

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ESTUDO DAS ALTERAÇÕES OCORRIDAS NAS ROCHAS
ORNAMENTAIS UTILIZADAS EM MONUMENTOS
ARQUITETÔNICOS:
Museu Julio de Castilhos e
Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre**

VERÔNICA DI BENEDETTI

ORIENTADOR PROF. Dr. Ruy Paulo Philipp

**BANCA EXAMINADORA: Dr. Antônio Carlos Artur (UNESP)
Dr. Hubert Mathias Peter Roeser (UFQP)
Dr. Egydio Menegotto (UFRGS)**

**Dissertação de Mestrado apresentada
como requisito para obtenção do Título
de Mestre em Geociências**

**Porto Alegre
2006**

Di Benedetti, Verônica

Estudos das alterações ocorridas nas rochas ornamentais utilizadas em monumentos arquitetônicos: Museu Julio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre. / Verônica Di Benedetti. - Porto Alegre: UFRGS, 2006.

[76 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2006.

1. Geoquímica. 2. Rochas Ornamentais. 3. Monumentos Arquitetônicos. 4. Museu Julio de Castilhos. 5. Cúpula da Catedral Metropolitana. 6. Porto Alegre, RS. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências – UFRGS
Renata Cristina Grun CRB 10/1113

SUMÁRIO

Lista de Figuras	iv
Agradecimentos.....	vii
Resumo	viii
Abstract	ix

I. INTRODUÇÃO

1. Objetivos.....	1
2. Organização da dissertação.....	1
3. Metodologia	2
4. Localização e Vias de Acesso.....	3

II. O PATRIMÔNIO HISTÓRICO-ARQUITETÔNICO E A CONTRIBUIÇÃO DA GEOLOGIA PARA A SUA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO

1. Arquitetura e Geologia	4
2. Patrimônio Histórico	5
3. Contextualização Histórico-Arquitetônica das edificações estudadas.....	6
4. Restauração	8

III. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES NA CÚPULA DA CATEDRAL METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RS. Artigo Revista Pesquisas.

Resumo	11
Abstract	11
INTRODUÇÃO	13
LEVANTAMENTO DE DANOS	13
TÉCNICA EMPREGADA NA COLOCAÇÃO DOS REVESTIMENTOS.....	14
ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	14
MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO	15
Fatores intrínsecos aos materiais pétreos	15
Ação de Poluentes Atmosféricos	15
Variação térmica e mecânica	17
Ação do vento.....	18
Ação de microrganismos.....	19
Ação da Água	19
CONCLUSÕES	20

Agradecimentos.....	20
Referências	21
Figuras.....	22

IV. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DO REVESTIMENTO DE MÁRMORE DA CÚPULA DA CATEDRAL METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RS: PROBLEMAS DE EXECUÇÃO DO PROJETO E/OU MATERIAL INADEQUADO? Artigo Revista Brasileira de Geociências.

Resumo	28
Abstract	28
INTRODUÇÃO	30
PETROGRAFIA E MINERALOGIA DOS MÁRMORES UTILIZADOS NO REVESTIMENTO DA CÚPULA	31
PRINCIPAIS PATOLOGIAS DIAGNOSTICADAS E SEUS EFEITOS.....	32
Modificação da cor original do Mármore	32
Fissuras de Dilatação	34
ENSAIOS TECNOLÓGICOS	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
<i>Agradecimentos</i>	37
Referências	37
Figuras.....	39

V. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES NA FACHADA DO MUSEU JÚLIO DE CASTILHOS, PORTO ALEGRE, RS. Artigo Revista Pesquisas.

Resumo	49
Abstract	49
INTRODUÇÃO	51
DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO	51
TÉCNICA EMPREGADA NA COLOCAÇÃO DOS REVESTIMENTOS.....	53
PETROGRAFIA DOS ARENITOS QUE COMPÕEM A FACHADA DO MUSEU JÚLIO DE CASTILHOS	53
ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	54
MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO	55
Natureza Litológica.....	55
Fatores intrínsecos aos materiais pétreos	55
Drenagem interna.....	56

Poluição Atmosférica.....	57
Variação Térmica	57
Biotederação	58
Ação do Vento	59
Característica Arquitetônica	59
CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
Agradecimentos.....	60
REFERÊNCIAS	60
VI. CONCLUSÃO	71
Referências Bibliográficas.....	73
Anexos.....	74

Lista de Figuras

Figura 1 – Vista geral da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.....	22
Figura 2 – Croqui lateral da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e planta baixa da Cúpula	22
Figura 3 – Croqui detalhado da Cúpula e seus principais elementos constituintes	23
Figura 4 – Vista geral da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre destacando o enegrecimento parcial do revestimento de mármore.....	24
Figura 5 – Aspecto geral das chapas de mármore do revestimento da Cúpula ressaltando a textura granoblástica grossa e o início da dissolução de cristais de calcita	24
Figura 6 – Intensa dissolução de banda rica em calcita	25
Figura 7 – Precipitação de cimento carbonático no contato entre a chapa de mármore e os granitos situados na parte superior do domo de sustentação da Cúpula.....	25
Figura 8 – Estalagmite composto por cimento carbonático hidratado originado a partir da dissolução e precipitação do cimento de fixação das chapas da Cúpula.....	25
Figura 9 – Fratura de dilatação cortando três chapas de mármore de revestimento da Cúpula	26
Figura 10 – Fratura de dilatação parcialmente preenchida por cimento carbonático hidratado situada no parapeito dos colares da base da Cúpula	26
Figura 11 – Detalhe do deslocamento das placas de revestimento	27
Figura 12 – Vista geral da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre destacando o enegrecimento parcial do revestimento de mármore.....	39
Figura 13 – Croqui lateral da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e planta baixa da Cúpula	39
Figura 14 – Croqui detalhado da Cúpula e seus principais elementos constituintes	40
Figura 15 – Chapa de mármore com textura granoblástica grossa.....	41
Figura 16 – Fotomicrografias com as principais características composicionais e texturais dos mármore que revestem a Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre. a) Tremolita mármore, b) Diopsídio mármore, c) Olivina mármore e d) texturas granoblástica poligonal grossa caracterizada pela dolomita, com destaque para os cristais mais escuros de calcita pigmentados pelo corante Vermelho de Alizarina	42
Figura 17 – Intensa dissolução de banda rica em calcita	43
Figura 18 – Vista em detalhe do enegrecimento parcial do revestimento de mármore da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre	43
Figura 19 – Precipitação de cimento carbonático hidratado no contato entre chapa de mármore e granito situado no anel inferior do domo de sustentação da Cúpula	44
Figura 20 – Detalhe do acabamento interno do cimento carbonático hidratado precipitado	44
Figura 21 – Junta de dilatação associada com a expansão da junção entre a coluna (costela) situada à esquerda e o parapeito dos colares da Cúpula, parcialmente preenchida por cimento carbonático hidratado	45

Figura 22 – Junta de dilatação de forma curvilínea situada entre o parapeito dos colares da base da Cúpula e a parede cortando duas chapas de mármore do revestimento.....	45
Figura 23 – Detalhe do desacoplamento das placas de revestimento na parte superior da Cúpula	46
Figura 24 – Mapa da fachada Leste da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre com indicação das principais patologias identificadas.....	47
Figura 25 – Detalhe de uma das velas da Cúpula com a identificação das principais patologias identificadas.....	48
Figura 26 – Vista geral da fachada do Museu Julio de Castilhos	62
Figura 27 – Croqui em seção da fachada do Museu Julio de Castilhos.....	62
Figura 28 – Detalhe da laminação plano-paralela dos arenitos da fachada do museu.....	63
Figura 29 – Fotomicrografias ilustrando as principais feições petrográficas dos arenitos que compõem a fachada do Museu Julio de Castilhos. a) Textura arenosa mostrando o elevado grau de seleção e arredondamento do arenito, luz natural; b) Mesma seção anterior a luz polarizada; c) Detalhe da presença de raros litosclastos de rocha vulcânica; d) Detalhe demonstrando a presença de microclínio (Mc) e a presença em torno dos grãos de uma franja de cimento silicoso (f); e) Detalhe dos grãos de quartzo envoltos por uma fina película de óxido de ferro de cor preta, por uma franja de cimento silicoso, com preenchimento quase total da porosidade da rocha por cimento de argilo-minerais do tipo illita	64
Figura 30 – Difratoograma de raios-X evidenciando a ocorrência de caolinita, quartzo, platioclásio e hematita na amostra de pó de rocha total do arenito alterado da fachada do Museu. Radiação Cuká	65
Figura 31 – Difratoograma de raios-X mostrando o padrão de difração característicos da illita, caolinita e quartzo em amostra com preparação orientada natural. Radiação Cuká	66
Figura 32 – Difratoograma de raios-X da mesma amostra da figura 6 evidenciando a manutenção dos picos da illita e da caolinita após saturação em etileno-glicol em amostra com preparação orientada natural. Radiação Cuká.....	66
Figura 33 – Difratoograma de raios-X da mesma amostra anterior mostrando o desaparecimento dos picos de caolinita e permanência dos picos de illita, após tratamento de calcinação a 550° C em amostra com preparação orientada natural. Radiação Cuká	66
Figura 34 – Feições de deterioração da fachada do Museu Júlio de Castilhos evidenciando a fragmentação e arredondamento de face de bloco de arenito da base da sacada, no canto inferior direito nota-se a deposição de eflorescência salina de cor branca	67
Figura 35 – Encamação de face externa de bloco de arenito com manchas brancas representando eflorescência salina decorrente da precipitação de cimento carbonático hidratado	67
Figura 36 – Feições de deterioração da fachada do museu caracterizadas pela perda de material rochoso, com arredondamento e formação de relevo áspero	68
Figura 37 – Detalhe da roseta central da figura anterior evidenciando a perda de material por alteração intempérica	68

Figura 38 – Detalhe da escamação e da perda de fragmentos (flocos) da porção externa da coluna da fachada do museu	69
Figura 39 – Mapeamento da fachada do Museu Júlio de Castilhos	70

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Instituto de Geociências e ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGEO) pelo apoio e infra-estrutura disponibilizado.

Aos professores do Instituto de Geociências da UFRGS, Dr. Luis Fernando De Ros pelo acesso e uso de microscópio petrográfico digital e pelas considerações e sugestões na petrografia dos arenitos e a Dra. Marcia Elisa Boscato Gomes pelas sugestões e comentários sobre as análises de difratometria de Raios-X.

A Jacira Anton Vargas pelas sugestões e correções ao texto final.

Agradeço ao meu orientador Ruy Paulo Philipp por ter aceitado a minha proposta e pela paciência demonstrada ao longo destes anos, e a todos os professores que me receberam em suas salas de aula para partilhar comigo um pouco deste encantador e vasto universo que é a geologia.

Resumo

Os centros históricos, em sua maioria obsoletos e com infra-estrutura mal utilizada pela população, que migra para os bairros em busca de qualidade de vida, foram esquecidos e relegados, enquanto moradia pela população. Muitos prédios de importância histórico-arquitetônica são desconsiderados, alguns se degradando totalmente, levando consigo parte da memória tecnológica e afetiva. Com o incentivo do governo, a revitalização destas áreas tem aumentado a demanda de trabalhos de restauração em monumentos históricos edificados. Entretanto, o conhecimento tecnológico, principalmente em relação às rochas ornamentais, mostrou-se suficiente para a correta avaliação dos seus mecanismos de deterioração e, conseqüente para a elaboração de um diagnóstico correto norteando um projeto de restauração eficiente. Sendo assim foi escolhido como tema deste trabalho o estudo de dois exemplares da arquitetura Porto-alegrense de significativo valor arquitetônico: o Museu Julio de Castilhos e a Catedral Metropolitana de Porto Alegre. Ambas edificações estão localizadas no centro histórico de Porto Alegre, os quais tem como diferencial o emprego de rocha ornamental como principal material utilizado na sua edificação. O estudo destas edificações visa contribuir para a pesquisa na área de restauração no Rio Grande do Sul e no resto do país, onde a presença da rocha como elemento construtivo nas construções históricas é constante. Como recurso investigativo foram realizadas análises petrográficas, da difratometria de Raios-X e de microscopia eletrônica de varredura (MEV). A reunião destas técnicas contribuiu para uma melhor estimativa dos problemas ocorrentes nos materiais pétreos.

Abstract

Nowadays the historic centers are neglected as dwelling becoming in the most part obsolete with an infrastructure badly organized by population who migrates to settle in other areas around it. Many buildings with great historic importance are disregarded while monuments and some of them were lost completely destroying part of the technological and affective memory. The government has been recovering these areas; consequently the studies about restoration in historic monument buildings increase a lot. However the technological knowledge, mainly relating to ornamental rocks, was enough to propose a suitable evaluation of its deterioration process and also a correct diagnosis to handle a proper Project of restoration. At this it was chosen as theme of this study two examples of architecture in Porto Alegre whose meaning has a great value as historic architecture: The Julio de Castillo Museum and The Metropolitan Cathedral, both are recovering ornamental rocks. The study of these buildings looks for amplifying restoration researches in Rio Grande do Sul state and northeast region too, so these historic buildings were widely used. The technological investigative resources utilized in this research to estimate problems or pathology that occurred to rock materials were petrographical and X-ray diffractometry analyses, electronic microscopy (MEV).

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Desde o princípio da história da humanidade o homem produz bens materiais e imateriais como um registro de sua evolução tecnológica e cultural. O patrimônio edificado faz parte deste legado que através dos séculos conta a história da evolução do homem. Dentre as categorias dos bens culturais de valor no patrimônio histórico, o representado pelas edificações é aquele que mais vidas envolve numa relação direta e cognitiva.

Classificados como patrimônio cultural da cidade de Porto Alegre e do Estado do Rio Grande do Sul, o Museu Júlio de Castilhos e a Catedral Metropolitana de Porto Alegre e do Estado do Rio Grande do Sul marcam a paisagem urbana da cidade há muitas gerações. Detentoras de valores cognitivos estas edificações são "(...) testemunhas irrepreensíveis da história". Através do seu testemunho vivo podemos conhecer, entender e interpretar melhor nosso passado político, os valores da nossa sociedade, a evolução da nossa tecnologia e conceitos estéticos, além de nos auxiliar na geração de dados que contribuirão para inovações tecnológicas na construção civil, bem como, na determinação de novas e eficientes tipologias arquitetônicas. "(...) a arquitetura é o único meio de que dispomos para conservar vivo um laço com um passado ao qual devemos nossa identidade, e que é parte de nosso ser". (CHOAY, 2001 apud RUSKIN).

1. Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo investigar os mecanismos de degradação atuantes nas rochas ornamentais presentes nas edificações históricas estudadas, bem como, o comportamento físico e químico dos minerais frente aos agentes interpéricos, em interação com os materiais usuais na construção civil e suas técnicas construtivas.

Como objetos de estudo foram escolhidos duas edificações históricas localizadas na parte central de Porto Alegre, as quais tem como principal material constituinte à rocha ornamental e de revestimento. O estudo foca rochas representantes dos três grupos de rochas existentes. São elas: Arenito Botucatu (rocha sedimentar), mármore Branco Pinta Verde (rocha metamórfica) e o Granito Ponta Grossa (rocha ígnea).

Através do estudo e da investigação dos mecanismos de deteriorização atuantes e das manifestações patológicas propomos aqui explorar os recursos tecnológicos existentes na geologia juntamente com o conhecimento técnico por parte do arquiteto, para em uma ação multidisciplinar contribuir para a preservação e conservação do patrimônio arquitetônico.

2. Organização da Dissertação

A presente dissertação trata da deterioração da fachada do Museu Julio de Castilhos e dos revestimentos em mármore da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e foi organizado a partir da Introdução, capítulo I, que trata da importância da manutenção do patrimônio histórico.

Este capítulo apresenta também os objetivos do trabalho, os métodos utilizados para alcançá-los e a situação geográfica das edificações estudadas.

O capítulo II aborda conceitualmente a questão do patrimônio histórico, suas definições, classificações, sua evolução conceitual a nível mundial e nacional, e o nascimento do primeiro instituto de preservação brasileiro. O início do capítulo traça um panorama sobre as dificuldades do arquiteto enquanto profissional especializado na construção civil e na restauração de monumentos históricos em solucionar problemas ocorrentes nas rochas empregadas na construção civil e a necessidade de interação com o geólogo para juntos apresentarem soluções apropriadas a realidade do universo da restauração e da construção civil. Trata-se também neste capítulo das diretrizes e linhas de restauração existentes mundialmente para salvaguardar nossos monumentos. Também é feita uma abordagem do momento político social vivido na época da construção da então residência de Julio de Castilhos e da Catedral Metropolitana. Estas mudanças políticas refletiram no comportamento social, na tecnologia construtiva existente, nos valores sociais sendo responsáveis pelas alterações arquitetônicas das quais ambas as edificações em estudo são frutos.

O Capítulo III contém a íntegra do artigo submetido a Revista PESQUISAS, intitulado "Análise e avaliação dos problemas existentes na Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS".

O Capítulo IV contém o artigo submetido à Revista Brasileira de Geociências, intitulado "Análise e avaliação da deterioração do revestimento de mármore da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado".

O Capítulo V contém o artigo submetido à Revista PESQUISAS, intitulado "Análise e avaliação dos problemas existentes na fachada do Museu Julio de Castilhos, Porto Alegre, RS".

As considerações finais e as conclusões da dissertação são apresentadas no Capítulo VI.

3. Metodologia

Inicialmente foram realizados levantamentos cadastrais das edificações para reconhecimento da edificação como um todo: seus materiais, técnicas construtivas empregadas, características arquitetônicas, ambientais, tipologia do entorno, variantes existentes, mecanismos de degradação atuantes e patologias presentes. Seguiu-se com levantamento gráfico das patologias em plantas e coleta de amostras. Para atingir este objetivo foi realizado o mapeamento completo da área da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e da Fachada frontal do Museu Julio de Castilhos. Com base no levantamento e orientação adequada por parte do orientador foram escolhidos os tipos de ensaios a serem realizados. Durante os levantamentos de campo foram selecionadas e coletadas 12 amostras de rochas e de placas de revestimento para análise petrográfica macro e microscópica, esta última em luz transmitida. Esta análise objetivou identificar as estruturas e texturas principais e subordinadas, caracterizar a composição mineralógica (silicatos, sulfetos, óxidos e fases de alteração intempérica) e analisar o estado de

alteração intempérica dos minerais constituintes. Após análise petrográfica foram aplicadas outras técnicas investigativas com destaque para as análises de difratometria de raios-X que foram feitas em 2 amostras de arenito para identificação dos minerais produzidos pela alteração intempérica dos feldspatos constituintes e das lamelas de minerais opacos que envolvem os grãos detríticos. Para auxiliar na identificação de algumas fases minerais ocorrentes no arenito também foram realizadas 05 horas de análises no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Em posse dos resultados, os dados foram analisados e interpretados.

