

ESTUDO DO PERFIL DE ALTERABILIDADE DO LEPTINITO UTILIZADO NO PATRIMÔNIO CONSTRUÍDO DO RIO DE JANEIRO)

STUDY OF THE WEATHERING PROFILE OF THE LEPTINITE USED IN RIO DE JANEIRO HERITAGE BUILDINGS

Leonardo Cesar dos Santos

Aluno de Graduação em Geologia, 7º período
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período PIBIC/CETEM: maio a julho de 2019
leocs95@hotmail.com

Núria Fernández Castro

Orientadora, Engenheira de Minas, M.Sc.
ncaastro@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.
rcarlos@cetem.gov.br

RESUMO

Considerando a importância geológica, histórica e até cultural das rochas do patrimônio, este trabalho teve como principal objetivo colaborar na conservação dessas rochas, tentando se compreender o grau de alterabilidade das mesmas. Para tal, foram utilizadas quatro amostras provenientes de um gnaiss frequentemente usado em construções históricas do Rio de Janeiro ("leptinito"), que inicialmente passaram por uma análise microscópica e posteriormente, foram submetidas à ação de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e de sal (NaCl) por 447 dias. Ao longo desse tempo, foram medidos a porosidade, absorção de água, cor e brilho e dureza, após ciclos variáveis de imersão nas soluções. O trabalho foi desenvolvido por três bolsistas, com interrupções nas substituições. Os resultados não apresentaram alterações significativas, o que pode ter ocorrido devido às interrupções durante o estudo ao número de ciclos das medições não ter sido suficiente.

Palavras chave: gnaiss, alterabilidade de rochas, rochas ornamentais.

ABSTRACT

Considering the geological, historical and even cultural importance of natural stones, this work had as main objective to contribute with the conservation of these rocks, in an attempt to understand the way they're weathered. For this, four samples of a gneiss from Rio de Janeiro commonly used in historical buildings initially underwent a petrographic analysis and afterwards, were submitted to the action of sulfuric acid (H₂SO₄) and of salt (NaCl) in two concentrations each, for 447 days. The experiment was developed by three different students, with interruptions. After irregular cycles of immersion in those solutions, porosity, water absorption, color and gloss and hardness, were measured. The results showed no significant changes, which may have occurred due to interruptions during the study or because the number of measurement cycles was not sufficient.

Keywords: gneiss, weathering, built heritage.

1. INTRODUÇÃO

As rochas utilizadas nas construções de edificações e monumentos históricos, mesmo aquelas que não são consideradas patrimônio geológico no sentido de Brilha (2016), apresentam suma importância para a geodiversidade, turismo, educação e identidade cultural, o que evidencia a necessidade de sua conservação. As principais rochas utilizadas nas construções históricas do Rio de Janeiro são o gnaisse facoidal, conhecido como “a mais carioca das rochas” e o gnaisse leucocrático, conhecido como “leptinito” (Mansur et al., 2008) provenientes dos maciços da cidade (ALMEIDA & PORTO JR., 2012).

Para uma conservação efetiva dessas rochas é preciso compreender os agentes de intemperismo que atuam nas mesmas. Logo, deve-se considerar que a cidade do Rio de Janeiro localiza-se próxima ao mar, o que propicia uma grande concentração de umidade atmosférica e, ao associar-se aos ventos provenientes do oceano, fomenta um alto índice pluviométrico principalmente entre os meses de dezembro e abril. Além das chuvas, o sal oriundo da água do mar e a poluição urbana também refletem em alterações nas rochas (BAPTISTA NETO et al., 2008). Ao longo do tempo, essas alterações podem até desenvolver microfaturas que diminuem a resistência dessas rochas (BARROSO et al., 2010).

