios históricos na cidade do Rio de Janeiro que necessita deste tipo de avaliação científica, devido, principalmente, ao valor cultural indubitável. Além da importância histórica do prédio, os tipos de rocha utilizados em sua construção são os mais comuns em outras edificações antigas da cidade.

Essa linha de pesquisa contribui para diversas áreas de estudo, como a geologia, a engenharia, a história e a arquitetura, por exemplo, ao fornecer dados fundamentais para a compreensão do nível de degradação de uma construção histórica.

Portanto, com base nas informações levantadas, é possível evidenciar que a degradação das rochas nos patrimônios construídos é um fato concreto. Permite, ainda, traçar

os padrões de degradação mais comuns por meio de diagnósticos, classificação, distribuição e quantificação dos problemas baseando-se em pesquisas em campo e laboratório. Com isso, pode-se atribuir uma origem para os problemas existentes e buscar, em conjunto com instituições responsáveis pelo patrimônio cultural, as mais adequadas soluções para a salvaguarda dessas edificações.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela oportunidade do mestrado da primeira autora, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos e ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pelo uso de laboratórios e pelas análises químicas, aos funcionários do Centro Cultural Paço Imperial, pelo acesso às dependências do prédio, e aos revisores anônimos que, com suas sugestões e comentários, contribuíram para melhorar a qualidade do artigo.

REFERÊNCIAS

- Barroso, E. V., Del Lama, E. A. (2007). O papel da geologia na preservação do patrimônio cultural brasileiro. *Simpósio de Geologia do Sudeste* (10, p. 211). Diamantina: SBG/NSP-NRJ-NMG.
- Barroso, E. V., Silva, L. C. T., Polivanov, H. (2006). Weathering and deterioration evaluation of a Brazilian cultural heritage building. *International Congress* (290, 10p.). Nottingham: IAEG.
- Brady, C. (1965). O século XVI (da fundação até o fim). In: F. N. Silva (Ed.). *Rio de Janeiro em seus quatrocentos e cinquenta anos: formação e desenvolvimento da cidade* (1, 49-124). Rio de Janeiro: Record.
- Campello, G. (1984). A restauração do Paço: revendo 240 anos de informação. *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, 20, 139-151.
- Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS. (2008). *Illustrated glossary on stone deterioration patterns*. Champigny-sur-Marne: Ateliers 30.
- Fitzner, B. (2004). Documentation and evaluation of stone damage on monuments. In: D. Kwiatkowski e R. Löfvendahl (Eds.). *10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone* (II, p. 677-690). Stockholm: ICOMOS.

- Fitzner, B., Heinrichs, K. (2002). Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices. In: R. Prikryl e H. A. Viles (Eds.). *Understanding and managing stone decay* (p. 11-56). Prague: The Karolinum Press.
- Grossi, D., Del Lama, E. A. (2012). Mapeamento das formas de intemperismo do Monumento a Ramos de Azevedo. *Revista CPC*, 14, 169-187.
- Henriques, F. M. A., Rodrigues, J. D., Barros, L. A., Proença, N. (2005). *Materiais pétreos e similares: terminologias das formas de alteração e de degradação*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 39p. Lisboa: IPPAR.
- Kuzmickas, L., Del Lama, A. E. (2014). Utilização de métodos não destrutivos no patrimônio histórico: estudo de caso da escultura O sepultamento de Victor Brecheret. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 4(1), 9-22.
- Lamêgo, A. R. (1938). Escarpas do Rio de Janeiro. *Boletim DGM/DNPM*, 93, 1-70.
- Lyra, C. C. (1984). Um novo Paço: uma obra para debates. *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, 20, 152-154.
- Mariani, A. W., Leite, A. L. D., Coutinho, C., Paiva, C. S. M. de, Coefi, V. L. M., Andrade, M. L. V. de, Conturs, F. B. (2004). *Paço Imperial: roteiro para visita histórica*. 4. ed. 80p. Rio de Janeiro: Paço Imperial.
- Marques, E. A. G., Barroso, E. V., Filho, A. P. M., Vargas, Jr. E. do A. (2010). Weathering zones on metamorphic rocks from Rio de Janeiro – Physical, mineralogical and geomechanical characterization. *Engineering Geology*, 111, 1-18.
- Pereira, R. de F. (2011). Imagem da fachada do Paço Imperial. *Caminhos do Rio – origem da cidade do Rio de Janeiro*. Acesso em: 04 de março de 2015, <<http://caminhosdorio.com/locais-passeio>>.
- Rodrigues, J. D. (2015). Defining, mapping and assessing deterioration patterns in stone conservation projects. *Journal of Cultural Heritage*, 16, 267-275.
- Silva, L. C. T. (2005). *Avaliação da degradação de rochas em fachadas de prédios históricos: os exemplos do Teatro Municipal e do Paço Imperial, Cidade do Rio de Janeiro*. (109 p). Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, UFRJ.
- Silva, M. E., Roeser, H. M. P. (2003). Mapeamento de deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(4), 329-336.
- Valeriano, C. M., Porto Junior, R., Almeida, J., Silva, L. G. E., Duarte, B., Schmitt, R., Valladares, C. S., Nogueira, J. R., Ragatky, C. D., Geraldés, M., Valente, S. C., Mansur, K. L., Gontijo, A., Corval, A., Dutra, T., Valença, J., Esteves, A., Palermo, N., Pereira, R. M., Guimarães, P. V., Silva, F. L., Amaral, C. P., Tupinambá, M., Heilbron, M. (2012). *Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF.23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro*. Escala 1:100.000 (CD-ROM/156p). Organizador: Luiz Carlos da Silva. Belo Horizonte: CPRM.
- Zeh (2015). *45 x 10 = 450 anos do Rio em edifícios que construíram o imaginário do Rio e do Brasil...* Acesso em: 04 de abril de 2015, <<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1802943>>.