

BIODETERIORAÇÃO DO MONUMENTO AO CRISTO REDENTOR

BIODETERIORATION OF THE CRISTH THE REDEEMER MONUMENT

Barbara Nunes Santana Tasca

Aluna de Graduação de Ciências Biológicas 5º período, UNIGRANRIO

Período PIBIC/CETEM: 08/2015 a 07/2017

btasca@cetem.gov.br

Andrea Camardella de Lima Rizzo

Orientadora, Engenheira Química, D.Sc.

arizzo@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc.

rcarlos@cetem.gov.br

Maria Inez de Moura Sarquis

Orientadora, LCCFF IOC/FIOCRUZ RJ, Bióloga, D.Sc.

isarquis@ioc.fiocruz.br

RESUMO

O Cristo Redentor é um monumento de concreto armado e recoberto por peças triangulares de pedra-sabão (duas arestas com 3,0 cm, uma com 3,5 cm e espessura de 0,5 cm), que são chamadas de tesselas. A localização do monumento, acima de 30 m no morro do Corcovado, favorece a ação de intemperismos, físico, químico e biológico, que acabam por alterar as características das rochas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é verificar as causas de alterações das rochas do monumento para dar subsídios às atividades dos restauradores. Para tal, foram realizadas caracterizações químicas e mineralógicas, por meio de FRX e DRX, respectivamente, de tesselas extraídas do monumento, além da determinação de sua porosidade e absorção de água. Simulou-se o comportamento de pedras-sabão, recém-extraídas de pedreiras de Ouro Preto-MG, frente à exposição em câmaras de intemperismo acelerado de névoa salina, SO₂ e raios-UV. Por fim, foram realizadas coletas microbiológicas no monumento. Os resultados de DRX indicaram que a composição das tesselas é essencialmente talco, a FRX apontou teores de sílica de 60% e magnésio de 26%, corroborando o DRX. Os valores de porosidade (6%) e absorção de água (3%) indicam que as rochas encontram-se muito alteradas, uma vez que a literatura indica valores de absorção menores que 0,32% e porosidade inferior a 0,89%. As rochas que sofreram intemperismo acelerado não apresentaram alterações significativas, indicando não ser esta a causa das degradações. A avaliação microbiológica identificou fungos pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Coelomycete* e *Curvularia*, muitos dos quais sintetizam ácidos que degradam lentamente as rochas. Conclui-se que o processo de biodeterioração é o principal responsável pela degradação das peças que recobrem o monumento, sendo imprescindível a aplicação de agentes de hidrofugação, uma vez que biocidas não podem ser aplicados na região da mata Atlântica.

Palavras chave: Cristo Redentor, biodeterioração, alteração de rochas.

ABSTRACT

Cristh the Redeemer is a monument of reinforced concrete and covered by triangular pieces of soapstone, which are called "tesselas". The location of the monument, more than 30 m in Corcovado hill, favors the Weathering action, physical, chemical and biological, that end up changing the characteristics of the rocks. In this way, the objective of this work is to verify the causes of rocks alterations in the monument to give subsidies to the activities of the restorers. For this, chemical and mineralogical characterizations were made, by means of XRF and XRD,

respectively, of “tesselas” extracted from the monument, besides the determination of its porosity and water absorption. The behavior of soapstone, recently extracted from the Ouro Preto city-MG quarries, was simulated in chamber of accelerated weathering of salt spray, SO₂ and UV rays. Finally, microbiological collections were carried out at the monument. The results of XRD indicated that the composition of the “tesselas” is essentially talc, corroborating the XRF, which showed silica contents of 60% and magnesium of 26%. The values of porosity (6%) and water absorption (3%) indicate that the rocks are much altered, since the literature indicates references values of absorption less than 0.32% and porosity less than 0.89%. The rocks that suffered accelerated weathering did not show significant changes indicating that they were not the cause of the degradations. The microbiological evaluation identified fungi belonging to the genus *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Coelomycete* and *Curvularia*, many of whom synthesis acids that slowly degrade the rocks. It is concluded that the biodeterioration process is the main responsible for the degradation of the pieces that cover the monument, being essential the application of water repellent agents, since biocides can't be applied in the Atlantic Forest region.

Keywords: Cristh the Redeemer, biodeterioration, dimension stone alterability.

1. INTRODUÇÃO

O Cristo Redentor, localizado no Morro do Corcovado, no bairro do Cosme Velho, é um dos cartões postais do mundo e símbolo do Rio de Janeiro. Construído em 1931, o monumento é a terceira maior estátua de Cristo existente, com 38m de altura, incluindo seu pedestal, e é feito de concreto armado coberto por peças triangulares de pedra-sabão, chamadas de tesselas, apresentadas na Figura 1.



Figura 1: Tesselas que recobrem o monumento do Cristo.