Um dos principais poluentes urbanos é o dióxido de enxofre (SO_2) que reage com o ozônio (O_3), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e forma o ácido sulfúrico (H_2SO_4) que atua na degradação gradual da rocha, tendo início na superfície exposta e progredindo para o seu interior, promovendo a perda de resistência através do aumento da porosidade. Ademais, os sais (NaCl) também são fundamentais nos processos intempéricos, já que atuam na degradação por sua cristalização, que exerce pressão nos poros e microfissuras (FRASCÁ & YAMAMOTO, 2015). Também podem-se relacionar as altas taxas de SO_2 com a aceleração da caolinitização nas rochas silicáticas (DOEHNE, 2010). Com isso, é possível realizar uma série de testes utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) e sal (NaCl), com o intuito de mapear a alterabilidade das rochas.

Em 2018 foi iniciado o presente trabalho com a finalidade de estabelecer um perfil de alterabilidade do leptinito. Para isso o leptinito foi separado em quatro amostras, das quais foram confeccionadas quatro lâminas para a análise petrográfica. Foi reconhecida na análise uma mineralogia comum tendo como minerais essenciais o quartzo, plagioclásio, k-feldspato e como minerais secundários, granada, apatita e epidoto. Também foi identificada a presença de alteração, como mimerquitização, sericitização, caolinitização e formação de óxido de ferro. Após essa análise, as amostras foram imersas em H_2SO_4 e NaCl para a determinação dos índices físicos em ciclos previstos de 7 dias, após secagem em estufa. O estudo foi interrompido duas vezes pela saída dos bolsistas responsáveis e retomado após um longo período, durante o qual as amostras permaneceram em solução.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é acompanhar as possíveis alterações de um leptinito submetido à ação de ácido sulfúrico e cloreto de sódio, em diferentes concentrações, a fim de se tentar estabelecer um perfil de alteração dessa rocha.

3. METODOLOGIA

Foram utilizadas quatro amostras cúbicas, com 5 cm de aresta, extraídas de um gnaisse leptinitico do Mosteiro de São Bento proveniente do Morro da Viúva, hoje aterrado do Flamengo (ALMEIDA & PORTO JR., *op.cit.*). Inicialmente, foram confeccionadas lâminas para a análise petrográfica dessas amostras, e posteriormente, foram inseridas em quatro beckers, tendo dois deles 0,5 e 1,0 mol.L⁻¹ de H_2SO_4 e os outros dois NaCl , 5 e 10% em massa (reagentes marca Merck). Antes da exposição aos reagentes, as amostras foram pesadas e obtiveram-se a porosidade e absorção de água (ABNT NBR 15845-2, 2015), cor e brilho (colorímetro portátil da marca *BYK spectro-guide*), composição química (fluorescência de raios-X portátil da marca *Brüker*) e dureza (medidor por rebote *Equotip 3* da PROCEQ). Após ciclos de imersão de sete

dias, repetiam-se as medições. Os ciclos, no entanto, não foram observados, tendo se realizado medições após períodos maiores do previsto, seja pela substituição dos bolsistas ou por outros motivos. Neste trabalho foram feitas as medições após 447 dias e comparadas com as anteriores

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição das lâminas da rocha são, que foi realizada pelo primeiro bolsista antes dos ensaios, apontou para um estado de alteração identificado principalmente pela presença de mimerquitização, sericitização, caolinitização e formação de óxido de ferro, porém não ocorreram em estados significativos para considerar a rocha como alterada. As amostras poderiam se classificar no tipo II (levemente alterado), de acordo com Barroso et al., (2010). Apesar de não ter sido feita a lâmina após os ensaios, macroscopicamente observou-se que biotita e granada apresentavam alterações, principalmente nas amostras imersas em ácido sulfúrico (Figura 1), com presença de pontos de sal cristalizado e com expansão de áreas oxidadas na superfície.



Figura 1: Amostra 2 (0,5 mol/L H₂SO₄, antes e depois dos 447 dias de imersão).