Reunidos todos os levantamentos e relatórios das análises os dados foram confrontados para investigação das patologias concluído como diagnóstico das patologias identificadas nos monumentos históricos.

4. Localização e Vias de Acesso

O Museu Julio de Castilhos e a Catedral Metropolitana de Porto Alegre estão situados no centro da cidade, na denominado centro-histórico de Porto Alegre. O Museu Julio de Castilhos situa-se na Rua Duque de Caxias, 1205 e a Catedral Metropolitana de Porto Alegre na Rua Duque de Caxias, 1047. Localizada na região mais alta do centro de Porto Alegre, a Rua Duque de Caxias é uma via de mão única com fluxo sentido leste-oeste. É acessada ao norte pelas ruas General Câmara, General João Manoel e General Canabarro, ao sul pelas Ruas Espírito Santo e General Cipriano Ferreira, e ao leste pela rua Washington Luís.

CAPÍTULO II – O PATRIMÔNIO HISTÓRICO-ARQUITETÔNICO E A CONTRIBUIÇÃO DA GEOLOGIA PARA A SUA CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO

1. Arquitetura e Geologia

Único profissional que detém a atribuição de restauração de monumentos históricos junto à legislação brasileira, o arquiteto ao se deparar com as edificações históricas precisa reunir uma gama de conhecimentos multidisciplinares para poder projetar corretamente as atividades de recuperação. Isto se deve principalmente ao fato de que uma edificação apresenta materiais e técnicas construtivas diversas.

Somando-se temos ainda a considerar o fato de que as construções históricas utilizavam materiais que, em sua maioria, caíram em desuso assim como as técnicas construtivas que se perderam em sua maioria, pois o conhecimento que se passava oralmente morreu junto com os artífices da época. Com isto o trabalho investigativo do arquiteto-restaurador passa obrigatoriamente, pelo conhecimento tecnológico dos materiais empregados na construção civil ao longo dos anos.

Objeto do nosso estudo, as rochas ornamentais e de revestimento também figuram neste universo tecnológico perdido pelo tempo. Embora esteja sempre presente na construção civil, seja ela histórica ou moderna, o seu uso sempre foi cercado de mitos e da falta de conhecimento do material em si.

No Brasil, seu uso acompanha nossa evolução seja como suporte para nossas expressões culturais (arte rupestre) até no uso em utensílios e construções. Com a colonização, este uso se intensificou. Muitas delas advindas dos lastros dos navios que aqui chegavam, como a pedra portuguesa de lioz que era largamente usada nas igrejas principalmente no nordeste do Brasil. Outras eram extraídas da própria região onde eram erguidas estas edificações. Segundo o arquiteto Ayrton Carvalho em seu artigo "Algumas Notas sobre o Uso da Pedra na Arquitetura Religiosa do Nordeste" (1942) no litoral do Sergipe as igrejas e as casas tinham suas alvenarias em tijolos de calcário, material este, abundante na região. A baixa dureza do material permitiu também que os ornatos que decoravam as igrejas barrocas da região fossem esculpidos neste mesmo material. O arenito também foi bastante utilizado por ser abundante e de fácil empunhadura. "Dos arrecifes e, talvez, também da ilha de Santo Aleixo, saiu muita pedra (arenito) para os adornos das igrejas de Pernambuco." (Carvalho, 1942 p.123)

Como podemos ver, os critérios de uso e as técnicas empregadas na utilização das rochas eram baseadas na cultura popular. Atualmente, sua restauração e conservação exigem um maior conhecimento deste material do que apenas suas características mecânicas e sua ocorrência.

Abordada de maneira generalizada, as rochas ornamentais nunca tiveram um estudo mais aprofundado na formação acadêmica do profissional de arquitetura. O arquiteto ao se deparar com patologias presentes neste material de construção muitas vezes não tem respostas para a solução destes problemas. Desconhece os tipos de ensaios existentes para auxiliá-lo na elucidação dos

problemas ocorridos em obra e quando obtém informações tecnológicas sobre as rochas, não consegue interpretar e aplicar a realidade da obra. Neste momento a geologia se faz presente para explicar os mecanismos de deterioração atuantes no sistema e para trazer aos arquitetos uma maior compreensão das rochas ornamentais e como estas se comportam na interação com o meio ambiente e os diferentes materiais de construção.

Este intercâmbio entre as duas especialidades se faz necessário não só da construção civil como também no campo da restauração de monumentos históricos edificados em rochas.

2. Patrimônio Histórico

A expressão "Patrimônio Histórico" designa um bem destinado ao usufruto de uma comunidade que se ampliou a dimensões planetárias, constituídas pela acumulação contínua de uma diversidade de objetos que se congregam por seu passado comum: obras e obras-primas das belas-artes e das artes aplicadas, trabalhos e produtos de todos os saberes e savoir-faire dos seres humanos (Choay, 2001 p.11).

Ao longo da história da humanidade muitos foram os conceitos atribuídos ao patrimônio histórico, e também a sua visão do que era considerado de importância cultural, ou seja, a atribuição de valores. Com isto muitas obras de significativa importância para a história do homem não se encontram mais entre nós.

Mundialmente a primeira comissão oficial criada em prol do patrimônio histórico foi a Comissão dos Monumentos Históricos, em 1837 na França. Naquela época surgiam três categorias: remanescentes da Antiguidade Clássica, edifícios religiosos da Idade Média e alguns castelos. Com isto as outras arquiteturas residenciais populares perderam-se devido ao pensamento vigente na época. Com o passar dos anos a atribuição de valores aos monumentos foi modificando-se, mesmo porque a humanidade passava por transformações culturais profundas. O que antes era desconsiderado por acreditar-se desprovido de valores que suscitasse sua preservação passou a partir da Segunda Guerra Mundial, a merecer atenção. Toda a forma de construção seja erudita ou popular foi classificada e distribuída em categorias. Tínhamos então a arquitetura menor representada por construções privadas não monumentais, a arquitetura vernacular representada pelas edificações marcadamente locais que empregavam tecnologias e características arquitetônicas decorrentes do meio específico onde foram criadas, e por último a arquitetura industrial que como o próprio nome diz a arquitetura da produção industrial. Atualmente as categorias de patrimônio histórico dividem-se em dois grandes grupos: patrimônio material e imaterial. A arquitetura encontra-se no patrimônio material sendo considerada arte maior para a qual todas as outras formas de arte voltam-se como bens integrados.

No Brasil após algumas tentativas isoladas, Mario de Andrade, em 1936 apresenta um projeto para a criação de um órgão responsável pela preservação de nosso patrimônio cultural. Este projeto torna-se lei no Governo de Getúlio Vargas, através do Decreto-lei nº25 de 30 de novembro de 1937. Era criado o Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) o

qual definiu patrimônio histórico como sendo "o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico e bibliográfico ou artístico".

Nos primeiros anos de existência do SPHAN muitos intelectuais atuavam no órgão: Mário de Andrade, Luís Saia, Lúcio Costa, Carlos Ott entre outros que tiveram a incumbência de percorrer o país levantando tudo aquilo que fosse relevante para a nossa história cultural. Numa verdadeira rede de contatos consolidados por correspondências vindas de toda a intelectualidade brasileira descobriram-se preciosidades que o Brasil tinha para ser preservado. Os levantamentos dividiram-se em arquitetura religiosa, civil e oficial, pinturas, esculturas, móveis e alfaias¹. Esta pesquisa, que levou anos, formou a base de trabalho para o instituto que se consolidou ao longo de sua existência.

O acervo colonial estava catalogado. Contudo diante destas riquezas arquitetônicas do Brasil Colônia, a história mais recente não era valorizada como patrimônio histórico e cultural. No Rio Grande do Sul apenas as Ruínas Jesuíticas das Missões, descritas por Lucio Costa em 1941, foram consideradas bem de interesse histórico cultural. Atualmente, este conceito ampliou-se e temos juntamente com a arquitetura colonial exemplares de diversas fases arquitetônicas de diferentes épocas através das quais podemos apreciar nossa evolução social.

3. Contextualização Histórico – Arquitetônica das Edificações Estudadas

O Museu Julio de Castilhos é um importante representante da arquitetura do período pós-colonial. Único representante no Estado do Rio Grande do Sul de uma arquitetura residencial urbana em estilo eclético² com fachada edificada exclusivamente, em arenito e granito, a antiga

1 Objeto de uso ou adorno doméstico; paramentos de igreja.

2 Movimento arquitetônico em que na concepção da edificação utilizavam-se vários elementos arquitetônicos característicos de movimentos arquitetônicos anteriores. Buscava-se com ele aproximar-se mais da

residência e um importante testemunho deste momento histórico. Esta edificação nos remete a Porto Alegre do final do século XIX com sua paisagem urbana, sua tecnologia, sua economia, seus valores estéticos e hábitos sociais.

Tanto a construção da residência de Julio de Castilhos (1887) como a Catedral Metropolitana de Porto Alegre (1921) nascem do sentimento de renovação trazido pelo novo momento político e tecnológico que o país vivia. O Brasil encontrava-se em um período de transição política em que as idéias republicanas necessitavam serem divulgadas, tempo este em que as linguagens dos símbolos e do apelo visual ainda eram usadas intensamente pelos positivistas, no intuito de afirmar as idéias republicanas de maneira incisiva.

O estilo arquitetônico denominado de ecletismo tornou-se, segundo Weimer (2003), a arquitetura oficial do positivismo gaúcho, pois simbolizava o sentimento da mudança, o Brasil

deixava de ser colônia de Portugal e passava a ser um país independente. O período colonial era representado pelo barroco, enquanto o ecletismo simbolizava a modernidade assumida pelas classes dominantes que procuravam mostrar o seu poder através dessa profusão de estilos. Neste contexto, a residência de Julio de Castilhos (ecléctica dentro da escola neoclássica) e a Catedral Metropolitana de Porto Alegre (ecléctica dentro da escola neo-renascentista) foram construídas, enquadrando-se no novo estilo arquitetónico da época, simbolizando ao mesmo tempo a ruptura com o passado e o ganho da monumentalidade que a sociedade queria imprimir a sua nova visão de cidade, agora parte de uma república independente.

Anterior a atual Catedral Metropolitana de Porto Alegre, havia naquele mesmo local a Igreja Matriz construída em estilo barroco ricamente ornamentada por seus altares em madeira habilidosamente esculpidos. Junto a Matriz encontrava-se também a Capela do Divino Espírito Santo, localizada na esquina da Rua Duque de Caxias com a Rua Espírito Santo (antiga localização da capela de mesmo nome). As duas formavam a representação máxima da igreja católica na capital. Com a demolição da Igreja Matriz e o novo projeto, agora tomando o terreno até a esquina, a Capela do Divino Espírito Santo foi transferida para a Rua Jose Bonifacio próxima ao Parque Farroupilha, quebrando a tradição de manter a Capela do Divino Espírito Santo ao lado da Igreja Matriz.

Estas alterações políticas marcadas aqui pela força do positivismo gaúcho devastaram a arquitetura barroca no Rio Grande do Sul, principalmente a religiosa, onde eram mais marcantes os traços deste estilo. Atualmente são apenas oito as igrejas remanescentes do antigo Rio Grande de São Pedro. Na sua maioria foram demolidas como a Igreja Matriz de Porto Alegre. Outras sofreram

arquitetura europeia em ascensão. Manifestou-se no Brasil no final do século XIX e entrou em declínio na década de 1930.

adequações ao estilo eclético de forma que ficaram totalmente descaracterizadas perdendo-se assim suas referências urbanas, históricas e arquitetônicas.

4. Restauração

"Artigo 9º- A restauração é uma operação que deve ter caráter excepcional. Tem como objetivo conservar e revelar os valores estéticos e históricos do monumento e fundamenta-se no respeito ao material original e aos documentos autênticos. Termina onde começa a hipótese; no plano das reconstituições conjecturais, todo o trabalho complementar conhecido como indispensável por razões estéticas ou técnicas detaca-se da composição arquitetônica e deverá ostentar a marca do nosso tempo. A restauração será sempre precedida e acompanhada de um estudo histórico e arqueológico do monumento." (Carta de Veneza, 1964)

Restauração é uma prática um tanto recente no Brasil. Muitas vezes confundida com reforma e reconstrução, a restauração se define de forma diversa principalmente pelo respeito ao

monumento como um todo preservando suas características histórico-arquitetônicas e tecnológicas..

No panorama mundial, há três momentos que marcam a evolução da restauração. O primeiro é a França do século XIX, onde surge a restauração enquanto disciplina através do arquiteto Eugene Emmanuel Viollet -le -Duc (1814- 1879). Os monumentos históricos eram analisados com urna preocupação tecnológica e histórica de forma sistemática, algo até então inédito. Viollet-le-Duc atuou numa época em que a restauração estava se firmando como ciência e seu papel foi de grande relevância. A partir do Renascimento, em que era notável o crescente interesse pelas construções da antiguidade, as noções ligadas ao restauro foram definindo-se e esse movimento acentuou-se com as grandes transformações que ocorreram na Europa no século XVIII, tais como a Revolução Industrial e as profundas mudanças por ela acarretadas. O despontar do Iluminismo e a Revolução Francesa alteraram o modo como uma determinada cultura se relacionava com o seu passado, provocando o despertar da noção de ruptura entre o passado e presente e produzindo um sentimento de proteção a edifícios e ambientes históricos em vários estados europeus (Kühl, 2000.p.10). Com Viollet-le-Duc elaboram-se os primeiros conceitos para preservação e restauração, sendo seguido por outros arquitetos restauradores como o italiano Camillo Boito (1835-1914) entre outros.

O segundo impulso foi dado com a Segunda Guerra Mundial (1935-45). A devastação das cidades decorrentes dos bombardeios e a destruição dos monumentos nos países ocupados, fez com que a comunidade mundial, após o cessar fogo, iniciasse a reconstrução não só de seus bens materiais, como também de sua identidade nacional. Assim como na França do século XVIII no período pós-revolução, os governos locais e a comunidade internacional tomaram medidas oficiais com o objetivo de preservar os monumentos históricos. O patrimônio cultural que representava a identidade das nações começou a ser restaurado para resgatar os sentimentos perdidos. Sendo assim desencadeou-se uma série de estudos cada vez mais precisos sobre a tecnologia da restauração. A importância do patrimônio histórico para a construção da sociedade como valor cognitivo integrado a formação dos cidadãos estava plenamente reconhecida.

O terceiro impulso veio com as consequências da Revolução Industrial. No século XX, os estudos preparatórios para a conservação e restauração dos monumentos históricos exigiram a aquisição suplementar de novos e numerosos conhecimentos científicos e técnicos, ligados sobretudo a degradação dos materiais (Choay, 2001). E em decorrência da concentração de poluentes atmosféricos que a degradação dos monumentos históricos acelera-se despertando o interesse da comunidade científica. Os próprios geólogos intensificam seus estudos sobre o intemperismo das rochas com intuito de colaborar para a compreensão dos processos de deterioração do patrimônio arquitetônico da humanidade.

Ao longo dos séculos a preocupação com a preservação dos monumentos aprimorou as intervenções de restauração e conservação gerando uma série de encontros mundiais que resultaram nas denominadas Cartas Patrimoniais. As Cartas Patrimoniais contém as diretrizes de

restauração a serem adotadas universalmente. Nelas se encontra a evolução dos conceitos e tecnologias de restauro aplicado nas intervenções. Ao todo são 41 cartas derivadas de encontros e congressos realizados em várias partes do mundo. Sendo a primeira realizada em 1931, em Atenas e a última em 2003 em Paris.

As Cartas Patrimoniais são nada menos que as diretrizes de restauração a serem adotadas universalmente. Ali se encontra a evolução dos conceitos e tecnologias de restauro aplicados nas intervenções. Ao todo são 41 cartas derivadas de encontros e congressos realizados em várias partes do mundo. Sendo a primeira realizada em 1931, em Atenas e a última em 2003 em Paris.

Dentre elas as mais importantes são: a Carta de Atenas - a qual discorre sobre generalidades, diagnósticos e conclusões sobre os problemas urbanísticos das principais e grandes cidades do mundo, apurados pelo Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, em Atenas, em novembro de 1933 é a Carta de Veneza, resultado do II Congresso Internacional de Arquitetos e técnicos de Monumentos Históricos, em maio de 1964. Esta última ainda determina os parâmetros de intervenção em monumentos históricos e sua consulta pelos especialistas e praticamente obrigatória quando se vai elaborar um projeto de restauração.

O trabalho de restauração é composto de três partes:

- Levantamento cadastral do monumento, que consiste em levantamentos métrico e tipológico (inserção dentro de um movimento arquitetônico), histórico da edificação, contextualização histórica do edifício para entender e situar a sua importância dentro do contexto social e urbano da cidade, prospecção arquitetônica (para entender quais são os elementos arquitetônicos originais a se preservar e as alterações em planta sofridas ao longo da sua existência), e finalmente um estudo do entorno para entender sua importância na paisagem urbana da região.

- Diagnóstico das patologias verificadas no imóvel. A realização do diagnóstico é a parte mais importante no processo de levantamentos para realização do projeto de restauração. Através do mapeamento das patologias, coleta de amostras representativas e realização de ensaios adequados, o arquiteto poderá inferir sobre os mecanismos de deterioração atuantes na edificação, atuando sobre os processos de degradação com o objetivo de manter a integridade física do monumento.

Projeto de restauração. O projeto de restauração é o resultado do confronto de toda a base de informações coletadas nas etapas anteriores. Tendo em mãos os levantamentos corretos e possível projetar de maneira eficiente, preservando as características originais do prédio quanto ao seu contexto histórico-arquitetônico e sua técnica construtiva, interrompendo os processos degenerativos antes instaurados.

