

EFEITO DE DESCARGAS ELÉTRICAS NA ESTRUTURA MINERALÓGICA DA PEDRA SABÃO QUE RECOBRE O CRISTO REDENTOR

Paula Espinosa Santos

Aluna de Graduação em Engenharia Química 3º período, UFRJ

Período CETEM : setembro de 2013 a julho de 2014.

pesantos@cetem.gov.br

Marisa Bezerra de Melo Monte

Orientadora, Eng. Química, D.Sc.

mmonte@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, Eng. Químico, D.Sc.

rcarlos@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

O monumento ao Cristo Redentor localizado na cidade do Rio de Janeiro foi construído na década de 30 e representa uma das sete maravilhas do mundo moderno. É constituído de uma estrutura em concreto armado recoberto por um mosaico de pequenas peças triangulares de pedra sabão, que são chamadas de tesselas (RIBEIRO *et al.*, 2010).

As tesselas protegeram o monumento ao longo dos anos, principalmente por serem extremamente hidrofóbicas. No entanto, durante as últimas intervenções de restauro tem se percebido consubstancias absorções de água por parte das tesselas, facilitando a entrada de água e danificando a estrutura de concreto do monumento (GOUGON, 2009).

No ano de 2010, durante o último restauro, o CETEM foi responsável pelo suporte tecnológico e realizou um estudo que pôde detectar que uma das causas da degradação das tesselas era a grande proliferação microbológica que gerava ácidos em seu metabolismo, destruindo assim as tesselas, que passaram a apresentar absorções de água na ordem de 6%, onde na verdade deveria ser em torno de 1% (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Além disso, por estar localizado em dos pontos mais altos do Rio de Janeiro, no morro do Corcovado, o monumento sofre ataques constantes de descargas elétricas, que na maioria das vezes arrancam e pulverizam boa parte das tesselas da cabeça, dedos e queixo, mas que possivelmente alteram sua estrutura mineral ou expõem minerais menos resistentes, criando um ponto suscetível de degradações.

2. OBJETIVOS

Baseado nos fatos relatados pretende-se verificar os efeitos dos raios de trovões na estrutura mineral das tesselas de pedra sabão que recobrem o monumento do Cristo Redentor.

3. METODOLOGIA

3.1 Origem das Tesselas

Foram utilizadas tesselas originais, retiradas do monumento do Cristo Redentor, com autorização do Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional (IPHAN).

3.2 Caracterização das Tesselas

3.2.1 Análise Química por FRX

A caracterização química foi realizada utilizando a técnica de Fluorescência de raios-x pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM) do CETEM.

3.2.2 Análise Mineralógica por DRX

A caracterização mineralógica foi realizada utilizando a técnica de difração de raios-x pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM) do CETEM.

3.2.3 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

As análises foram efetuadas num microscópio eletrônico de varredura (MEV) FEI Quanta 400 com um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS) Bruker Quantax acoplado.

3.2.4 Índices Físicos

O ensaio de índices físicos permite determinar a porosidade e absorção de água da rocha, e foi realizado por meio da norma ABNT. NBR 12.766/92.

3.3 SELFRAG - High Voltage Pulse Power Fragmentation

Com a finalidade de simular o ataque de um raio natural, as amostras de tesselas foram encaminhadas para Suíça para receber uma descarga elétrica em uma planta de SELFRAG. Esta tecnologia aplica energia elétrica a materiais imersos em um líquido processado. Líquidos dielétricos, com água, tem uma alta força dielétrica quando o tempo de subida da voltagem se mantém abaixo de 500 ns. Como resultado, descargas são introduzidas dentro o material imerso e essa energia é transformada em ondas de choque acústico sob um regime de alta tensão dentro do material.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Química – FRX

A figura 1 apresenta a distribuição dos principais elementos químicos, na forma de óxidos, que compõe a tessela extraída do monumento, antes e após a descarga elétrica. Pode-se verificar que após a descarga elétrica há um aumento das concentrações de magnésio, alumínio, cálcio e da perda ao fogo. Além disso, observa-se a diminuição de ferro, silício, potássio e sódio. Tal fato pode estar relacionado na formação ou maior expo-

sição de novos minerais, após o ataque dos raios, que serão verificados na análise mineralógica.

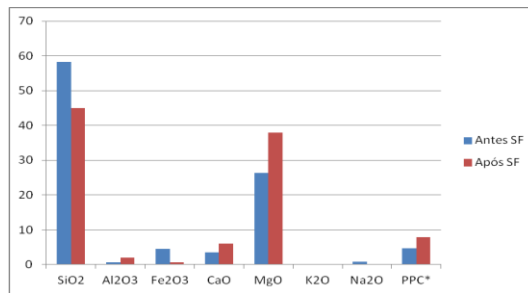


Figura 1: Análise Química da tessela antes e após *Selfrag*.

4.2 Análise Mineralógica - DRX

Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se os difratogramas da pedra sabão antes e após o ataque dos raios, respectivamente, onde se pode observar o aparecimento de dolomita, corroborando o aumento de magnésio que compõe esse mineral e também da perda ao fogo, devido a possível presença dos carbonatos associados. O aparecimento da dolomita pode estar relacionado a dois fatores: formação de um novo mineral, onde o magnésio se desprende da estrutura do talco e forma o carbonato, devido à alta temperatura e pressão; ou a saída de minerais acessórios, como a tremolita, permitindo a exposição da dolomita que poderia estar no interior da estrutura da rocha, antes não identificada.