4.1. Porosidade e Absorção de Água

Através da obtenção dos valores de porosidade ao longo do tempo de estudo, foi possível comparar os resultados encontrados com as medições anteriores e gerar o gráfico abaixo (Fig. 2) com as medições desses 447 dias. Percebe-se uma fraca correlação entre o tempo e a porosidade, fortemente afetada pela mudança de operador (bolsista responsável pelo estudo), que pode ter ocorrido pelo manuseio de cada operador na realização das medições, ou pela cristalização de sais nos poros da rocha, pois ficaram muito tempo nas soluções nos intervalos. Apesar da dificuldade em analisar os dados obtidos de um experimento realizado em três etapas e por operadores diferentes, o que invalidaria esses resultados, podem-se realizar algumas observações. Analisando-se os resultados separadamente (operador 1 até 138 dias, operador 2 até 227 dias e operador 3, 447 dias), nota-se que nos primeiros ciclos, para cada operador, há uma leve diminuição da porosidade e uma tendência ao aumento da mesma nos ciclos finais. Isso poderia ser explicado pela cristalização dos sais nos poros (diminuição da porosidade), provocando fissuras internas nos respectivos ciclos de imersão e secagem, causando perda de material e o consequente aumento da porosidade nos ciclos seguintes. As amostras eram lavadas superficialmente com água destilada a cada etapa de imersão/secagem, permitindo a liberação de sais antes cristalizados e possivelmente alguns minerais em início de alteração. Além disso, observa-se que os períodos mais longos com as rochas imersas nas soluções levaram a aumentos claros de porosidade, o que faz sentido, já que como as amostras ficaram mais tempo em solução, os sais tiveram mais tempo para penetrar em maior número de poros da rocha.

É notório que ao longo do tempo, as soluções com ácido sulfúrico (H₂SO₄) produziram uma alteração levemente maior que as soluções de NaCl, nesses 447 dias. Isso corroboraria os resultados de Frascá e Yamamoto (2015) que apontam o dióxido de enxofre (SO₂) e consequentemente o H₂SO₄, como o principal causador da degradação e alteração das rochas.

De qualquer forma, as mudanças na porosidade não são significativas em termos de resistência, pois correspondem à rochas sãs ou pouco alteradas (BARROSO et al., 2010). Este resultado pode ser consequência dos possíveis erros derivados das interrupções do estudo, ou pelo fato do número de ciclos ter sido insuficiente, como indicado por Oliveira (2019) cujo estudo aponta para a necessidade de 525 ciclos para se aumentar a porosidade aparente para 2,5%, com imersão em NaCl 5%. No entanto, o presente trabalho utilizou secagem rápida, que é mais agressiva (Doehne, 2010) que a secagem lenta utilizada por esse autor com o qual o número de ciclos necessário para um aumento apreciável na porosidade deve ser menor que 525.

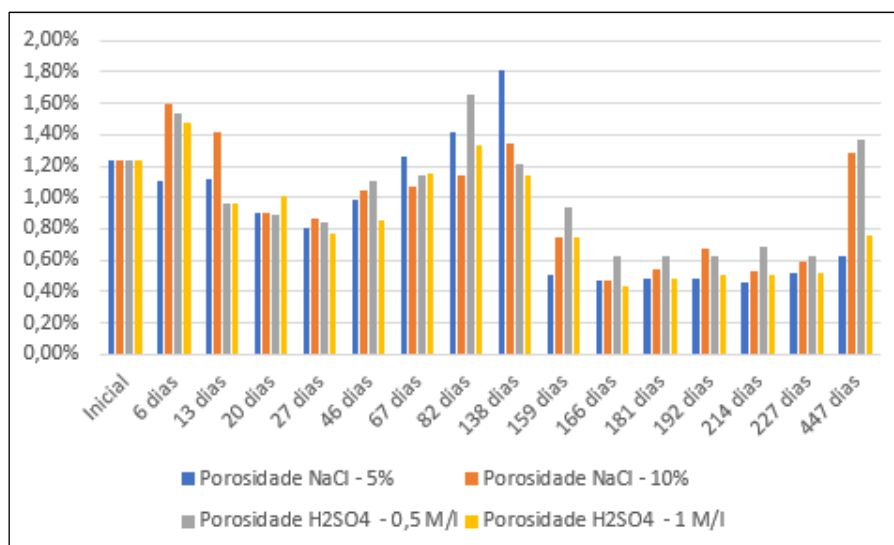


Figura 2: Valores de porosidade de 2018 a 2019.