O trabalho de investigação aqui apresentado salienta a importância da realização do diagnóstico dentro do projeto de restauro de uma edificação. A participação do geólogo na elucidação dos mecanismos de deterioração e nas alterações intempéricas auxilia

substancialmente os arquitetos restauradores para a solução projetual das patologias existentes, contribuindo para a adequada preservação do Patrimônio Histórico.

CAPÍTULO III – ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES NO REVESTIMENTO DA CÚPULA DA CATEDRAL METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RS.

Verônica Di Benedetti¹ & Ruy Paulo Philipp²

1 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências,

Av. Bento Gonçalves, 9500 – Porto Alegre – RS, dibene@ig.com.br

2- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Minerologia e Petrologia, Av. Bento Gonçalves, 9500 – Porto Alegre – RS,

Pesquisador do CNPq, ruy.philipp@ufrgs.br

Resumo

A Catedral Metropolitana de Porto Alegre – RS, projetada em estilo neo-renascentista pelo arquiteto romano João Batista Giovenalle, teve seu período construtivo compreendido entre 1921 e 1986. Os fechamentos externos do corpo da igreja foram edificados em granito róseo extraído no perímetro urbano de Porto Alegre. Já a sua imponente cúpula apresenta como revestimento placas de mármore dolomítico silicoso proveniente do Estado do Espírito Santo. Originalmente, o revestimento especificado pelo autor do projeto para este elemento arquitetônico era o cobre, porém por motivos de ordem financeira o revestimento foi substituído pelo mármore. Contudo, não foram realizadas as adequações projetuais necessárias para o perfeito funcionamento deste novo material resultando assim numa série de patologias que acabaram por comprometer não só a estética do revestimento bem como sua integridade física.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, patrimônio cultural, rochas ornamentais, técnicas de conservação.

Abstract

The Metropolitan Cathedral of Porto Alegre, in Rio Grande do Sul state, was designed by roman architect João Batista Giovenalle. This construction was developed in a long time between 1921 and 1986. The external building design has a match of granite and marble. In the body of the church was used rose granite extracted from a quarry located in Porto Alegre. Its imposing dome has covering of siliceous dolomitic marble drew out from quarry of Espírito Santo state. Originally the author of the project planned to recover this architectural element with copper, but this material was replaced by marble due to financial difficulties. However it wasn't planned the necessary suitability structures to perfect operation of this new material and resulted in a series of pathologies that damaged its aesthetic satisfactory design and the own building.

Keywords: Cultural heritage, ornamental rocks, conservation techniques, education.

INTRODUÇÃO

A Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, elemento de destaque na volumetria da edificação, inicialmente foi idealizada em cobre. No entanto, acabou tendo seu revestimento substituído por placas de Mármore Branco Pinta Verde originário do Estado do Espírito Santo. Com o uso deste material surgiram inúmeros problemas ao longo dos anos, até o péssimo estado de conservação em que se encontra (**Figura 1**). No intuito de identificar e avaliar de maneira correta os mecanismos de degradação presentes buscou-se a interdisciplinaridade entre a arquitetura e a geologia. Somente assim foi possível analisar e avaliar as patologias ali constatadas e fornecer orientações para um futuro projeto de restauração. A metodologia de trabalho iniciou-se pelo levantamento da técnica empregada na colocação dos revestimentos pétreos através de prospecção in loco, depoimentos de profissionais que estiveram envolvidos com a obra da construção da Catedral Metropolitana, levantamento de danos com respectivo mapeamento em planta, levantamento fotográfico, coleta de amostras in loco, análise petrográfica, análise da composição mineral com testes colorimétricos e ensaios tecnológicos. Através dessa metodologia foi possível identificar as patologias e compreender seus mecanismos geradores.

LEVANTAMENTO DE DANOS

A geometria da Cúpula da Catedral Metropolitana resulta da intersecção de doze cilindros com linhas adjacentes sobre um plano horizontal paralelo ao terreno e orientado segundo os pontos cardeais (**Figura 2**). As costelas representam as linhas de intersecção entre as quais são confinadas as velas, que correspondem as porções do cilindro interseccionado (**Figura 3**). A seção ortogonal de cada vela é representada por uma cônica. A Cúpula é composta de duas cascas de concreto armado (aço CA-24) uma interna e outra externa, ambas com aproximadamente 8cm de espessura, as quais são unidas por três vigas cintas localizadas na sua base, na parte intermediária e a última na região superior onde há a intersecção das nervuras quando nasce o lanternim. As duas primeiras medem 0,40m de espessura x 1,25m de altura e a última 0,11m x 2,25m. O vão existente entre ambas é em média 1,62m de largura. O sistema de ventilação neste local é inexistente. O único local que permite uma troca insignificante entre o meio externo e o interno resume-se a pequenas aberturas existentes nos colares da base de granito os quais têm função de escoadouro. Não há comunicação com o lanternim, portanto, o mesmo não cumpre sua função de ventilação.

Os principais danos encontrados na avaliação da cúpula são resultado da atuação do intemperismo químico, físico e biológico que se manifestam resultando em um conjunto de patologias onde se destaca o enegrecimento superficial por ação de microorganismos, infiltrações, fraturas de dilatação, desacoplamento das chapas de mármore do revestimento da cúpula, desgaste de material e dissoluções (**Figura 4**).

TÉCNICA EMPREGADA NA COLOCAÇÃO DOS RESVESTIMENTOS

A abóbada apresenta um revestimento de placas de mármore com dimensões de 50cmx50cm, 36cmx50cm, 45cmx50cm, 35cmx50cm, 80cmx50cm, 12cmx50cm e espessuras entre 2cm e 2,5cm. As placas foram assentadas em argamassa de cimento, cal e areia, com junta seca, sendo fixadas através de grampos metálicos galvanizados em tela de arame galvanizado fixada na estrutura da cúpula. Após as placas receberem chapisco de massa forte (cimento e areia) no verso, foram feitos orifícios na espessura da placa em seu sentido horizontal em todos os quatro lados. Nesses orifícios foram introduzidos grampos metálicos de ferro galvanizado que foram presos numa tela de metal galvanizada atirantada a estrutura da cúpula através de grampos metálicos. Essa técnica foi alternada com o sistema de grampo que prendia uma placa a outra formando uma espécie de rede onde uma placa travava a subsequente.

As nervuras por sua vez, trabalhadas artesanalmente, receberam pinos metálicos galvanizados de aproximadamente 10 cm de comprimento. Os pinos situados em cada extremidade foram tensionados por um cabo metálico preso a parte superior da cúpula.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO

A Cúpula da Catedral Metropolitana, iniciada na década de 50, só veio receber o revestimento em mármore no início da década de 70. Com aproximadamente 34 anos de exposição aos mecanismos de degradação e decomposição acionados pelo intemperismo, os revestimentos pétreos da Cúpula desenvolveram uma série de problemas.

Durante análise do seu estado de conservação, foram observados diferentes mecanismos de degradação que levaram este elemento arquitetônico ao seu atual estado de preservação. Os principais agentes responsáveis por esta degradação foram: ação de poluentes atmosféricos, fatores intrínsecos ao material rochoso, variação térmica, ação do vento, tensão mecânica, organismos biológicos e, principalmente, problemas de projeto.

Os fatores acima relacionados favoreceram o aparecimento das seguintes patologias: alteração cromática, concreção, destacamento, eflorescência, erosão, fraturamento, fissuração, incrustação, lacuna, mancha, pátina biológica, pitting e presença de vegetação. Estas patologias foram representadas através de mapeamento em plantas.

No que tange a estrutura da Cúpula pode-se dizer que a mesma apresenta-se em bom estado de conservação, no entanto foram constatados na sua casca externa, problemas de oxidação da armadura em pontos localizados próximos às vigas cintas, onde há o acúmulo de água sobre as mesmas. Essa umidade constante propicia a proliferação de microorganismos, o que somado a pouca cobertura sobre as armaduras, favoreceu o processo de oxidação verificado na região.

MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

Para um maior entendimento da rocha que reveste a Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e sobre as patologias que nela se instauraram é importante conhecer melhor suas propriedades físicas, mecânicas e suas características mineralógicas. Para isso o texto a seguir visa esclarecer os problemas constatados nos revestimentos da Cúpula através de uma análise das variantes que provocaram as manifestações patológicas, bem como, a interpretação dos ensaios tecnológicos.

Fatores intrínsecos aos materiais pétreos

O mármore é uma rocha metamórfica originada a partir da transformação de um calcário, que é uma rocha sedimentar. O metamorfismo define-se como um conjunto de processos de transformação na composição mineralógica e/ou estrutural e/ou textural de uma rocha pré-existente. Esse processo ocorre no estado sólido e tem como objetivo restabelecer o equilíbrio na estrutura cristalina dos minerais que compõe a rocha, agora sob novas condições físico-químicas. Os principais agentes dessa transformação são a temperatura, a pressão litostática e dirigida, além da atuação dos fluídos. As características finais da nova rocha estão diretamente ligadas a composição da rocha pré-existente e do grau de intensidade com que os agentes metamórficos atuaram sobre ela.

Para o revestimento da Cúpula foi utilizado o Mármore Branco Pinta Verde proveniente do estado do Espírito Santo. Este mármore foi formado por um evento de metamorfismo regional orogênico e como característica textural principal possui textura predominantemente granoblástica poligonal grossa (2 a 10 mm). Em geral, o mármore apresenta estrutura maciça, por vezes com um bandamento composicional de espessura centimétrica marcado pela alternância de níveis mais ricos em calcita e/ou dolomita, acompanhados por tremolita, diopsídio e quartzo (**Figura 5**).

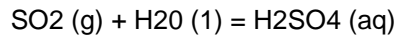
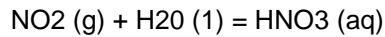
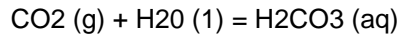
Ação de Poluentes Atmosféricos

A prática de conservar e restaurar de maneira científica a rocha e em geral todos os materiais lapídeos, inicia-se por volta da metade do século passado quando constatado um excessivo aumento da degradação das obras de arte, quase que exclusivamente em função da Revolução Industrial, responsável pela poluição atmosférica.

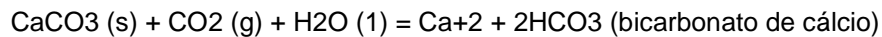
A degradação dos materiais constitutivos das obras de arte por poluentes é um fator de extrema importância nos dias atuais devido à complexidade da composição de nossa atmosfera e a elevada emissão de poluentes. Nosso ar é basicamente composto de O₂, N₂, H₂, CO₂ e H₂O. O dióxido de carbono apesar de estar na composição do ar, quando eleva seus índices torna-se danoso não só aos monumentos como também à saúde do homem. Junto com esses gases que compõem naturalmente nossa atmosfera temos os compostos de enxofre, de nitrogênio, formaldeído e acetaldeído, ácido fórmico e ácido acético, e material particulado.

Esses gases uma vez em contato com a água da chuva, e mesmo com a umidade do ar, formam compostos de caráter ácido que ao reagirem com a calcita e a dolomita, os principais minerais do mármore, solubilizam, lixiviando sua superfície e até sua degradação total.

Entre as principais reações estão as formações dos ácidos carbônico, nítrico e sulfúrico:



O ácido carbônico [$\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$] quando em contato com a calcita (CaCO_3) transforma-se em íon bicarbonato de cálcio (HCO_3^-) e em Ca^{++} , permanecendo dissolvido na água:



A calcita a temperatura ambiente e pouco solúvel na água pura (0,02 g/l), mas quando em contato com anidrido carbônico dissolvida em água torna-se muito solúvel (1 g/l). Também a dolomita, embora em menor quantidade que a calcita, é solúvel em água carbônica (0,03g/l) (Lazzarini & Tabasso, 1986).

Além do ataque químico, os revestimentos pétreos ainda sofrem com a ação dos materiais particulados. As partículas de poeira que se depositam sobre os objetos trazem consigo os esporos de microorganismos que em contato com superfícies úmidas encontram ambiente propício para se desenvolver. Esse material particulado (hidrocarbonetos) também serve de alimento aos organismos vivos, pois o carbono é indispensável a todos os microorganismos porque faz parte de quase todos os polímeros que compõem sua estrutura celular e suas enzimas (Dolcini, 1981).

Na Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, os efeitos dos poluentes atmosféricos são visíveis em todos os seus revestimentos. Através da ação destes poluentes, lixiviações foram evidenciadas na grande maioria das placas (**Figura 6**). O caráter ácido das chuvas, favorecido pela ineficiência dos rejuntamentos, penetrou através das placas promovendo reações químicas de dissolução carbonática e de outros componentes do cimento. Com isso houve a desagregação da argamassa de assentamento a qual foi carregada para a superfície das placas de mármore fragilizando ainda mais o seu sistema de fixação. Nessa lixiviação estão presentes sais solúveis que, quando na evaporação da água, cristalizam como concreções e incrustações carbonáticas que podem ser vistas em todo o seu perímetro e também nos revestimentos em granito (**Figura 7**). As concreções e incrustações depositam-se sobre as chapas de mármore, ocorrendo ainda a formação de estalagmites e estalagmites (**Figura 8**).

Variação térmica mecânica

A variação térmica é um dos mecanismos de degradação que mais influenciaram no atual estado de conservação dos revestimentos em mármore da Cúpula da Catedral. Favorecida pela inexistência de um sistema de refrigeração e ventilação adequado no espaço existente entre as duas cascas que constituem a abóbada, a troca térmica entre o meio externo e o interno (estrutura/revestimento) é totalmente ineficaz. Diante de temperaturas médias anuais que se

aproximam do 0°C e vão até quase 40°C, a diferença nos índices de dilatação térmica linear próprios dos materiais (concreto/argamassa de assentamento/mármore) e agravado pelo microclima que se forma no vão existente entre as duas cascas. Por estes motivos as variações térmicas presentes no sistema são bastante acentuadas.

A Cúpula da Catedral Metropolitana encontra-se localizada na região mais alta do centro de Porto Alegre, conseqüentemente, a temperatura ambiente entorno da Cúpula é inferior a media verificada nas partes mais baixas próxima ao solo (1°C a cada 100m) (Lazzarini & Tabasso, 1986). Esse dado só vem agravar a questão de variação térmica durante a insolação diurna e o posterior resfriamento noturno.

Como as rochas são péssimas condutoras de calor, acabam conservando em sua parte interna, as altas temperaturas absorvidas pela irradiação diurna. Na cúpula da Catedral essa propriedade é agravada pela falta de refrigeração interna do sistema. Com isso a temperatura existente no interior da mesma sempre será muito mais elevada que a verificada externamente. Ao cair da noite as baixas temperaturas são agravadas pela ação do vento existente naquela altura diminuindo drasticamente a temperatura na superfície da placa de mármore. Essa diferença se manifesta principalmente no encontro entre as costelas e as velas, e entre as vigas cintas e a casca externa da Cúpula. No contato entre estes elementos, a diferente distribuição espacial dos vetores de contração-dilatação ocasiona o aparecimento de juntas de dilatação que se manifestam como fraturas de extensão (**Figuras 9 e 10**). A origem das juntas de dilatação esta associada as tensões diferenciais geradas entre os principais elementos estruturais da Cúpula, fazendo com que ambos os materiais apresentem diferentes comportamentos mecânicos criando assim tensões capazes de provocar rachaduras nas placas de revestimento.

Os ensaios tecnológicos demonstraram que o coeficiente de dilatação térmica do Mármore Branco Pinta Verde e muito baixo, sugerindo que as fraturas encontradas nas placas de mármore não estão relacionadas com as possíveis variações térmicas entre seus minerais constituintes.

A disposição dos minerais no espaço faz com que durante as variações térmicas que provocam a contração e dilatação dos grãos provoque tensões internas com orientações opostas podendo contribuir para acelerar a desagregação do material. Se dois cristais de calcita são afrontados e orientados no mesmo modo vertical, na ocasião de aumento de temperatura, se expandem um contra o outro causando um stress interno no material. Já quando a temperatura abaixa, os cristais crescem perpendicularmente e a tendência e o destacamento dos mesmos (Lazzarini & Tabasso, 1986).

A movimentação proporcionada pela variação térmica entre os elementos estruturais da Cúpula leva a criação de rachaduras e fissuras. Estas feições são mais evidentes na porção basal da Cúpula, ocorrendo fraturas com disposição irregular que transpassam entre várias placas de revestimento. Na porção mais superior da Cúpula, o reflexo das dilatações produzidas também afeta as placas de mármore, que foram colocadas através de junta seca, ocasionando a tensão entre as placas e, na seqüência, o seu deslocamento (**Figura 11**).

Ação do vento

O vento age como potencializador de outros mecanismos de degradação. A localização geográfica da Catedral faz do vento um elemento de importância na investigação dos danos observados nos revestimentos de Mármore Branco Pinta Verde. Além de regulador de temperatura, o vento age também na dispersão dos poluentes atmosféricos. Como a Catedral se encontra em uma região alta, as correntes de vento superior criam uma espécie de vácuo puxando para cima a poluição emitida pelos automóveis e outros agentes emissores, ocasionando uma espécie de corredor de poluição sobre essa região na qual a Cúpula está inserida.

Quando o vento se depara com um obstáculo ele gera um fenômeno de turbulência na face oposta à direção do vento formando movimentos circulares de grande intensidade capaz de intensificar o deslocamento das placas de mármore que se encontram em processo de desprendimento.

Um outro agravante devido à altura em que a Cúpula se encontra, e a pressão do vento que aumenta significativamente intensificando o poder de penetração da água da chuva dentro do mármore e seu substrato, atingindo níveis mais profundos do sistema.

A ação do vento ainda vem influenciar no fenômeno de erosão, evidenciado nas molduras superiores, de alguns óculos (pequenas janelas de vidro). A rocha uma vez úmida, ou mesmo seu substrato tem o trânsito dessa água acelerado pela ação do vento. Ao passar pela superfície dos revestimentos o vento cria um "vácuo" capaz de fazer com que essa água migre para a superfície. A água pode evaporar completamente ou não. Nessa segunda hipótese a água é capaz de dissolver os minerais e sais neoformados, promovendo a solubilização destes e sua precipitação na forma de cristais abaixo da sua superfície (criptoflorescência) ou acima (eflorescência) criando uma erosão.