Localizado a mais de 700 m acima do nível do mar, torna-se um alvo constante de intemperismos diversos, principalmente névoas salinas provenientes da Baía de Guanabara, incidência solar, umidade e ação de chuvas ácidas. Tais agentes promovem alterações físicas e químicas na rocha, além de auxiliarem efetivamente no processo de colonização microbiológica. Essa colonização acaba resultando na biodeterioração (Hueck, 1965) do monumento devido à produção de ácidos, em seus metabolismos, que acabam afetando as características físicas da rocha, principalmente a porosidade e absorção de água.

As rochas, que compõem grande parte dos monumentos, podem ser afetadas pelos processos de intemperismo químico, físico e biológico (Frasca, 2003), que atuam dependendo das condições climáticas da região, alterando gradualmente os materiais pétreos com a perda de resistência pelo aumento da porosidade (Agapiou *et al.*, 2015; Zivica e Badja, 2001).

2. OBJETIVOS

Caracterizar as rochas que recobrem o monumento do Cristo Redentor e verificar as causas de suas alterações, fornecendo subsídios para as atividades de restauração.

3. METODOLOGIA

3.1. Amostragem

Foram retiradas 16 tesselas do monumento, com autorização do Instituto do Patrimônio Artístico e Histórico Nacional – IPHAN para realização de ensaio de caracterização. Para os ensaios de alterabilidade utilizaram-se pedras-sabão oriundas da cidade de Ouro Preto – MG. As coletas microbiológicas foram realizadas diretamente no monumento.

3.2. Caracterização Química e Mineralógica

As composições, química e mineralógica, foram determinadas utilizando-se as técnicas de fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX), respectivamente, as quais foram realizadas pela Coordenação de Análise Minerais do CETEM (COAMI).

3.3. Índices Físicos

Para determinação da porosidade e absorção de água das tesselas, utilizaram-se os procedimentos descritos na norma ABNT 12.766/92.

3.4. Intemperismo Acelerado

Corpos de prova de pedra sabão, nas mesmas dimensões das tesselas (3,0cm x 3,0 cm x 3,5 cm e 0,5 cm de espessura), foram submetidos em câmaras que simulam o intemperismo acelerado de névoa salina (ABNT 8094/83), raios-UV (ASTM G53) e SO₂ (ABNT/ NBR 8096/83). Após os ensaios, são verificadas alterações cromáticas, porosidade e absorção de água.

3.5. Coleta Microbiológica

A coleta microbiológica foi realizada no ombro direito e em pontos escolhidos visualmente localizados nas partes, anterior, posterior, laterais (esquerda e direita), em uma altura de aproximadamente 1,20m da base onde o monumento se encontra. Na parte interna, coletou-se material na porta no lado direito e em manchas encontradas no segundo andar. Para a coleta microbiológica utilizou-se *swab* estéril e placas contendo meio Batata Dextrose Agar (BDA), propício para o crescimento de fungos. Foi feita a coleta por meio do esfregão do *swab* no ponto escolhido, assim como a transferência deste material para a placa contendo o meio de cultura.



Figura 2: Coleta microbiológica.

As placas foram mantidas em estufa a 30°C durante 5 dias para crescimento microbiano. Após esse primeiro crescimento, foram identificados visualmente os diferentes morfotipos presentes em cada placa para dar início ao processo de isolamento das espécies. O isolamento foi feito em tubos contendo meio Extrato de Malte, que é próprio para o crescimento de leveduras e bolores, e em placas com meio BDA para os fungos, conforme já explicado. Depois de isolados, foram utilizadas as técnicas de cultura em lâmina e ponto de inóculo, sendo ambas empregadas para melhor visualização das estruturas das colônias e para facilitar uma posterior identificação das espécies.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Química e Mineralógica

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados da composição química das tesselas, que apresentam teores de sílica de cerca de 60% e magnésio de 26%, provavelmente associados à estrutura do talco, predominante nesse tipo de rocha. Na Figura 3, observa-se o difratograma das tesselas no qual é possível verificar picos predominantes do talco, corroborando os resultados anteriores.

Tabela 1: Composição química das tesselas.

Elementos (%)	Tessela original
SiO ₂	58,2
Al ₂ O ₃	0,68
Fe ₂ O ₃	4,5
CaO	3,6
MgO	26,3
K ₂ O	0,11
Na ₂ O	0,77
Perda ao fogo	4,7

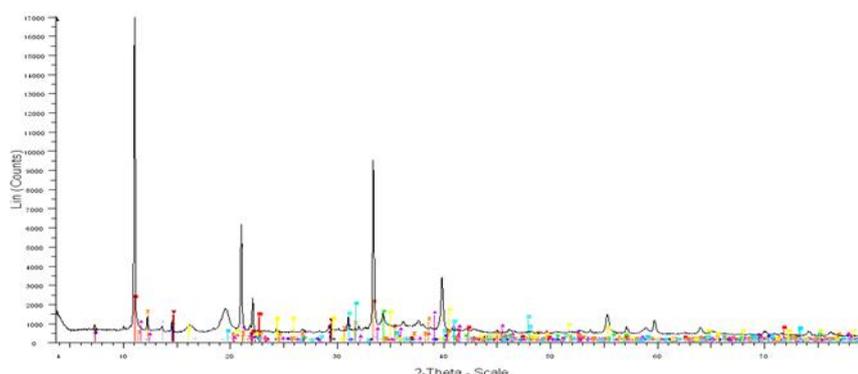


Figura 3: Composição mineralógica das tesselas.

