

# Caracterização Tecnológica das Rochas da Fachada Posterior do Mosteiro de São Bento

**Michelle Teixeira Costa Cassiano dos Santos**  
Bolsista Capacitação Institucional, Técnica em Química.  
**Roberto Carlos da C. Ribeiro**  
Orientador, Eng. Químico, D.Sc.

## Resumo

A partir da parceria entre IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - foram realizados ensaios de caracterização Tecnológica de rochas de bens tombados, como por exemplo o mosteiro de São Bento.

Os ensaios de caracterização tecnológica das rochas no monumento incluíram análise mineralógicas e químicas; determinações da absorção de água e porosidade.

Pode-se concluir que as rochas que compõem as janelas e balcões da fachada posterior do mosteiro de São Bento são em sua maior parte gnaiesses facoidais, de coloração amarela clara, que estão sofrendo ação de ataque salino e de deposição de SO<sub>2</sub>.

## 1. Introdução

As rochas ornamentais sofrem degradação de duas formas principais. Por intemperismos, exposição externa, geralmente em fachadas de prédios ou monumentos históricos. E por exposição a produtos químicos, como material de limpeza, em geral são pisos e bancadas. Essas fontes de degradação causam manifestações patológicas que afetam na composição química e mineralógica. Que podem resultar na perda das características originais, como perda de contorno em monumentos ou modificações na coloração da rocha, além de perda de brilho, durabilidade e na estética. As principais reformas e restaurações ocorreram em 1732, 1743, 1788-1794. Seu tombamento inclui, além da edificação, todo o seu acervo, de acordo com a Resolução do Conselho Consultivo da SPHAN, de 13/08/85, referente ao Processo Administrativo nº 13/85/SPHAN.

## 2. Objetivos

O objetivo do trabalho foi verificar as causas de alterabilidade das rochas a partir de ensaios de caracterização tecnológica das rochas da fachada posterior do mosteiro de São Bento.

## 3. Material e Métodos

### 3.1. Procedimentos Experimentais

Todos os ensaios seguiram as metodologias descritas nas normas técnicas da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Os testes foram realizados nos laboratórios do CETEM/RJ.

### 3.2. Amostragem

Amostragem de fragmentos de rochas foram coletadas dos balcões do mosteiro de São Bento coletadas, pesadas e protocoladas. Em seguida cortadas, britadas, homogeneizadas e pulverizadas, de acordo com a necessidade de cada análise. E encaminhadas para a equipe da COAM (Coordenação de Análises Mineraias) para a realização de Fluorescência de Raios-X (FRX) e Difratomia de Raio X (DRX). Afim de comparação, três amostras sãs quadradas do mosteiro de São Bento foram utilizadas como parâmetro de comparação.

### 3.3. Britagem

Na etapa de britagem as amostras de rochas foram britadas por meio do uso de britadores de mandíbulas e/ou de rolos. O uso correto do equipamento dependeu do tamanho da amostra que se desejava obter, uma vez que

cada tipo de equipamento possui uma faixa de redução granulométrica. Logo após as amostras foram homogeneizadas e peneiradas na seguinte granulometria 106  $\mu\text{m}$  e encaminhadas para determinação de FRX e DRX.

### 3.4. Caracterizações Química e Mineralógica

Para determinação dos elementos químicos presentes nas amostras de rochas, realizou-se a técnica de fluorescência de raios-X (FRX) e para determinação dos compostos mineralógicos utilizou-se a técnica de difração de raios-X (DRX) realizados pela COAM.

### 3.6. Determinação e absorção de Água

Esse procedimento tem por objetivo caracterizar as propriedades físicas da rocha, determinando-se a porosidade e capacidade de absorção de água do material permitindo avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão do material.