Ação de microrganismos

Podemos citar como agentes patológicos vários organismos biológicos. Na Cúpula estão presentes plantas aéreas e microrganismos. Os organismos biológicos contidos nas fezes dos pássaros e os esporos trazidos pelo vento são bastante danosos aos materiais pétreos. Parte do processo de intemperismo biológico, as plantas e microrganismos encontram ambientes propícios para manutenção de sua espécie como minerais, água, luz, enxofre, carbono, entre outros. Uma vez instalada, as plantas aéreas crescem e durante seu metabolismo eliminam ácidos orgânicos que atacam os minerais. Suas Raízes, sejam líquens ou plantas aéreas, penetram na rocha podendo levar seu pH até 3 criando um ambiente totalmente ácido em seu entorno. As raízes podem penetrar em fraturas e acentuar o processo de destacamento das placas de mármore, como podemos evidenciar nos óculos situados na elevação sul. O principal problema causado pelos microrganismos é o enegrecimento da superfície da chapa ocasionado com a morte dos vegetais (**Figura 4**).

Ação da água

Todas as manifestações patológicas apresentadas até agora tem algo em comum: a ação da água. Responsável pela decomposição química dos minerais, a água uma vez em contato com os minerais inicia um processo de degradação. Lixiviação da dissolução de sais, concreções, incrustações, erosão, biodeterioração, variação térmica, todos esses mecanismos tem por trás a ação da água.

A presença das rachaduras e fissuras somadas a ausência de um rejuntamento adequado das placas favorece a infiltração das águas, que devido a altura que a Cúpula se encontra, penetra nas placas e no substrato com mais intensidade devido a força dos ventos. Essa mesma água é responsável pela oxidação do sistema metálico de fixação das placas e da armadura das cascas e da dissolução e lixiviação da argamassa de assentamento. Esses mecanismos somados a turbulência do vento levaram ao desprendimento das placas pétreas o que agravou e acelerou o processo de degradação ao da Cúpula.

A percolação de água tanto nas rochas quanto na estrutura das cascas, e sua permanência no sistema devido a falta de ventilação interna, favorece a proliferação de microorganismos tanto na superfície das rochas quanto no interior nas cascas de concreto. A deposição superficial de hidrocarbonetos sobre esse ambiente úmido faz com que surja um biofilme de algas que num ciclo de morte e vida cria uma pátina preta visível em praticamente toda a abóbada da Cúpula. Esses microorganismos durante seu metabolismo liberam substâncias nocivas aos mármore que em relação com os minerais carbonáticos dissolvem parcialmente a superfície da placa tornando-a rugosa.

A água que percola e oxida os elementos metálicos do sistema de fixação carrega hidróxidos de ferro em solução, ora lixiviados junto com a argamassa de assentamento ora por capilaridade, aflorando ou escorrendo na superfície da placa, conferindo a rocha uma tonalidade castanha avermelhada a alaranjada. Uma vez que os poros dos materiais constituintes do sistema (concreto/argamassa de assentamento/mármore) estejam cheios de água a condutividade do fluxo térmico e muito maior do que quando cheios de ar. A água tem o coeficiente térmico 25 vezes mais elevado que o ar (Lazzarini & Tabasso, 1986).

Como podemos concluir a água exerce papel fundamental nos processos de degradação dos revestimentos pétreos. O favorecimento de sua atuação no sistema, como foi verificado ao longo desse trabalho, só vem acelerar o processo natural de degradação dos mesmos.

CONCLUSÕES

Após análises das variantes responsáveis pelo estado de conservação dos revestimentos da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre conclui-se que o material especificado não possui características tecnológicas adequadas ao uso ao qual foi submetido. Minerais como a calcita e a dolomita são facilmente solubilizados pelas águas de caráter ácido levando a sua decomposição química e auxiliando na sua desagregação física. No entanto, apesar das

características tecnológicas do mármore não favorecerem a sua colocação naquelas condições, sua vida útil seria maior caso houvesse tido um projeto que respeitasse suas características e suas solicitações.

O sistema de junta seca empregado no assentamento das placas, aliado a ausência de compensação da dilatação térmica dos componentes da Cúpula, favoreceu o aparecimento de fraturas e as tensões entre as placas promoveram o seu deslocamento facilitando a ação da água. Um projeto adequado que considere a ação de todas as variantes acima explicitadas contribuiria para um maior vida útil do material.

Agradecimentos

À Cúria Metropolitana de Porto Alegre pelo acesso a área de estudo e de documentos históricos. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), processo nº 309232/2003-1, de Ruy Paulo Philipp, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa. Aos revisores anônimos pelas críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS

- ACCARDO G.; VIGLIANO G. 1989. Materiali Lapidei, in "Strumenti e Materiali del Restauro: Metodo di analisi, misura e controllo. Roma, Edizioni Kappa, p.77-111.
- BALÉM, J.M. 1941. A Primeira Paróquia de Porto Alegre Nossa Senhora Madre de Deus. Porto Alegre, Centro da Boa Imprensa, 3p.
- DI BENEDETTI, V. 2006. Estudo das alterações ocorridas nas rochas ornamentais utilizadas em monumentos arquitetônicos: Museu Julio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado (inédito).
- DOLCINI, L. 1981. Elementi de Biologia per il Restauro de Opere d'arte. Firenze, Dalle lezioni Del Dott. Piero Tiano al corso de restuaro dell' Opificio delle Pietre Dure, 67p.
- FRAZÃO, E. B. 2002. Tecnologia de rochas na construção civil. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 132p.
- LAZZARINI, L. & TABASSO, M.L. 1986. **Il Restauro della Pietra**. Padova, CEDAM, 315p.
- PHILIPP, R.P. & BENEDETTI, V.D. 2005. Diagnóstico dos problemas na Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado? **Revista Brasileira de Geociências** (submetido).
- SOUZA, A.C. 1994. Conservação Preventiva. **Revista da Biblioteca Mario de Andrade, Imagens Literárias de São Paulo e Prevenção de Bens Culturais**, 52: 87-93.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. 2000. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos-USP, 558 p.

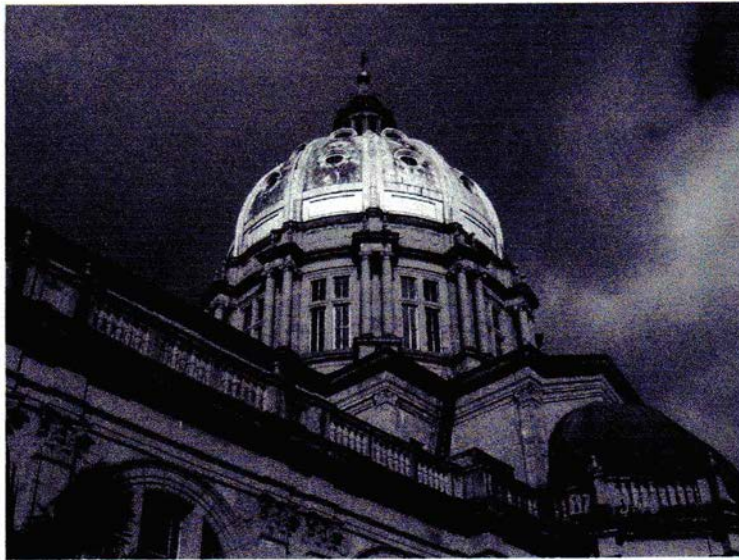
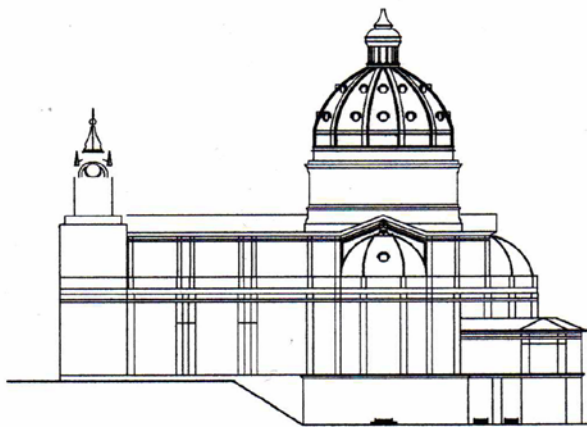
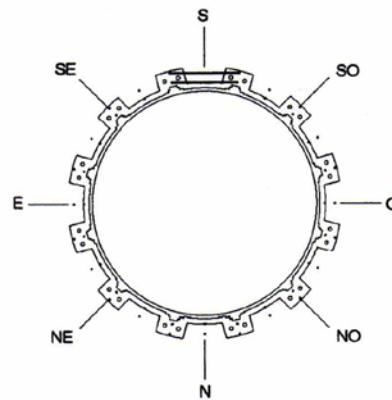


FIGURA 1 - Vista geral da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.



CROQUI - VISTA LATERAL



CROQUI - PLANTA

FIGURA 2 - Croqui lateral da Catedral Metropolitana de Porto Alegre e planta baixa da Cúpula.

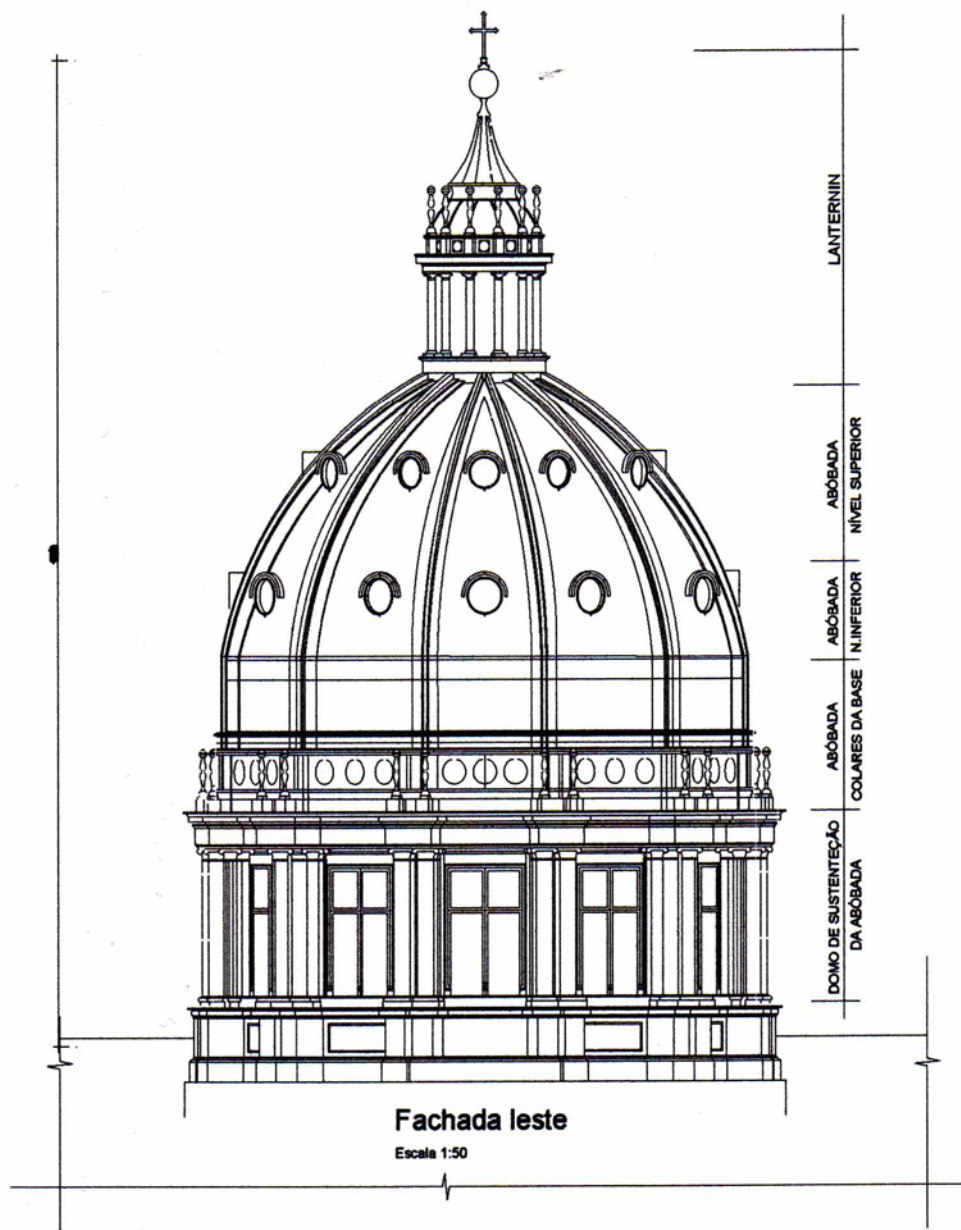


FIGURA 3 -Croqui detalhado da Cúpula e seus principais elementos constituintes.

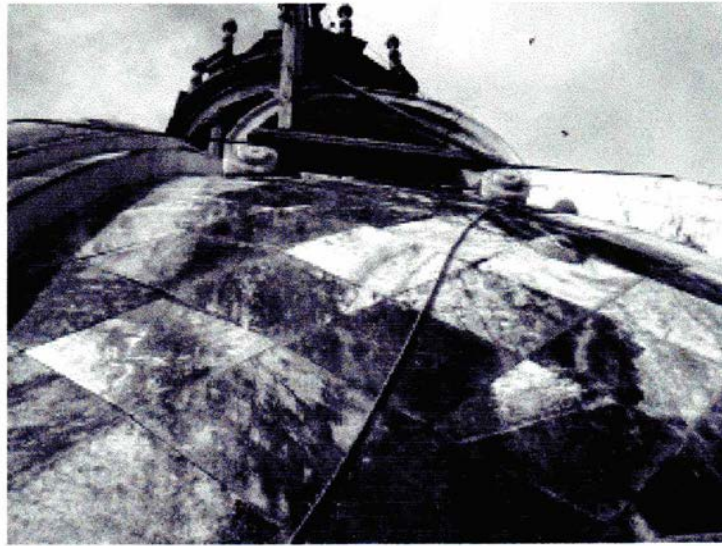


FIGURA 4 - Vista geral da cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre destacando o enegrecimento parcial do revestimento do mármore.



FIGURA 5 - Aspecto geral das chapas de mármore do revestimento da Cúpula ressaltando a estrutura granoblástica grossa e o início da dissolução dos cristais de calcita.

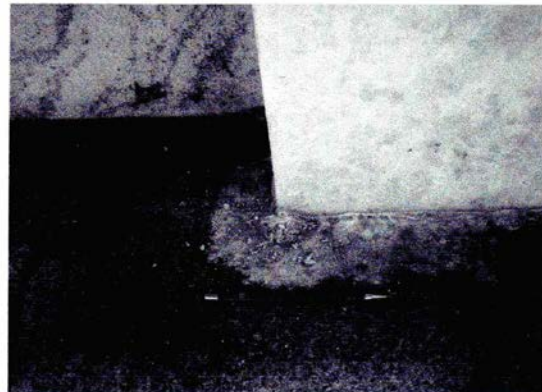


FIGURA 6 - Intensa dissolução de banda rica em calcita. FIGURA 7 - Precipitação de cimento carbonático.



FIGURA 8 - Estalagmite composto por cimento carbonático hidratado originado a partir da dissolução e precipitação do cimento de fixação das chapas de mármore.



FIGURA 11 - Detalhe do deslocamento das placas de revestimento.



FIGURA 9 - Fratura de dilatação cortando três chapas de mármore de revestimento da Cúpula.

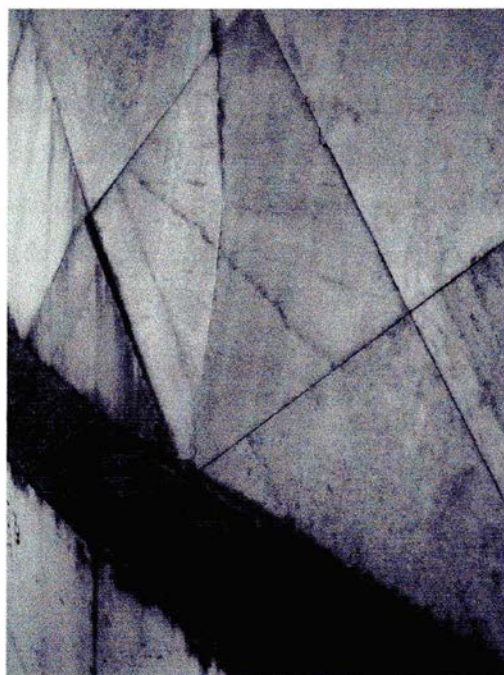


FIGURA 10 - Fratura de dilatação parcialmente preenchida por cimento carbonático hidratado situada no parapeito dos colares da Cúpula.

CAPÍTULO IV – ANÁLISE E AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DO REVESTIMENTO DE MÁRMORE DA CÚPULA DA CATEDRAL METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado?

Ruy Paulo Philipp¹ & Verônica Di Benedetti²

1- Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, IG-UFRGS, Pesquisador CNPq
Av. Bento Gonçalves, 9500, Bairro Agronomia, Porto Alegre – RS
CEP - 91540-000. e-mail: ruy.philipp@ufrgs.br

2- Arquiteta, Curso de Pós-Graduação em Geociências - IG-UFRGS

Resumo

A Catedral Metropolitana de Porto Alegre - RS, projetada em estilo neo-renascentista pelo arquiteto romano João Batista Giovenalle, teve seu período construtivo compreendido entre 1921 e 1986. O corpo externo da igreja foi edificado em granito equigranular róseo proveniente da área urbana de Porto Alegre. Já a sua imponente cúpula apresenta como revestimento placas de mármore dolomítico silicoso proveniente do Estado do Espírito Santo. Originalmente, o revestimento especificado pelo autor do projeto para este elemento arquitetônico era o cobre, porém por motivos de ordem financeira o revestimento foi substituído pelo mármore. Contudo, não foram realizadas as adequações projetuais necessárias para o perfeito funcionamento do revestimento escolhido, resultando assim numa série de patologias que acabaram por comprometer não só a estética do revestimento bem como sua integridade física. Os problemas estruturais e materiais identificados na cúpula foram resultado da atuação dos processos intempéricos, resultando na deterioração e degradação da obra.

Palavras-chave: patrimônio cultural, rochas ornamentais, intemperismo, técnicas de conservação, educação.