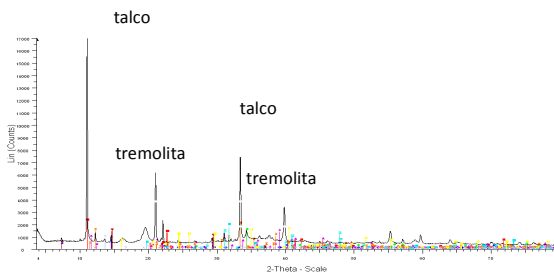


Figura 2: DRX da Tesselas antes do *Selfrag*

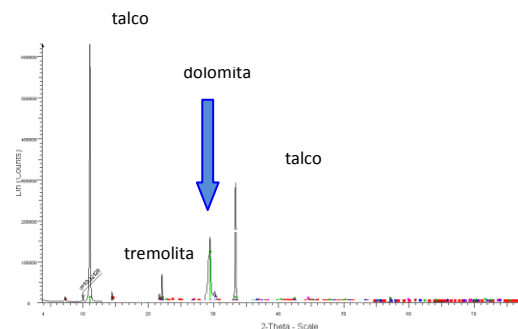


Figura 3: DRX após o *Selfrag*.

4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

Na Figura 4 observa-se a estrutura da tessela antes da descarga elétrica, evidenciando as estruturas de talco. Após a descarga (Figura 5), observa-se a desfragmentação da amostra de talco e a visualização de novos minerais como dolomita e calcita.

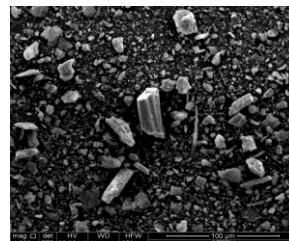
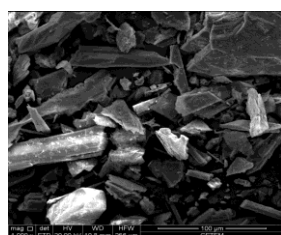


Figura 4: MEV antes do *Selfrag* (1000x). **Figura 5:** MEV após o *Selfrag* (1000x)

4.4 Índices Físicos

Na Figura 6 observa-se que a porosidade e absorção de água da tessela extraída do monumento são da ordem de 3 e 2%, respectivamente. Após a passagem do protetivo Silano-siloxano, utilizado no monumento, a porosidade e a absorção reduzem para valores em torno de 0,3%, tornando a superfície mais hidrofóbica. Após a descarga elétrica, a porosidade aumenta para cerca de 8% e a absorção de água para 3%. Tal fato, pode estar relacionado com a formação ou maior exposição de novos minerais, como dolomita e calcita, que são capazes de absorver uma quantidade superior de água que a pedra sabão original. Por fim, verifica-se que mesmo com o protetivo aplicado, a descarga elétrica faz com que a rocha apresente uma porosidade de 5% e uma absorção de 2%, indicando a grave alterabilidade da rocha, comprovando ser um ponto de degradação das tesselas e que o protetivo utilizado não é tão eficaz para pontos do monumento onde há incidências de raios, uma vez que se trata de outro mineral.

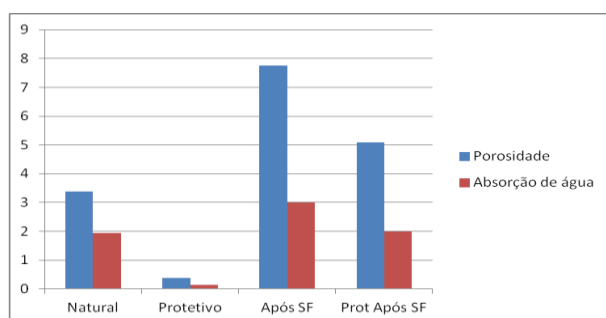


Figura 6: Porosidade e absorção de água das tesselas antes e após selfrag

5 CONCLUSÕES

Pôde-se concluir que os raios que atingem a pedra sabão podem formar ou expor novos minerais mais susceptíveis às degradações, facilitando a degradação da estrutura do monumento. Além disso, o protetivo aplicado no monumento pode não estar sendo eficaz no impedimento das deteriorações, pois é mais específico para pedra sabão e em alguns pontos, outros minerais, como dolomita e calcita, são mais proeminentes. .

6 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM e a COAM pela infraestrutura, à técnica Michelle e a bolsista Débora Sanchez.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOUGON, H. Um mosaico de braços abertos sobre a Guanabara: Mosaico de revestimento no Cristo Redentor. In: Mosaicos do Brasil. Agosto, 2009. Disponível em: <<http://mosaicodobrasil.tripod.com/id108.html>>. Acesso em: 12 maio 2014.

RIBEIRO, R. C. C, CASTRO, N. F. e QUEIROZ, J. P. C.; Verificação do efeito de hidrofugantes na superfície das tesselas de pedra-sabão (esteatito) que recobrem o monumento do Cristo Redentor, Relatório Técnico, CETEM, Rio de Janeiro, 2010.