4.2. Índices Físicos

Os resultados dos índices físicos indicam que as tesselas presentes no monumento apresentam valores de porosidade de 5,72% e absorção de água de 3,06%, indicando alto grau de alteração, uma vez que a pedra sabão apresenta valores de absorção e porosidade baixos, de 0,32% e 0,89%, respectivamente (González-Mesones, 2003).

4.3. Intemperismo Acelerado

As amostras submetidas à ação dos agentes intempéricos (SO₂, névoa salina e raios-UV) que foram adquiridas da pedreira Santa Rita em Ouro Preto-MG, apresentavam valores de porosidade de 0,80% e absorção de água de 0,30%, em conformidade com os estabelecidos pela literatura. Após a ação desses agentes intempéricos, nenhuma tessela apresentou variação desses valores de porosidade e absorção, indicando não serem esses os agentes causadores da degradação das rochas no monumento. Apenas as rochas submetidas aos raios-UV apresentaram alterações cromáticas como indicado na Figura 4.

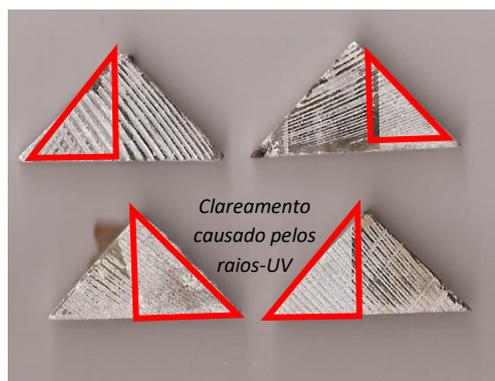


Figura 4: Alteração cromática das tesselas após ação de raios-UV.

4.4. Análise Microbiológica

A partir da visualização microscópica dos fungos coletados, foram identificados quatro diferentes gêneros, sendo eles: *Aspergillus* que em algumas circunstâncias, produzem ácido cítrico, glucônico e gálico, *Cladosporium*, gênero de fungo que se apresenta como manchas escuras, de cor marrom ou preta, com aspecto aveludado e pode formar ramificações semelhantes a galhos de árvores, *Coelomycete* e *Curvularia* que podem ser encontrados em plantas. Também foram identificados fungos pertencentes à família *Dematiaceae*, além de fungos classificados como *Mycelia sterilia* que são conhecidos por não produzirem esporos.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que o monumento apresenta diversas patologias como eflorescência, perda de brilho, perda de massa, fissuras, dentre outras que, possivelmente são decorrentes da ação da água. Fica evidente que as tesselas se encontram bastante alteradas com valores de porosidade de cerca de 6% e absorção de água de aproximadamente 3%, e que estas alterações são provenientes da ação de microrganismos, sendo a maioria fungos filamentosos, que geram ácidos e, que provavelmente são os responsáveis pela maior parte da degradação do monumento do Cristo Redentor. Torna-se necessária a aplicação de agentes de hidrofugação no monumento para frear essa deterioração.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM e a FIOCRUZ, pela infraestrutura, a todas as equipes, do Laboratório da Coleção de Fungos Filamentosos do Instituto Oswaldo Cruz e do Laboratório de Conservação e Alterabilidade de Materiais de Construção (LACON) do CETEM, e a todos os envolvidos na elaboração deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAPIOU, A., DIMITRIOS D. ALEXAKIS, VASILIKI LYSANDROU, APOSTOLOS SARRIS, BRANKA CUCA, KYRIACOS THEMISTOCLEOUS, DIOFANTOS G. HADJIMITSIS; **Impact of urban sprawl to cultural heritage monuments: The case study of Paphos area in Cyprus**, Journal of Cultural Heritage; Volume 16, Issue 5, September–October 2015, Pages 671–680.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM G53-96, Practice for Operating Light- and Water-Exposure Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials (Withdrawn 2000).

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT-NBR 8094/83: material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro. 1983.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT-NBR 8096/83: material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre. Rio de Janeiro. 1983.
- FRASCÁ, M. H. B. O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrologia, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo - USP. 2003.
- GONZÁLEZ-MESONES, F. L. **La alterabilidad y durabilidad de la piedra natural.** Curso de Especialização em Tecnologia e Valorização de Rochas Ornamentais, UFRJ-CETEM-CETEMAG, 2003.
- HUECK-VAN DER PLAS, E. H. **The biodeterioration of materials as a part of hylobiology.** Material und Organismen. 1(1): 6-16, 1965.
- 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.