Abstract

The Metropolitan Cathedral of Porto Alegre, in Rio Grande do Sul state, was designed by roman architect João Batista Giovenalle. This construction was developed in a long time between 1921 and 1986. The external building design has a match of granite and marble. In the body of the church was used rose equigranular granite extracted from a quarry located in Porto Alegre. Its imposing dome has covering of siliceous dolomitic marble Drew out from quarry of Espírito Santo state. Originally the author of the Project planned to recover this architectural element with copper, but this material was replaced by marble due to financial difficulties. However it wasn't planned the necessary suitability structures to perfect operation of this new material and resulted in a series of pathologies that damaged its aesthetic satisfactory design and the own building. The structural and materials problems identified in external dome resulted of degradations mechanisms related to physical, chemical and biologic weathering.

Keywords: Cultural heritage, ornamental rocks, weathering, conservation techniques, education.

INTRODUÇÃO

A Catedral Metropolitana de Porto Alegre é uma importante obra da arquitetura sacra no estado do Rio Grande do Sul. Única no emprego de rochas ornamentais e no seu trabalho de cantaria, a Catedral foi projetada em estilo neo-renascentista pelo arquiteto romano João Batista Giovenalle. A concepção do projeto objetivou dar a cúpula notável grandiosidade, destacando-se como a segunda maior do mundo, com um diâmetro interno de aproximadamente 18 metros. A construção da Catedral estendeu-se desde 1921, com o início das obras da nave principal até a conclusão da cúpula em 1986. O longo período de execução da obra resultou em diversas modificações no projeto original. O corpo principal da igreja foi todo construído em blocos de granito, que foram extraídos da região da Vila Nova, situada nos arredores da área urbana de Porto Alegre. A cúpula, projetada para ter um revestimento de cobre, acabou sendo coberta por chapas de mármore dolomítico silicoso (Figura 12). Apesar do pouco tempo de sua conclusão, são diversos os problemas gerados pela ausência de um projeto criterioso para adequação do novo material somado as limitações de uso do revestimento de mármore.

A geometria da Cúpula é o resultado da intersecção de doze cilindros com linhas adjacentes sobre um plano horizontal paralelo ao terreno e orientado segundo os pontos cardeais (Figura 13). As costelas representam as linhas de intersecção entre as quais são confinadas as velas, que correspondem as porções do cilindro interseccionado (Figura 14). A seção ortogonal de cada vela é representada por uma cônica, as quais são unidas por três vigas cintas localizadas na sua base, na parte intermediária é a última na região superior onde há a intersecção das nervuras quando nasce o lanternin. Internamente, a cúpula é constituída por duas cascas de concreto armado (aço CA-24) uma interna e outra externa, ambas com aproximadamente oito (08) centímetros de espessura, tendo um revestimento externo composto por uma parede de tijolos cimentados com cerca de 40 cm de espessura. As placas de mármore foram assentadas sobre esta parede através de argamassa de cimento, cal e areia, auxiliadas por um sistema de fixação através de grampos metálicos galvanizados em tela de arame galvanizado fixada na estrutura da cúpula.

A ausência de elementos estruturais que permitissem a dilatação dos materiais e a colocação das placas com juntas secas foram os principais causadores de uma série de problemas estruturais que afetaram a cúpula e a parte interna da catedral. A geração de fissuras de dilatação e o deslocamento das chapas proporcionaram a ocorrência de infiltrações, que resultaram em processos de corrosão, dissolução e reprecipitação de cimento hidratado. As principais patologias diagnosticadas sobre a Cúpula da catedral metropolitana de Porto Alegre foram alteração cromática, concreção, destacamento, eflorescência, erosão, fraturamento, fissuração, incrustação, lacuna, mancha, patina biológica, pitting e presença de vegetação.

Os principais danos encontrados na avaliação da cúpula são resultado da atuação do intemperismo químico, físico e biológico que se manifesta através de um conjunto de patologias onde se destaca o enegrecimento superficial por ação de microorganismos, fissuras de dilatação, infiltrações, desacoplamento das chapas de mármore, desgaste de material e dissoluções.

A análise desenvolvida neste estudo teve como base a identificação in situ e o mapeamento das diversas patologias, acompanhados por estudos petrográficos e de microscopia eletrônica de varredura. O principal objetivo deste trabalho é o diagnóstico dos problemas estruturais e materiais encontrados na cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.

PETROGRAFIA E MINERALOGIA DOS MÁRMORES UTILIZADOS NO REVESTIMENTO DA CÚPULA

As placas que revestem a cúpula são de Mármore Branco Pinta Verde proveniente do estado do Espírito Santo, possuindo dimensões de 50cmx50cm, 36cmx50cm, 45cmx50cm, 35cmx50cm, 80cmx50cm, 12cmx50cm, 12x50cm, e espessuras entre 2cm e 2,5cm. Apresentam cor branca a cinza claro, localmente com níveis milimétricos a centimétricos de cor verde clara a cinza esverdeado. Petrograficamente correspondem a mármores dolomíticos, classificados como tremolita, diopsídio e olivina mármores. Possuem textura dominante granoblástica grossa, com tamanho entre 2 e 6 mm, podendo atingir entre 2 e 4 cm (Figura 15).

A maioria das chapas apresenta estrutura maciça. De modo subordinado, apresentam estrutura bandada, com níveis contínuos e irregulares de espessura milimétrica (2 a 10 mm) ou até centimétrica (3 a 10 cm), compostos por proporções variadas de silicatos de Ca e Mg. Em algumas chapas ocorrem fissuras preenchidas por veios de carbonato com espessuras entre 5 a 15 centímetros e limites retos a pouco curvilíneos.

A composição mineral dos mármore e dominada por carbonatos, com presença subordinada de Tremolita, Diopsídio e Olivina (Figuras 16a, 16b e 16c). Para a determinação do tipo de carbonato foi realizado teste químico a partir da reação da rocha com uma solução de Vermelho de Alizarina ($C_{14}H_7NaO_7S \cdot H_2O$), que reage com a calcita tingindo o mineral com cor rosada. Foi constatado a presença de dois tipos de carbonatos, Calcita ($CaCO_3$) e Dolomita ($CaMgCO_3$), em quantidades variáveis e gerais entre 40 a 70% (Figura 16d).

Ambos minerais se caracterizam por apresentar baixa estabilidade em condições intempéricas, principalmente em presença de água. A molécula de CO_3^{2-} dos carbonatos é muito instável em presença do íon hidrogênio (H^+). A calcita a temperatura ambiente e pouco solúvel na destacamento, eflorescência, erosão, fraturamento, fissuração, incrustação, lacuna, mancha, pátina biológica, pitting e presença de vegetação.

Os principais danos encontrados na avaliação da cúpula são resultado da atuação do intemperismo químico, físico e biológico que se manifesta através de um conjunto de patologias onde se destaca o enegrecimento superficial por ação de microorganismos, fissuras de dilatação, infiltrações, desacoplamento das chapas de mármore, desgaste de material e dissoluções.

A análise desenvolvida neste estudo teve como base a identificação in situ e o mapeamento das diversas patologias, acompanhados por estudos petrográficos e de microscopia eletrônica de varredura. O principal objetivo deste trabalho é o diagnóstico dos problemas estruturais e materiais encontrados na cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.

PETROGRAFIA E MINERALOGIA DOS MÁRMORES UTILIZADOS NO REVESTIMENTO DA CÚPULA

As placas que revestem a cúpula são de Mármore Branco Pinta Verde proveniente do estado do Espírito Santo, possuindo dimensões de 50cmx50cm, 36cmx50cm, 45cmx50cm, 35cmx50cm, 80cmx50cm, 12cmx50cm, 12x50cm, e espessuras entre 2cm e 2,5cm. Apresentam cor branca a cinza claro, localmente com níveis milimétricos a centimétricos de cor verde clara a cinza esverdeado. Petrograficamente correspondem a mármore dolomíticos, classificados como tremolita, diopsídio e olivina mármore. Possuem textura dominante granoblástica grossa, com tamanho entre 2 e 6 mm, podendo atingir entre 2 e 4 cm (Figura 15).

A maioria das chapas apresenta estrutura maciça. De modo subordinado, apresentam estrutura bandada, com níveis contínuos e irregulares de espessura milimétrica (2 a 10 mm) ou até centimétrica (3 a 10 cm), compostos por proporções variadas de silicatos de Ca e Mg. Em algumas chapas ocorrem fissuras preenchidas por veios de carbonato com espessuras entre 5 a 15 centímetros e limites retos a pouco curvilíneos.

A composição mineral dos mármore e dominada por carbonatos, com presença subordinada de Tremolita, Diopsídio e Olivina (Figuras 16a, 16b e 16c). Para a determinação do tipo de carbonato foi realizado teste químico a partir da reação da rocha com uma solução de Vermelho de Alizarina ($C_{14}H_7NaO_7S \cdot H_2O$), que reage com a calcita tingindo o mineral com cor rosada. Foi constatado a presença de dois tipos de carbonatos, Calcita ($CaCO_3$) e Dolomita ($CaMgCO_3$), em quantidades variáveis e gerais entre 40 a 70% (Figura 16d).

Ambos minerais se caracterizam por apresentar baixa estabilidade em condições intempéricas, principalmente em presença de água. A molécula de CO_3^{2-} dos carbonatos é muito instável em presença do íon hidrogênio (H^+). A calcita a temperatura ambiente é pouco solúvel na água pura (0,02 g/l), mas quando em contato com anidrido carbônico dissolvido em água torna-se muito solúvel (1 g/l). Também a dolomita, embora em menor quantidade que a calcita, é solúvel em água carbônica (0,03g/l) (Lazzarini & Tabasso, 1986).

A disponibilidade de água causou a dissolução da superfície da chapa de mármore, resultando na perda do brilho de polimento e na formação de uma superfície rugosa e áspera, em

conseqüência da maior dissolução da calcita em relação a dolomita (Figura 17). Próximo às zonas fraturadas e ao redor dos grampos metálicos de fixação de algumas chapas, a absorção e percolação da água em microdescontinuidades foram responsáveis pela dissolução dos carbonatos e pela desagregação da rocha.

PRINCIPAIS PATOLOGIAS DIAGNOSTICADAS E SEUS EFEITOS

As obras arquitetônicas e os monumentos são afetados por ação do intemperismo ocorrendo um desgaste natural dos materiais que as constituem como rochas, materiais ligantes (cimento, argamassa, e até mesmo, o concreto). A Catedral Metropolitana de Porto Alegre está situada em uma área central da cidade, estando sujeita aos efeitos climáticos regionais, acentuado pelos efeitos locais resultantes das edificações a sua volta e dos poluentes atmosféricos, resultando em taxas variáveis de insolação e temperaturas, circulação de ar, umidade, chuvas ácidas, entre outros. A atuação dos processos intempéricos resulta na deterioração das construções e monumentos arquitetônicos. As modificações nas rochas e outros materiais utilizados caracterizam, sob a ótica da conservação, o grau de degradação da obra. A caracterização do estado de conservação de uma obra arquitetônica é realizada através da fotodocumentação, do mapeamento litológico e do mapeamento detalhado das formas de intemperismo (Silva & Roeser, 2003).

No diagnóstico sobre a análise do estado de conservação da Cúpula da Catedral Metropolitana as principais formas de intemperismo observadas foram a perda de material rochoso, descoloração e depósito, desintegração e fissuras (Fitzner et al. 1995). Estas formas são responsáveis pelos principais problemas identificados na conservação da Cúpula da Catedral Metropolitana.

Modificação da cor original do mármore

As modificações na cor das chapas de mármore são causadas pela presença superficial de plantas aéreas e microorganismos, pela precipitação de hidróxidos de ferro e/ou de cimento carbonático hidratado. As plantas aéreas e os microorganismos possuem cor verde e com sua morte adquirem cor preta, sendo um dos principais agentes modificadores da cor original da cúpula (Figura 18). A proliferação destes organismos ocorre em toda a cúpula, porém em intensidades diferentes, com concentração principal nas porções sul e norte da mesma, quando chegam a cobrir cerca de 50 a 65 % da área de exposição.

Na porção superior da cúpula, no seu segmento sul, ocorre uma mancha de cerca de 40 centímetros por 60 centímetros de hidróxido de ferro de cor castanha escura a laranja. Esta mancha está relacionada à corrosão do cabo de aço que sustenta a luz de sinalização situada no topo do telhado do lanternim. Próximo a extremidade onde esta fixada, o cabo de aço sofre com a dissolução, ao por água da chuva e umidade e o produto desta oxidação e a formação de hidróxidos de ferro, que se precipita nas chapas de mármore dando origem a mancha. A reação com a água da chuva faz com que os hidróxidos de ferro escorram a partir da mancha, criando um rastro de coloração alaranjada com largura entre 40 cm a 2 metros.

Em diversos locais da cúpula observa-se no mármore uma tênue passagem da cor branca para um amarelo muito claro. Este tom manifesta-se de modo disperso e homogêneo, muito localizadamente, como manchas de tom alaranjado. Esta pigmentação tem origem no retrabalhamento (nova dissolução) da mancha de hidróxido de ferro e dispersão desta solução com baixa concentração via água da chuva e vento. Poderiam ser acrescidos ainda como contribuintes locais deste tom amarelo a corrosão dos grampos de fixação de algumas placas que foram desacopladas e a oxidação da barra galvanizada principal da cerca metálica que rodeia a base do lanternim.

Outro tipo comum de mancha e gerado pela precipitação (incrustação) de cimento carbonático hidratado sobre a superfície da chapa de mármore e ao longo de descontinuidades como os limites das chapas e fissuras de dilatação (Figura 19). Estas manchas mostram cor cinza clara a esbranquiçada, localmente marrom claro, formas alongadas com disposição subvertical e larguras da ordem de 20 a 50 centímetros. As incrustações são constituídas por diversas camadas

muito finas (< 0,1mm) de cimento carbonático hidratado e apresentam espessuras individuais entre 0,2 a 1,5 mm, podendo atingir até 1 cm de espessura total (Figura 20). Em porções localizadas chegam a formar cristais de calcita com formas subidiomórficas de tamanhos entre 0,1 a 0,5 mm. As incrustações são observadas na porção inferior da cúpula, próximo a junção das colunas (costelas) com a parede das velas da cúpula. Em vários locais, as incrustações transicionam para estruturas do tipo estalactites e estalagmites, que representam precipitados alongados de calcita depositados em zonas de intensa circulação e acumulação de águas ricas em $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. As estalactites possuem formas alongadas com comprimentos entre 1 e 7 cm, pendentes do limite das paredes próximas ao parapeito localizado no anel externo da base da cúpula. Nesta mesma porção do anel da base da cúpula, porém na sua porção inferior, a acumulação de cimento carbonático produz estalagmites, que são precipitados de calcita alongados com crescimento de baixo para cima. Comumente estas estruturas apresentam altura entre 2 a 10 centímetros e larguras entre 5 a 20 centímetros. Apresentam espessuras entre 1 a 25 mm e possuem estrutura interna acamada da constituída por diversas lâminas muito finas de cimento carbonático hidratado. A origem destas incrustações está relacionada principalmente a dissolução da mistura de argamassa, cimento, cal e areia que assenta as placas de mármore.

Fissuras de Dilatação

As chapas de mármore quase não apresentam registro de fraturas tectônicas. Estas fraturas quando presentes estão preenchidas por veios de carbonatos de espessuras centimétricas e encontram-se seladas. Entretanto, próximo a junção entre as colunas (costelas) que sustentam a cúpula e as paredes das velas ocorrem inúmeras fissuras de dilatação. As fissuras são descontínuas, com formas curvilíneas e irregulares, de limites serrilhados e superfície rugosa. Podem ser reconhecidos três grupos distintos de fissuras de dilatação caracterizadas por sua extensão, disposição e localização na edificação.

As fissuras mais comuns estão situadas nas proximidades da junção entre as colunas (costelas) e a parede das velas da cúpula, com disposição aproximadamente perpendicular as colunas, com início das fissuras a partir do limite da mesma em direção oposta (Figura 21). Apresentam formas retilíneas, com limites interlobados, superfície rugosa e extensões entre 20 e 50 centímetros, podendo atingir até 1,5 metros. Cortam entre 2 e 3 chapas de mármore, ocorrendo comumente em grupos de 2 a 5 fissuras subparalelas com espaçamento entre 5 a 15 centímetros. Frequentemente, estão preenchidas por um cimento carbonático hidratado precipitado a partir da dissolução do cimento contido na argamassa utilizada para fixação das chapas. Em geral o preenchimento mostra espessuras entre 1 a 2 milímetros.

Um segundo grupo de fissuras está localizado na porção inferior do anel externo situado na base da cúpula. As fissuras começam a partir dos anéis da base do domo de sustentação da Cúpula e se irradiam de modo perpendicular ao alongamento do anel por extensões que variam entre 40 cm até 2 metros ou mais. Mostram formas aproximadamente curvilíneas, com limites interlobados e superfície rugosa, ocorrendo isoladas ou em grupos de 2 a 3 fissuras subparalelas com espaçamento entre 5 a 15 centímetros (Figura 22). Cortam entre 3 a 5 chapas de mármore e estão preenchidas por cimento carbonático hidratado, apresentando espessuras entre 0,5 a 1,5 milímetros.

O grupo de fissuras de dilatação mais subordinado pode ser observado nas porções intermediárias e superiores da cúpula. São estruturas com disposição radial caracterizada por grupos de 3 a 6 fissuras com formas retilíneas a pouco curvilíneas, extensões entre 15 a 35 cm e espaçamento entre 3 a 10 centímetros.

A localização, forma e tipo das fissuras são indicativas de sua origem recente e estão associadas a diferenças do coeficiente de dilatação térmica entre os três principais materiais que constituem a cúpula: concreto armado, parede de tijolos com cobertura de argamassa e chapas de mármore. Os valores do coeficiente de dilatação térmica linear para os mármore dolomíticos que cobrem a cúpula são de 8,9 mm/m.10⁻³, inferiores a 12 mm/m.10⁻³, valor máximo permitido pelas normas ASTM-E228 e ABNT-NBR 12756. A análise deste dado reforça a hipótese que não é a dilatação da rocha a responsável pelas fissuras encontradas nas chapas.