Para determinação da porosidade e absorção de água foram utilizados fragmentos de rochas, os quais foram pesados ao ar, após secagem em estufa a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , após saturação em água por 48 horas e na condição submersa, após saturação. Os corpos de prova foram pesados, a seco, após 24 h em estufa a  $70^\circ\text{C}$ . Posteriormente, foram submersos em água destilada por 24 h e foram obtidos seus pesos saturado e submerso, com o auxílio de uma balança de precisão. Procedimento baseado na norma **ABNT NBR 15845/2010**.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Análise Mineralógica

Apresentam os resultados da avaliação mineralógica das amostras obtidas da desagregação dos balcões. Em geral, todas apresentaram a seguinte mineralogia: microclina, albita, ortoclásio, quartzo, anortita, muscovita e gipso.

A presença de gipso nos DRXs pode provir de poluentes das atmosferas urbanas, como enxofre emitido pelos automóveis que circulavam na Perimetral, que ao entrar em contato com a superfície da rocha, acabam em gerar o sulfato de cálcio. Casos similares foram relatados por Delgado-Rodrigues, 1996, que observou que a deterioração de gnaisses por deslocamento estaria relacionada à cristalização de gipso nas camadas mais externas da rocha (Delgado-Rodrigues, 1996).

### 4.2. Análise Química

Na tabela 4.1 estão apresentados os resultados da análise química dos fragmentos de rochas dos balcões, avaliados por Fluorescência de Raios-X no laboratório de Análises químicas e mineralógicas do CETEM. Pode-se verificar que as concentrações dos principais elementos condizem com as composições comumente encontradas para gnaisses, com teores de  $\text{SiO}_2$  entre 65 e 75% e teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 12 e 15%. Observa-se, no entanto o aumento da concentração de  $\text{CaO}$ , possivelmente relacionada com a formação de um novo mineral, como o gipso, associado ao teor de  $\text{SO}_3$ , que também aumenta, além da diminuição do teor de  $\text{SiO}_2$ . Tal fato pode ser observado nos balcões 3B, 7B e 9B.

No que se refere às amostras sãs, observam-se as composições típicas do gnaisses, com teores de  $\text{SiO}_2$  em torno de 70% da composição da rocha e o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , em torno de 15%, como apresentado na Tabela 4.2, sem observações de alterações significativas

Tabela 4.1: Análise Química (%) das amostras desfragmentadas dos balcões

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	*PPC
<b>Balcão 1B</b>	3,1	1,1	15,2	70,9	0,12	3,2	3,1	2,1	0,1	0,9	0,1
<b>Balcão 2B</b>	3,4	1,2	13	61,2	0,13	4,3	3,2	1,8	0,1	1	0,1
<b>Balcão 3B</b>	3,2	0,9	11,7	60,9	0,19	8,8	3,1	6,7	0,1	0,9	3,5
<b>Balcão 4B</b>	3,9	0,5	14,9	74,5	0,11	0,4	3,4	1,2	0,2	0,7	0,1
<b>Balcão 5B</b>	3,8	0,5	14,4	73,0	0,28	0,3	3,4	1,9	0,2	2	0,1
<b>Balcão 6B</b>	3,5	0,6	13,7	66,9	0,29	5,3	3,6	3,7	0,3	1,8	0,1
<b>Balcão 7B</b>	3	0,6	11,6	65,4	0,17	6	3,7	4,1	0,3	1,7	3,3
<b>Balcão 8B</b>	3,8	0,5	14,4	67,5	0,12	4,5	4,5	2,7	0,1	1,1	0,6
<b>Balcão 9B</b>	3,1	0,3	11,9	60,5	0,18	10,5	3,8	5,3	0,1	0,85	3,4

Tabela 4.2: Análise química das rochas sãs.

Amostras	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	*PPC
<b>01</b>	4,5	0,47	15,3	72,3	0,15	4,2	1,2	0,10	1,0	0,59
<b>02</b>	4,1	0,84	15,2	73,0	< 0,1	3,0	1,6	0,16	1,0	0,96
<b>03</b>	3,5	1,2	16,4	65,7	0,39	4,9	2,4	0,65	2,7	1,5

#### 4.4 Determinações de Porosidade e Absorção de Água

A Tabela 4.3 apresenta os resultados de porosidade e absorção de água das amostras sãs do Mosteiro de São Bento. Verifica-se que as três amostras apresentam resultados adequados de porosidade e absorção de água, como descrito em Frazão e Farjallat (1995), que recomendam valores inferiores a 1% para porosidade e valores inferiores a 0,4% para absorção de água. Observa-se que a passagem do consolidante e do hidrofugante nas amostras sãs indicaram sensíveis diminuições nos valores de porosidade e absorção de água.