4.2. Colorimetria

Os padrões a, b e L referentes a cor e G, referente ao brilho, apresentaram em média, a = 0,96, b = 8,54, L = 69,24 e G = 1,8. Esses valores não diferem dos encontrados pelo bolsista anterior, que foram, 0,94, 8,57, 71,48 e 1,2 respectivamente. Entretanto, macroscopicamente observam-se áreas mais oxidadas em alguns pontos, provavelmente da oxidação de minerais com ferro (como biotita), que deve ser analisado melhor em lâmina petrográfica. Pelo fato da metodologia exata utilizada pelos bolsistas anteriores ser desconhecida (número de pontos e localização das medições), não é possível concluir se houve ou não mudanças significativas.

4.3. Dureza

Os valores da dureza das amostras não apresentaram mudanças significativas, englobando o mesmo intervalo das medições anteriores para todas as amostras. O desvio padrão das medições em uma única amostra (5 medições em cada face, no total de 30 medições por amostra) foi maior que o desvio padrão das médias ao longo do tempo do estudo. Os valores encontrados foram entre 725 e 770 HDL.

5. CONCLUSÕES

Em suma, o leptinito analisado, que foi submetido durante 447 dias à ação de ácido sulfúrico e cloreto de sódio, não apresentou alterações superficiais significativas ao longo desse tempo. É importante destacar que o estudo foi prejudicado pelas interrupções, devido à troca de operadores. Ademais, também deve-se considerar que o número de ciclos pode ter sido insuficiente. Logo, para uma melhor interpretação da alterabilidade da rocha, é necessária a realização de uma análise petrográfica microscópica e a repetição do estudo nas câmaras.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos colegas do LACON, ao CETEM pela infraestrutura e ao CNPq pelo suporte financeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S., PORTO JR.R. (2012). Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das Ciências Geológicas. **TERRÆ DIDÁTICA** – Instituto de Geociências – Unicamp, Campinas, num. 8(1), pp 3-23.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 15845-2, 2015. **Rochas para revestimento. Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água.**

BAPTISTA NETO, J.A.; SMITH, Bernard J; MCALLISTER, John J; SILVA, Maria Augusta Martins da; ABUCHARA, Rodrigo Coutinho; SILVA, André Luiz Carvalho da. A geomorfologia aplicada ao estudo da alteração de rochas ornamentais em prédios históricos na cidade do Rio de Janeiro. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO, 2008, Belo Horizonte. **Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - SINAGEO**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2008, v. 1, p. 1-10.

BARROSO, E.V. et al. Weathering Zones on Metamorphic Rocks from Rio de Janeiro - Physical, mineralogical and geomechanical characterization. **Engineering Geology**, v. 111, p. 1-18, 2010.

BRILHA, J.B.R. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

DOEHNE, E.F.; PRICE, C.A.; GETTY CONSERVATION INSTITUTE. **Stone conservation: an overview of current research**. [s.l.] Getty Conservation Institute, 2010.

FRASCÁ, M.H.B.O. & YAMAMOTO, J.K. Deterioração de Rochas Graníticas em Edificações e Monumentos – Investigação por Ensaios de Alteração Acelerada. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, p.1-10, 2015.

MANSUR, K.L., CARVALHO, I.S., DELPHIM, C.F. M E BARROSO, E.V., (2008) O gnaiss facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do Instituto de Geologia**, UFRJ, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2.

OLIVEIRA, L.F.B. **Influência da cristalização de sal solúvel na degradação de propriedades petrofísicas de granitóide**. 2019.74f. Trabalho final de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.