Um dos principais problemas da cúpula está relacionado ao efeito da dilatação térmica dos materiais que a constituem e as chapas de mármore do revestimento externo. Como as chapas foram colocadas com junta seca, ou seja, sem espaço entre as mesmas, a dilatação dos materiais

sobre as quais estão assentadas origina esforços internos que forçam as placas umas contra as outras, ocasionando o desalinhamento e o deslocamento parcial (Figura 23). A penetração de água da chuva através das fendas geradas pelo desacoplamento ocasiona a dissolução do cimento do revestimento externo da parede de material (tijolo), diminuindo a adesão da chapa na parede. A reação da água da chuva ($H_2O+H_2CO_3$) com o cimento (que é composto por uma mistura de calcáreo, argilas e óxidos de ferro e magnésio), ocasiona a dissolução do mesmo e a solubilização dos materiais que o compõe com a água. Este material é transportado pela superfície das chapas de mármore da cúpula, através de fendas entre as chapas, e nos espaços internos gerados atrás das chapas pelo deslocamento e desacoplamento das mesmas pela dilatação. A precipitação deste material ocasiona na porção superior e intermediária da cúpula o preenchimento de fendas por um cimento carbonático hidratado composto por silicatos e aluminatos de Ca hidratados. Na porção inferior da cúpula ocorre preenchimento de fissuras de dilatação e de fendas entre chapas, zonas com incrustações de carbonatos sobre as chapas com disposição alongada na subvertical e formação de estalactites e estalagmites no anel inferior da cúpula.

Para a análise e diagnóstico dos principais problemas encontrados na cúpula da Catedral Metropolitana foi realizado o mapeamento das principais patologias, que se encontram representados na figura 24. A figura 25 mostra uma das velas em detalhe, ressaltando a presença de outras patologias encontradas.

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Os ensaios tecnológicos dos mármore mostraram resultados plenamente satisfatórios, com um valor de densidade aparente seca de 2,8 Kg/m³, superior ao mínimo de 2,7 Kg/cm³ exigido pelas normas nacionais (NBR 12766) e internacionais. O valor para absorção d'água de 0,06 é muito inferior ao máximo de 1%, enquanto que o valor de 0,17 para porosidade é também inferior ao máximo de 0,4 da mesma norma anterior. O desgaste abrasivo (AMSLER) é elevado, com um valor de 6,92 mm, muito superior ao máximo de 1 mm, recomendado pela norma ABNT (NBR 12042). Este desgaste elevado indica que esta rocha não deve ser utilizada como revestimento externo, principalmente como piso externo e/ou interno. O valor para compressão uniaxial no estado natural e de 86,4 MPa e de 86,7 MPa no estado de gelo/degelo, superior ao mínimo de 80 MPa indicado pela norma ABNT (NBR 12767). Da mesma forma, a resistência ao impacto duro e de 35 cm, um pouco inferior ao mínimo de 40 cm sugerido pelas normas nacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas diagnosticados na cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre resultaram da concepção e execução da obra, associados a utilização de material inadequado. Após análises das variantes responsáveis pelo estado de conservação dos revestimentos da cúpula conclui-se que o material especificado não possui características tecnológicas adequadas ao uso ao qual foi submetido.

A deterioração encontrada no revestimento da Cúpula resultou da interação entre a rocha e os agentes intempéricos, resultando na dissolução da superfície das chapas e dos minerais mais solúveis como a calcita e a dolomita. Minerais como a calcita e a dolomita são facilmente solubilizados pelas águas de caráter ácido levando a sua decomposição química e auxiliando na desagregação física da rocha. No entanto, apesar das características tecnológicas do mármore não favorecerem a sua colocação nestas condições, sua vida útil seria maior caso houvesse tido um projeto que respeitasse suas características e suas solicitações.

A variação térmica é um dos mecanismos de degradação que mais influenciaram no atual estado de conservação dos revestimentos em mármore da Cúpula da Catedral. A inexistência de um sistema de refrigeração e ventilação adequado no espaço existente entre as duas cascas que constituem a abobada, resulta na falta de troca térmica entre o meio externo e o interno (estrutura/revestimento). A ausência de estruturas que absorvam a dilatação dos diversos materiais que compõem a cúpula, associado ao assentamento das chapas de mármore com junta seca, resultou no desenvolvimento de fissuras de dilatação e no deslocamento parcial das chapas de mármore.

A baixa dureza e a dissolução dos carbonatos facilitaram a fixação e o desenvolvimento de colônias de plantas aéreas e micro-organismos que acabaram por modificar a cor branca original por um revestimento enegrecido. O elevado desgaste do mármore, indicado pela perda do brilho e pela formação de uma superfície rugosa, reforçam a idéia de escolha inadequada para o revestimento da cúpula e atestam a acidez elevada da composição das águas meteóricas da região central da cidade de Porto Alegre. A falta de manutenção atribuída as dificuldades de acesso e a ausência de uma estrutura para a realização de reparos também são indicativas de inadequação do projeto original.

A reunião dos dados e as observações discutidas acima reafirmam a importância da análise geológica dos materiais durante as fases de elaboração, execução e manutenção de obras públicas como monumentos, construções e passeios públicos.

Agradecimentos - A Cúria Metropolitana de Porto Alegre pelo acesso a área de estudo e de documentos históricos. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), processo nº 309232/2003-1, de Ruy Paulo Philipp, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa. Ao professor Dr. Luis Fernando De Ros pelo acesso e uso do microscópio petrográfico digital e pelas fotomicrografias. Aos revisores do corpo consultivo da RBG pelas sugestões e críticas ao texto original.

Referências

- Accardo G.; Vigliano G. 1989. Materiali Lapidei, in "Strumenff e Materiali del Restauro: Metodo di analisi, misura e controllo. Edizioni Kappa, Roma, 11 lp.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992a. NBR 12042. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão, 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992b. NBR 12763. Rochas para revestimento - Determinação da resistência a flexão, 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992c. NBR 12764. Rochas para revestimento - Determinação da resistência ao impacto do corpo duro, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992d. NBR 12765. Rochas para revestimento - Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear, 3p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992e. NBR 12766. Rochas para revestimento - Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'agua aparente, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992f. NBR 12767. Rochas para revestimento - Determinação da resistência a compressão uniaxial, 2p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1992g. NBR 12767. Rochas para revestimento - Análise petrográfica, 2p.
- American Society for Testing and Materials. 1992. ASTM - C 615. Standard specification for granite dimension stone.
- Balém, J.M. 1941. A Primeira Paróquia de Porto Alegre Nossa Senhora Madre de Deus. Centro da Boa Imprensa, Porto Alegre, 3p.
- Di Benedetti, V. 2006. Estudo das alterações ocorridas nas rochas ornamentais utilizadas em monumentos arquitetônicos: Museu Julio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado (inédito).
- Dolcini L. 1981. Elementi de Biologia per il Restauro de Opere d'arte. Dalle lezioni Del Dott. Piero Tiano al corso de restuaro dell' Opificio delle Pietre Dure, Firenze, 67p.
- Fitzner, B.; Heinrichs, K; Kownatzki R 1995. Weathering forms: classification and mapping. Verlag Ernst & John, Berlin, 88p.
- Frazão, E. B. 2002. Tecnologia de rochas na construção civil. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, São Paulo, 132p.
- Lazzarini, L. & Tabasso, M.L. 1986. Il Restauro della Pietra Padova, CEDAM, 315p.

Silva, M.E. & Roeser, H.M.P. 2003. Mapeamento e deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(4): 331-338.

Souza, A.C. 1994. Conservação Preventiva. *Revista da Biblioteca Mario de Andrade, Imagens Literárias de São Paulo e Prevenção de Bens Culturais*, 52: 87-93.

Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R; Taioli, F. 2000. *Decifrando a Terra*. Oficina de Textos-USP, São Paulo, 558 p.

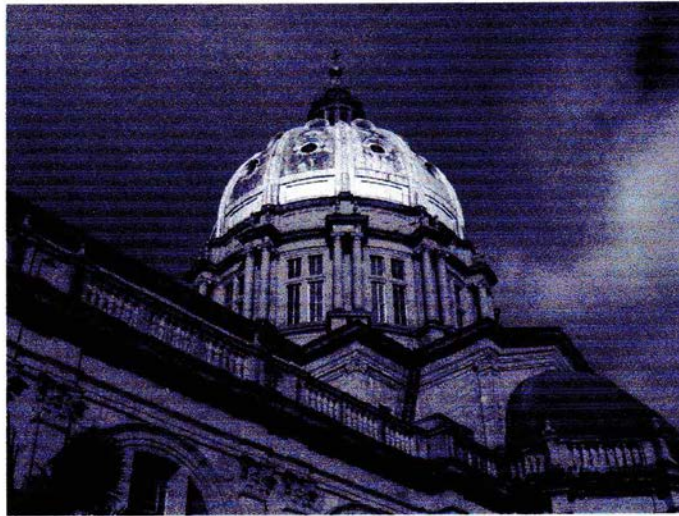
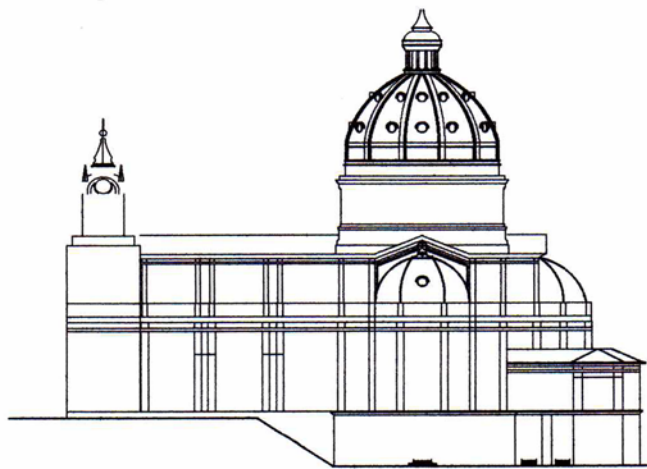
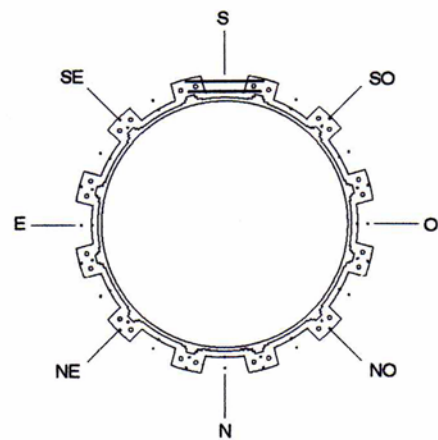


FIGURA 12 - Vista geral da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre.



CROQUI - VISTA LATERAL



CROQUI - PLANTA

FIGURA 13 - Croqui geral da Catedral Metropolitana e planta baixa da Cupula.

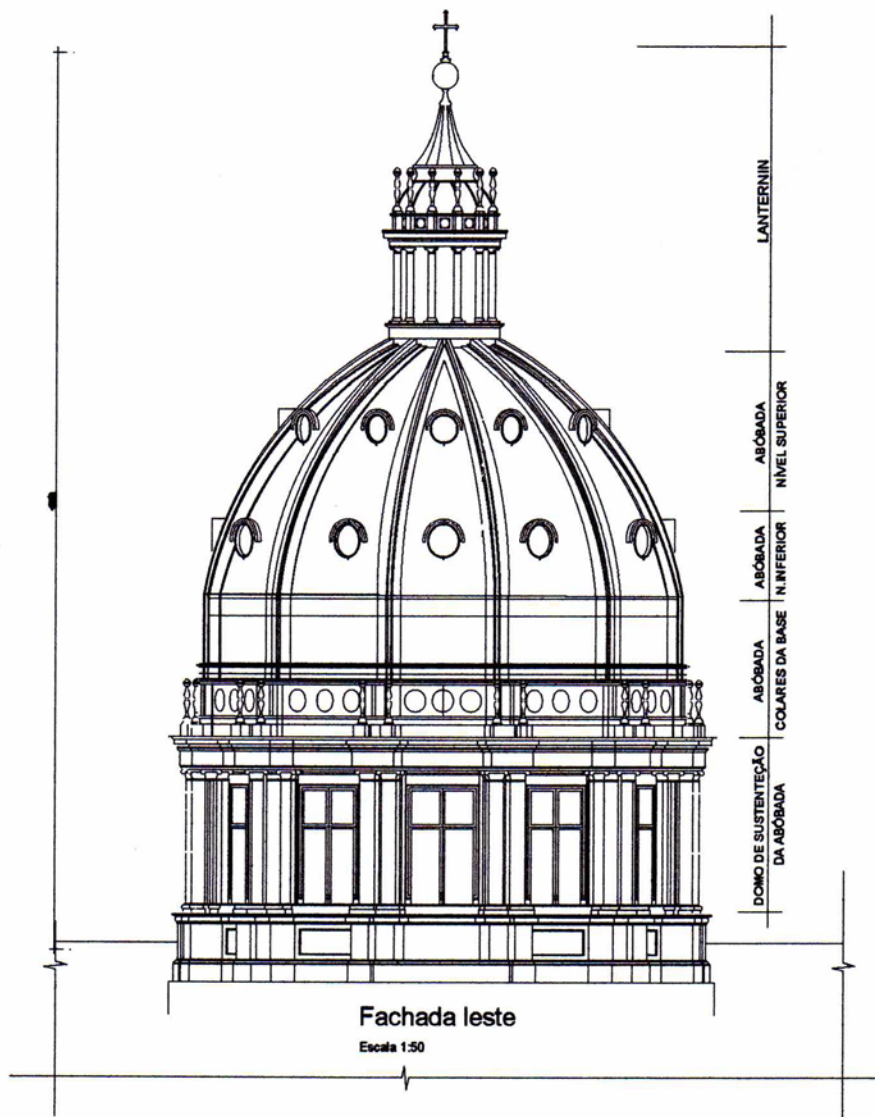


Figura 14 - Croqui detalhado da Cúpula e seus principais elementos constituintes.

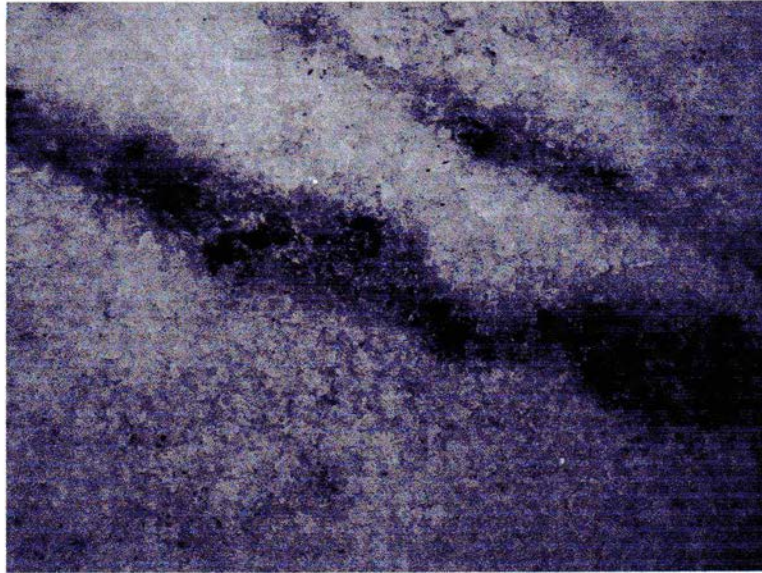


Figura 15 - Chapa de mármore com textura granoblástica grossa.

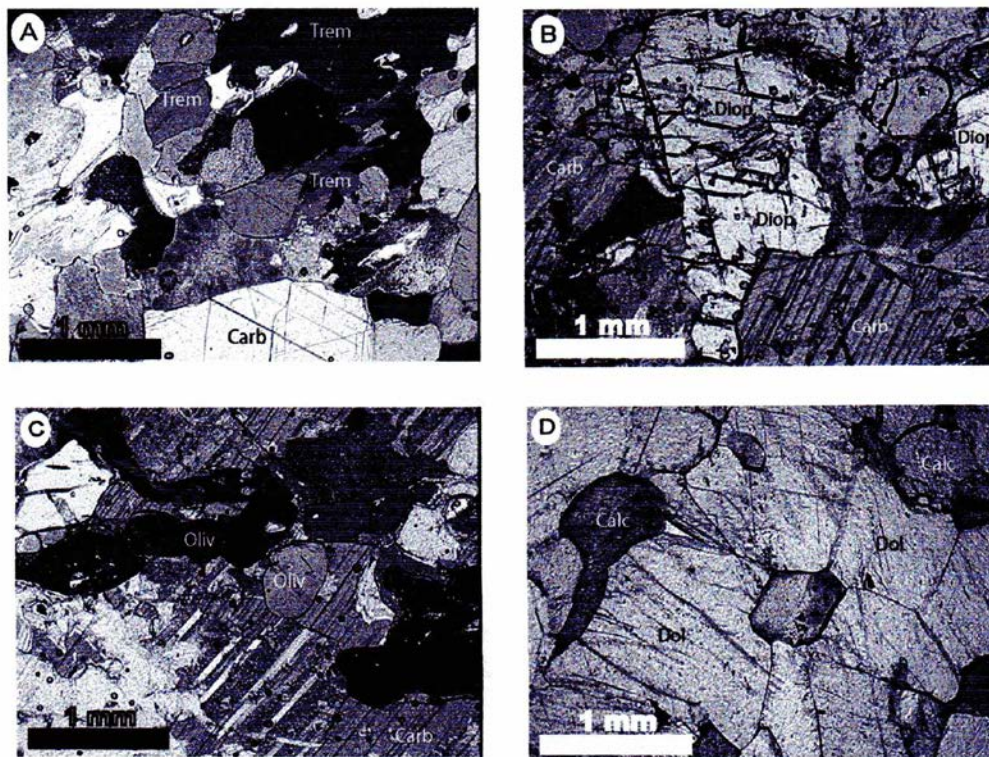


Figura 16 – Fotomicrografias com as principais características composicionais e texturais dos mármore que revestem a Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre. a) Tremolita mármore, b) Diopsídio mármore, c) Olivina mármore e d) textura granoblástica poligonal grossa caracterizada pela dolomita, com destaque para os cristais mais escuros de calcita pigmentados pelo corante Vermelho de Alizarina.