Tabela 4.3: Índices físicos das amostras sãs

Amostras	Porosidade	Absorção
<b>01</b>	0,74	0,39
<b>02</b>	0,37	0,14
<b>03</b>	0,50	0,19

No entanto, ao se observar a Figura 4.1, verifica-se que as rochas que compõem os balcões encontram-se com valores de porosidade e absorção de água completamente alterados, possivelmente, devido a presença de sais na superfície e interior das rochas. Observa-se, por exemplo, que o balcão 9B apresenta índices de porosidade em torno de 20% e que os demais balcões apresentam valores de porosidade entre 9 e 15%. O mesmo se observa para absorção de água, onde o balcão 9B apresenta cerca de 10% de absorção e os demais variam entre cerca de 3 e 8%. Tais resultados estão longe dos valores apresentados por Frazão e Farjallat (1995).

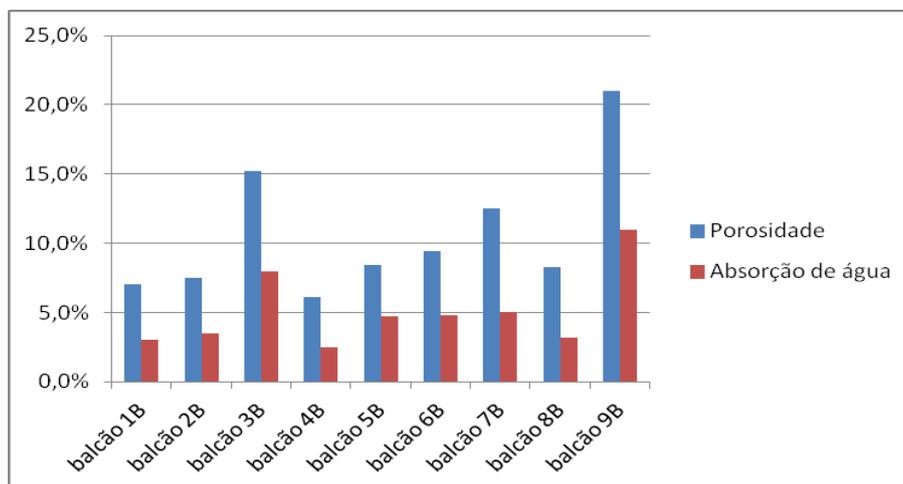


Figura 4.1: Índices físicos das rochas dos balcões.

## 5. Conclusão

Pode-se concluir que as rochas que compõem os balcões da fachada posterior do mosteiro de São Bento são em sua maior parte gnaisses facoidais e, que estão sofrendo ação de ataque salino e de deposição de  $SO_2$ .

## 6. Agradecimentos

Meu Deus, por cada sonho que vivi, por aqueles que realizei, e por aqueles que ainda nem sei.... A toda equipe da CATE, a equipe da COAM (Coordenação de Análises Mineraiis) pelo apoio técnico na realização dos ensaios, Ao CETEM e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## 7. Referências Bibliográficas

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1992) NBR 12.768/92: rochas para revestimento, análise petrográfica, Rio de Janeiro.

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.

RODRIGUES, J. DELGADO. 1996. Conservation of granitic rocks with application to the megalithic monuments. In: Degradation and conservation of granitic rocks in monuments: Proceedings of the EC workshop held in Santiago de Compostela (Spain) on 28-30 november 1994 . edited by M. A. Vicente Hernández, J. Delgado Rodrigues and J. Acevedo, 161–242. Brussels: European Commission, Directorate-General XII, Science, Research and Development.