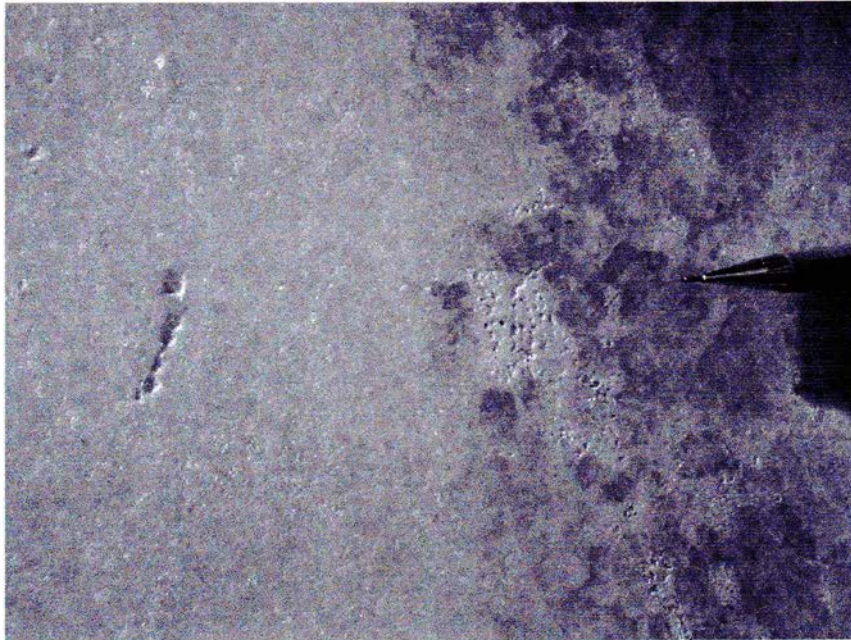


Figura 17 - Dissolução de cristais de calcita.

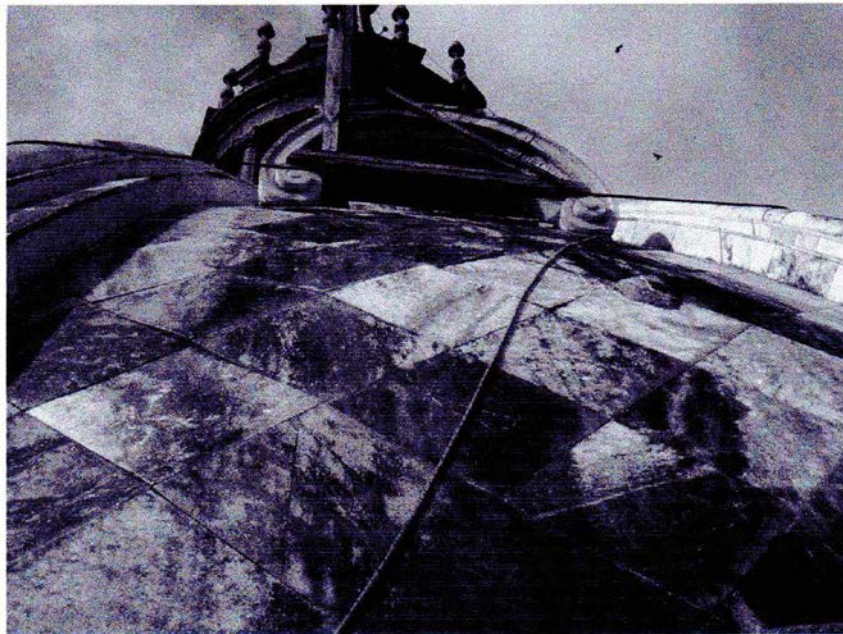


Figura 18 - Vista em detalhe do enegrecimento parcial do revestimento de mármore da Cúpula da Catedral Metropolitana.



Figura 19 - Precipitação de cimento carbonático hidratado no contato entre a chapa de mármore e os granito do anel inferior do domo de sustentação da cúpula.



FIGURA 20 - Detalhe do acamadamento interno do cimento carbonático hidratado precipitado.

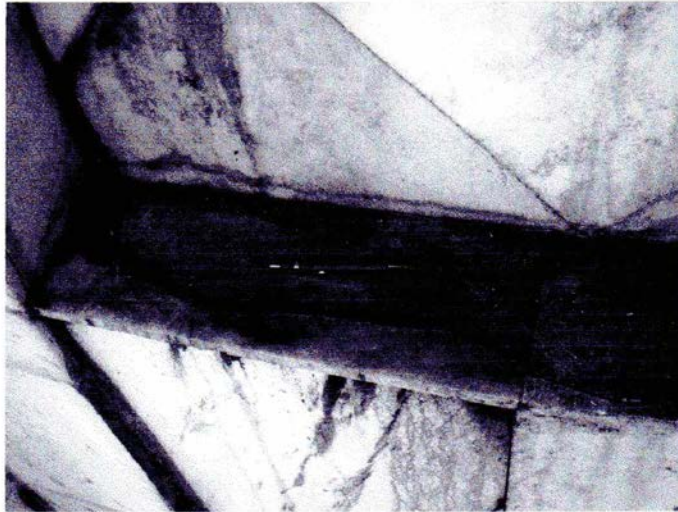


Figura 21 - Junta de dilatação associada com a expansão da junção entre a coluna situada a esquerda e o parapeito dos colares situados na base da Cúpula, parcialmente preenchida por cimento carbonático hidratado.

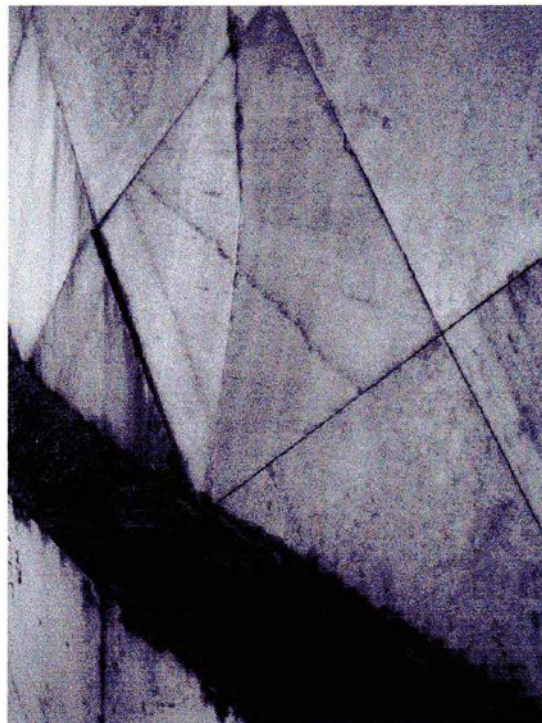
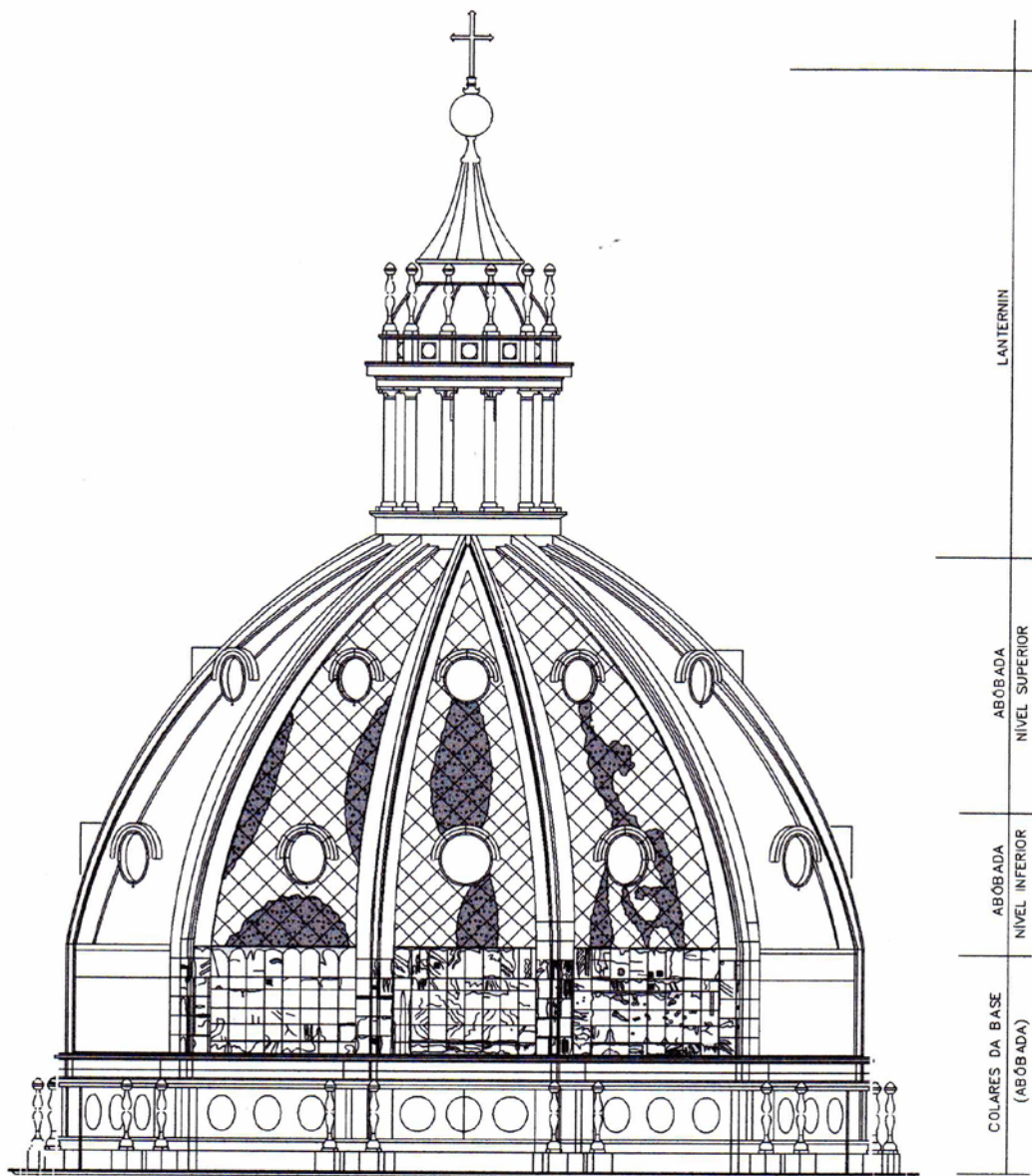


FIGURA 22 - Junta de dilatação de forma curvilínea situada entre o parapeito dos colares da base da Cúpula e a parede, cortando duas chapasa de mármore.



Figura 23 – Detalhe do desacoplamento das placas de revestimento na parte superior da Cúpula.



LEGENDA





- | | |
|--|--|
|  Desplacamento |  Concreção, Incrustação e/ou Efflorescência |
|  Pátina Biológica |  Fraturas |

Figura 24 – Mapa da fachada Leste da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre com as principais patologias identificadas.

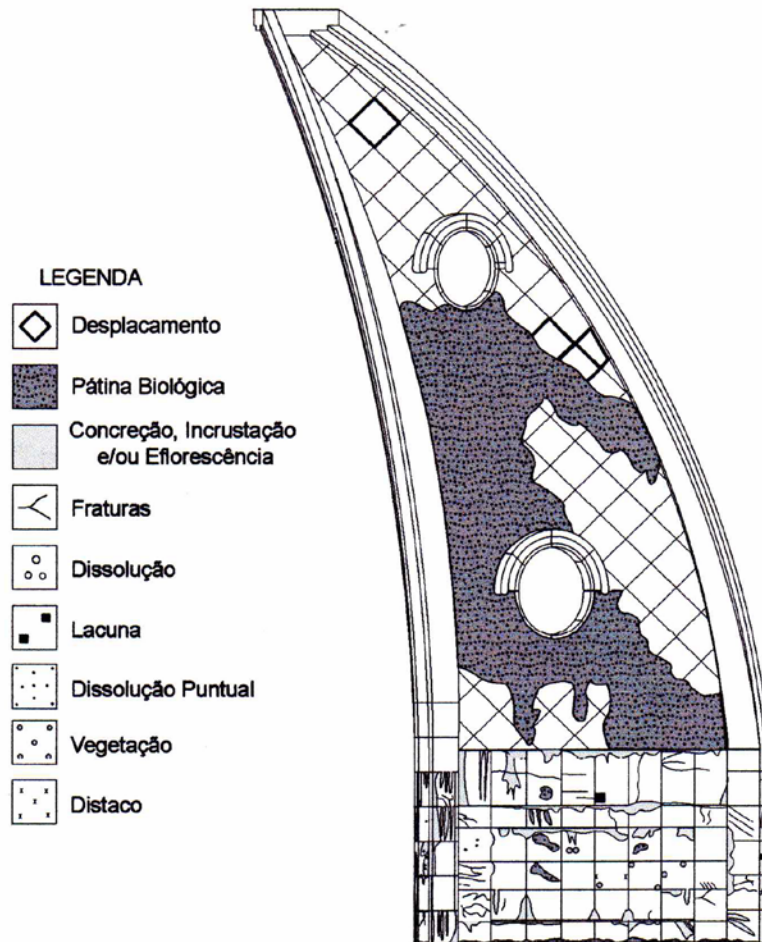


Figura 25 - Detalhe de uma das velas da Cúpula com a identificação das principais patologias.

CAPÍTULO V - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES NA FACHADA DE ARENITO DO MUSEU JULIO DE CASTILHOS, PORTO ALEGRE, RS.

VERÔNICA DI BENEDETTI¹, RUY PAULO PHILIPP²

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências,

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS, dibene@ig.com.br

2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Mineralogia e Petrologia, Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS, Pesquisador do CNPq, ruy.philipp@ufrgs.br

Resumo

O prédio que abriga hoje o Museu Julio de Castilhos teve seu uso inicial como residência. Construído em 1877 pelo engenheiro militar Catão Roxo, o edifício é um dos poucos exemplares da arquitetura residencial urbana do final século XIX. Com sua fachada edificada em arenito e granito, ambos provenientes das cercanias da cidade, a fachada do Museu nos mostra o efeito dos processos intempéricos sobre estes materiais ao longo de 128 anos de existência. As principais formas de intemperismo observadas no mapeamento da fachada foram a perda de material rochoso, descoloração e depósito, desintegração e fissuras. Análises petrográficas do arenito indicaram uma composição arcoseana rica em quartzo, ocorrendo ainda plagioclásio, microclínio e subordinadamente, minerais opacos. Os grãos estão envoltos por uma fina película de óxido de ferro, sobre a qual depositou-se uma notável franja de cimento silicoso. Os poros ainda existentes são finalmente preenchidos por argilo-minerais, principalmente do tipo illita. O elevado grau de compactação e diagenese são responsáveis pela alta coesão da rocha e pela sua capacidade de utilização como rocha de revestimento. As feições petrográficas (textura e composição mineralógica) são indicativas que os arenitos utilizados na fachada do museu correspondem aos arenitos da Formação Botucatu. O conhecimento geológico dos materiais constituintes e da geologia regional permitem a recuperação da fachada através da reposição de partes deterioradas por peças novas.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, patrimônio cultural, intemperismo, rochas ornamentais e de revestimento, técnicas de conservação.

Abstract

The Julio de Castilhos Museum, before used as residence was built in 1877 by military engineering Catão Roxo. This building is one of few examples of urban architecture in the last part of the nineteenth century. Its facade is covered by arenitic and granitic rocks quarried of own city. This covering shows the effects of weathering process occurred during many years. Some of this were observed during facade mapping as loss of rocky materials, discolouration, deposits, desintegration and fracture. Petrographic analyses of the arenite indicate a arcosean composition rich in quartz, occurring still plagioclase and K-feldspar (Microcline) and subordinatly opaque minerals. The grains has a fine layer of iron oxide (hemitite) clad, upon it there was deposited a remarkable fringe of siliceous cement. The pores still existent are finally filled by clay minerals, mainly illite. The elevated degree of compactation and diagenesis are responsible for the high coesion of the rock permitting its utilization as covering rock. The petrographic features (textures and mineralogical composition) indicates that the arenites utilised on the on the facade's museum correspond to arenites of Botucatu Formation. The geology knowledge of the consituent materials and the regional geology allows the facade's recuperation through the restitution of deteriorated parts by new pieces.

Keywords: Interdisciplinarity, cultural patrimony, weathering, ornamental rocks, conservation techniques.

INTRODUÇÃO

Construído em 1877 pelo engenheiro militar Catão Roxo, o edifício que inicialmente teve uso residencial passou, em 1905, a abrigar o Museu Julio de Castilhos. Registro vivo de uma época sócio-econômica e tecnológica do Brasil, o prédio em estilo neoclássico resiste ao longo dos séculos para nos contar sua história e ilustrar a paisagem urbana do centro de Porto Alegre. Localizado na rua Duque de Caxias, nº 1231, o museu é um dos poucos exemplares da arquitetura residencial urbana do final século XIX situado no centro de Porto Alegre.

Após a Proclamação da República e da Abolição da Escravatura, o Brasil passou por transformações sócio-econômicas e tecnológicas que mudaram o perfil da nossa sociedade. O estilo arquitetônico, a tipologia das construções, os arruamentos, a implantação dos edifícios, os materiais e as técnicas construtivas também sofreram a influência deste novo momento. A paisagem urbana modificava-se delineando a cidade do novo período político do país. A mão de obra, não mais escrava, absorvia as técnicas trazidas pelos imigrantes alemães que aqui chegaram em 1824. Permitia-se então uma arquitetura mais elaborada, em que os ornamentos destacavam-se no estilo neoclássico e eclético das construções.

O Museu Julio de Castilhos faz parte deste momento histórico da nossa sociedade. Seguindo a tipologia das construções residenciais urbanas a casa fez uso dos novos recursos que o Brasil Republicano apresentava aos construtores. Dentre os imigrantes, encontravam-se muitos artífices alemães: mestres canteiros, marceneiros, estucadores, pintores e muitos outros que enriqueceram e permitiram a realização da arquitetura em voga na Europa daquele século a qual vinha caracterizar o estilo adotado pela República brasileira como símbolo da modernidade e dos avanços anunciados.

Devido à abundância do arenito no Rio Grande do Sul e as condições relativamente favoráveis a sua extração, seu uso na construção civil sempre foi freqüente, porém limitava-se a construção de alicerces e tijolos para alvenaria. Acredita-se que a fachada do museu foi edificada neste material devido à disponibilidade deste material para os mestres canteiros na cidade. Há registros de que o mestre canteiro que esculpiu os ornamentos do Museu Julio de Castilhos e o mesmo que desenvolveu os trabalhos em arenito da Cúria Metropolitana de Porto Alegre e que possuía ligações com o arquiteto autodidata e escultor Fernando Corona.

DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O Museu Julio de Castilhos apresenta tipologia característica das residências urbanas, ditas menores, do final do século XIX. Com implantação obedecendo aos novos recuos ditados pela política sanitária da República Velha, aboliam-se as alcovas através de pátios internos e aberturas laterais com alinhamento da fachada junto à calçada (Figuras 26 e 27). Em função deste alinhamento frontal construía-se casas com porões altos para preservar o interior, bem como, para aproveitamento deste espaço e concentração da área de serviços. A entrada principal localizava-se na fachada frontal e o acesso de serviços era então destinado a lateral do prédio. A fachada principal divide-se em dois momentos verticais: corpo do prédio e entrada. Horizontalmente apresenta embasamento, zona das aberturas e encabeçamento do prédio.

O embasamento do edifício, que constitui o porão alto da casa, foi construído em blocos aparelhados de granito obtido nas imediações da área urbana de Porto Alegre. Esta região apresenta quatro gateiras metálicas que cumprem a função de ventilação do porão. Sua alvenaria foi concebida fora de prumo com inclinação de aproximadamente 60° em relação a calçada. O porão limita-se a direita pelo alinhamento do prédio e a esquerda pela entrada principal compreendida entre colunatas. Origina-se diretamente no piso e limita-se acima por decoração em baixo relevo constituída de arcos com pequenas rosetas em seu centro. Ambos em arenito. Estes arcos são divididos em três momentos separados pelos cachorros que recebem as pilastras do primeiro pavimento. Limitando este primeiro módulo horizontal encontra-se a cimalha esculpida em arenito como todo o material restante que compõe a fachada.

Acima desta cimalha desenvolve-se o segundo plano horizontal: as aberturas. A direita da fachada encontramos uma janela de parapeito entalado compreendido por duas falsas colunas em baixo relevo. Estas possuem base retangular com motivos decorativos em baixo relevo, fustes trabalhados no primeiro terço sendo o restante liso e capitel jônico com volutas laterais. A abertura em si realizada em madeira possui verga em arco pleno decorado com relevos, morrendo sobre duas falsas colunas laterais que a emolduram. O parapeito entalado é constituído de balaustres torneados em arenito sobre base de mesmo material. Este plano é recuado em relação a parte central da fachada. O módulo esquerdo da fachada apresenta mesma configuração. A parte central possui abertura em maior dimensão saliente ao restante do plano. A janela de parapeito sacado possui como limitantes laterais colunatas de base retangular de mesma tipologia que as demais, fuste cilíndrico e capitel jônico. A janela, agora com duas aberturas, mantém as cercaduras em arenito e verga em arco pleno destacando-se no plano da fachada.

Este plano horizontal é limitado em sua parte superior por outra cimalha, que recebe imediatamente acima a cornija decorada com altos relevos com motivos fitomórficos. A arquitrave recebe a platibanda, que em suas extremidades se apresenta em balaustrada e no plano central da fachada do prédio, sem vazados recebendo elemento de destaque com linha curvas no eixo de simetria deste volume.

O acesso principal da fachada está localizado na extremidade esquerda do prédio. Nesta lateral não há a presença do porão alto trazendo o nível do piso elevado em poucos centímetros da calçada. A porta em madeira com duas folhas, bandeira em gradil metálico e verga em arco pleno está localizada entre colunas de arenito com base retangular decorada por baixo relevo sobre embasamento de granito, fuste canelado e capitel jônico. O entablamento dividido em arquitrave, friso e cornija apresenta decoração em alto relevo com motivos fitomórficos. A platibanda possui laterais em balaustrada e centro com frontão triangular decorado com relevos. O acesso secundário, pela lateral direita apresenta portão em ferro fixado em duas colunas de arenito rosado sobre base de granito. Estas antecedidas por colunas de mesma tipologia

Na composição da fachada do Museu Júlio de Castilhos são observados duas colorações de arenito: a primeira, de coloração cinza clara, constitui o primeiro plano da fachada em forma de tijolos que fecham a alvenaria e os balaustres. A segunda, de coloração rosada, compõe todos os elementos em relevo da fachada como colunas e modenaturas.

TÉCNICA EMPREGADA NA COLOCAÇÃO DOS REVESTIMENTOS

Durante a pesquisa não foram encontrados registros do Diário de Obras da construção do prédio. Talvez pelo fato de ser uma construção residencial considerado por alguns como "arquitetura menor". Em função deste ocorrido não é possível fazer uma descrição da técnica construtiva empregada. Sua análise in loco não nos possibilita elucidar claramente sua técnica pelo fato da fachada receber um revestimento interno mesmo na região do porão alto.

PETROGRAFIA DOS ARENITOS QUE COMPÕEM A FACHADA DO MUSEU JÚLIO DE CASTILHOS

Os levantamentos realizados na fachada do Museu Júlio de Castilhos tiveram como objetivo reconhecer macroscopicamente os traços da estrutura, textura e mineralogia da rocha, bem como coleta de amostras sãs e alteradas para caracterização petrográfica e por difratometria de raios-X dos seus minerais constituintes.

Os blocos estudados apresentam predominantemente estrutura maciça, observando-se também estruturas plano-paralelas e cruzada (Figura 28). As camadas possuem espessuras milimétricas a centimétricas, caracterizadas pela alternância de níveis com pequena diferença de tamanho de grão, mais raramente, por níveis mais ricos em minerais opacos. A textura é arenosa, com grãos de areia fina a média, subarredondados a arredondados, com elevado grau de seleção (Figura 29a,b).

O arenito pode ser classificado como arcoseano, com uma composição dominada por grãos de quartzo, ocorrendo ainda plagioclásio, microclínio e subordinadamente, minerais opacos, zircão, rutilo e raros litoclastos de rochas vulcânicas (Figuras 29c,d). Os grãos estão envoltos inicialmente por uma fina camada de cimento de óxido de ferro, caracterizada na difratometria de

raio-X como hematita. Sobre esta película ocorre um significativo crescimento de um cimento de natureza silicosa (Figura 29d,e). Os poros ainda existentes são finalmente preenchidos de modo mais tardio por argilo-minerais, principalmente do tipo illita (Figuras 29e,f).

O elevado grau de compactação e diagênese são responsáveis pela alta coesão da rocha e pela notável capacidade de utilização como rocha de revestimento. As feições petrográficas (estrutura, textura e composição mineralógica) são indicativas que os arenitos utilizados na fachada do museu correspondem aos arenitos da Formação Botucatu.

Com arcabouço formado predominantemente por quartzo, com pouco feldspato e cimento predominantemente silicoso (calcedônia e quartzo), o arenito utilizado na construção do Museu apresenta alta resistência ao intemperismo. Contudo, o arenito possui um teor de feldspato (plagioclásio e microclínio) que oscila entre 5 e 15 %, que são silicatos que não apresentam a mesma estabilidade do quartzo. Nos blocos de arenito da fachada os feldspatos mostram sinais de alteração intempélica como a perda do brilho, decomposição e desagregação. Sua alteração se inicia por locais de instabilidade dos minerais, como limites externos, defeitos cristalinos como espaços vazios na estrutura molecular, planos de clivagem, piano de maclas e/ou fraturas (Oilier, 1975). No intuito de verificar a existência de minerais secundários foram realizadas análises de difratometria de raios-X, na qual foram constatadas a existência de dois tipos de argilo-minerais: illita e caolinita (Figura 30, 31, 32 e 33). Ambos são resultantes do intemperismo químico (hidrólise) dos feldspatos. Os argilo-minerais podem intensificar o problema de microfissuras, tornando com o tempo as rochas mais porosas, favorecendo assim a entrada de água e acelerando a degradação da rocha, permitindo também a lixiviação parcial da sílica (Oilier, 1975). O K-feldspato é o Microclínio, que apresenta maior resistência ao intemperismo químico se comparado ao plagioclásio. Nas zonas mais alteradas apresenta perda do brilho, com decomposição superficial e em casos extremos, desagregação. Sua alteração intempélica forma argilo-minerais do tipo illita.

ESTADO DE CONSERVAÇÃO

A fachada do Museu Julio de Castilhos, ao longo de 128 anos de existência desenvolveu uma série de patologias as quais tornaram seu estado de conservação bastante precário. Os blocos esculpidos de arenito apresentam-se bem preservados em quase sua totalidade, ocorrendo poucas áreas deterioradas pela ação do intemperismo químico.

As principais formas de intemperismo observadas no mapeamento da fachada foram a perda de material rochoso, descoloração e depósito, desintegração e fissuras. A perda de material rochoso se manifesta através da alteração parcial da rocha com modificações morfológicas de superfície (relevo áspero) e com arredondamentos dos limites de blocos (Figuras 34, 35, 36 e 37). Os processos de descoloração encontrados estão relacionados ao clareamento puntual ocorrente a partir da alteração dos feldspatos. Os principais tipos de depósitos estão relacionados a crostas claras com eflorescências salinas, representando a deposição de cimento carbonático hidratado, manchas negras relacionadas a deposição de fuligem e poeira, biofilme escuro com colônias de microflora e/ou microorganismos, além de plantas superiores. A desintegração é identificada pela desagregação de cristais de feldspatos e pelo desprendimento de escamas, representadas por placas de alguns milímetros de espessuras paralelas a superfície dos blocos, independente da estrutura interna do arenito (Figura 38). Uma das manifestações mais raras são as fissuras, representadas por superfícies irregulares de descontinuidade física não relacionadas a estrutura interna da rocha.

Para a análise e diagnóstico da conservação e manutenção da fachada do Museu Julio de Castilhos foi realizado o mapeamento da fachada e a identificação das principais patologias, cujo resultado pode ser observado na figura 39.

As patologias acima relacionadas são derivadas de diversos mecanismos de deterioração relacionados a natureza litológica (fatores intrínsecos ao material rochoso como mineralogia da rocha, porosidade e permeabilidade interna), poluição atmosférica, variação térmica, ação do vento, biodeterioração e características arquitetônicas. A seguir são abordados os principais aspectos da atuação de cada agente de deterioração.

MECANISMOS DE DETERIORAÇÃO

Natureza Litológica

Fatores intrínsecos a rocha

Classificada como uma rocha sedimentar, os arenitos são resultantes do acúmulo e consolidação de materiais provenientes da degradação de rochas preexistentes e da atividade de organismos. Os blocos de arenitos da Formação Botucatu observados apresentam estrutura plano-paralela e cruzada com espessuras da ordem de 1 a 4 mm. Texturalmente, são arenitos arcoseanos ricos em quartzo, finos a médios, compostos por grãos de areia arredondados a subarredondados e de elevada seleção. O alto grau de compactação e diagênese é resultado de vários processos de cimentação, passando inicialmente por óxidos de ferro, cimento silicoso e finalmente por argilo-minerais. O elevado grau de compactação e diagênese são responsáveis pela alta coesão da rocha e pela sua capacidade de utilização como rocha de revestimento. Devido a diagênese avançada, o arenito apresenta uma porosidade primária baixa. Esta porosidade é responsável pelo aparecimento das eflorescências salinas encontradas em algumas porções da fachada. A utilização de cimento ou qualquer outro tipo de ligante para o restauro desta fachada não é recomendável pela possibilidade de corrosão, transporte e deposição deste material como um depósito salino.

Um fator mineralógico determinante é a presença de microclínio e plagioclásio, já que os feldspatos são mais susceptíveis a alteração intempérica que o quartzo. As análises de difratometria de raios-X realizadas identificaram que a alteração do plagioclásio gera o aparecimento de argilo-minerais como illita e caolinita. Ambos os minerais são resultantes da hidrólise do plagioclásio e do microclínio. Os argilo-minerais podem aumentar a quantidade de microfissuras, atuando como um catalizador no processo de degradação da rocha. Como os grãos de feldspatos estão disseminados na rocha, sua decomposição será responsável pela geração de vazios, provocando uma diminuição acentuada na sua coesão interna. Este fator será responsável pela desagregação física da rocha em zonas mais alteradas.

Drenagem interna

Este fator é de extrema importância no grau de alteração das rochas, pois é a drenagem interna que determina a acumulação e a circulação da água no seu interior. Vale lembrar que a água é o principal agente intempérico atuante na natureza, quando não diretamente ela age antecedida de outros fatores.

A drenagem depende da granulometria, da textura da rocha, da cimentação, da porosidade, permeabilidade e da solubilidade dos minerais presentes. A porosidade dos arenitos estudados é baixa, devido às diversas fases de cimentação existentes ao longo da sua trajetória na diagênese. Entretanto, os feldspatos constituintes do arenito estão sendo alterados, originando minerais secundários como os argilo-minerais, que são parcialmente solúveis e propiciam o desenvolvimento de uma boa drenagem interna.

O arenito apresenta em sua composição basicamente quartzo (SiO_2) e feldspatos, ambos silicatos. Os silicatos apresentam baixa solubilidade em pH ácido se elevando até cerca do pH = 9, quando a partir deste valor tornam-se muito solúveis. Uma vez intemperizado o feldspato gera argilo-minerais os quais têm uma solubilidade muito baixa entre valores de pH entre 4 e 10, sendo que abaixo de 4 e acima de 10 torna-se muito elevada. (Ollier, 1975). Estes fatores tornam a alteração dos arenitos por hidrólise um processo lento, o que favoreceu a preservação da fachada do museu até o presente momento.

O índice de pluviosidade presente na região favorece a formação de caolinita e illita, produtos da alteração dos feldspatos confirmados pelos ensaios de difratometria de raios X realizados.

Poluição Atmosférica

A região central de Porto Alegre tem sua concentração de poluentes atmosféricos favorecida pela presença dos terminais de ônibus localizados em vários pontos do centro da

cidade. Este fato é quantitativamente significativo para a degradação da fachada do Museu Julio de Castilhos.

Em nossa atmosfera estão presentes uma série de partículas em suspensão: poeiras, fuligens, esporos, dentre outros. Advindas da queima de combustíveis fósseis e até mesmo por processos naturais como erupções vulcânicas, estes gases se misturam no ar formando aerossóis. As partículas de poeira e de fuligem resultante da queima dos combustíveis precipitam-se proporcionando o enegrecimento de partes da fachada.

Variação Térmica

O clima de Porto Alegre é classificado como subtropical úmido. Climas como esse favorecem a decomposição mineral completa com perda total de elementos alcalinos, alcalinos-terrosos e sílica com formação de óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn e alguns tipos de argilo-minerais (Lazzarini, 1986).

A temperatura média anual situa-se em torno de 20°C, variando entre 5 a 10° (maio a julho) e 35 a 40° (dezembro a fevereiro). A média normal de chuvas situa-se em torno de 120 a 200 mm, com precipitação média anual em torno de 1851 mm, com o período de máxima precipitação ficando entre abril e junho. A ocorrência de geada em média dura de 10 a 15 dias por ano (IBGE, 2000).

A temperatura, dentre outros fatores, também vem influenciar na velocidade de intemperização das rochas não só através dos choques térmicos (intemperismo físico) como também na cinética das reações químicas próprias do intemperismo químico. O aumento da temperatura faz aumentar o teor de CO₂ na atmosfera, que reage com a água produzindo o HCO₃⁻. Este fato soma-se aos diversos ácidos orgânicos eliminados pelos organismos vivos, que aumentam a velocidade das reações de hidrólise. Com isso as atividades biológicas também aumentam, pois são favorecidas pela dissolução dos silicatos dos quais se alimentam num ciclo crescente e degenerativo.

O Museu Julio de Castilhos encontra-se localizado na região mais alta do centro de Porto Alegre. Lateralmente a edificação apresenta recuo a direita e a esquerda faz divisa com um terreno vazio. A quadra localizada defronte ao Museu apresenta edifícios de até 14 pavimentos criando uma espécie de barreira defronte o museu. Na calçada junto ao prédio, há duas árvores de porte médio, com copa alta e ciclo perene. Estas características do entorno da fachada do museu são relevantes para o processo de deterioração da mesma uma vez que prejudicam a incidência da insolação sobre a fachada. Forma-se então um microclima na região que favorece a umidade retida nas paredes de arenito e granito contribuindo para a alteração dos minerais e a proliferação dos microorganismos.

Os efeitos da variação térmica não se restringem apenas as alterações bruscas de temperatura, mas também pelos ciclos climáticos. Rochas que contêm minerais expansivos (argilo-minerais) poderão sofrer fraturas e rompimentos em função da variação da hidratação através da promoção do aumento de volume por aumento de hidratação e diminuição por desidratação. Através de difratometria de raios X foi constatada a presença de caolinita e ilita, que apesar de não ser expansível apresenta considerável solubilidade. O fato de termos argilo-minerais presentes na rocha contribui para a desagregação do arcabouço, favorecendo a penetração das águas superficiais.

Problemas de rachaduras e fissuras presentes na fachada são muito localizados e também se devem a fatores como intervenções indevidas. Isso se deve a incompatibilidade de índices de contração e dilatação de ambos os materiais (ferro e arenito) o que acabou gerando tensões na rocha ocasionando fissuras e fraturas.

Biodeterioração

A ação das plantas sejam micro- ou macro-organismos influenciam no intemperismo das rochas. Sua ação pode se dar através de fenômenos físicos com a perfuração por meio de insetos que criam verdadeiras redes, ou a penetração de raízes de plantas ou por fenômenos químicos através da interação bioquímica entre a rocha e o organismo vivo. As espécies que se desenvolverem sobre a superfície de uma rocha serão influenciadas pelas propriedades físico-

químicas desta e também dos fatores ambientais (Caneva & Salvadori, 1989 apud Barrionuevo, 2004).

Os organismos vivos em geral se alimentam de água, P, S, Ca, K, Mg, Na, Cl, Fe, Si dentre outros elementos. As rochas são ricas fontes de minerais essenciais a manutenção da vida. Através da fixação destes elementos a superfície da rocha inicia-se um processo de extração desses elementos químicos essenciais a vida dos organismos. Durante seu ciclo de vida os organismos vivos secretam ácidos orgânicos que em contato com os minerais das rochas enfraquecem as estruturas dos mesmos, podendo dissolver os minerais ligantes ou cimentantes, desagregando as rochas. Além do dano físico e bioquímico direto, a existência de micro e/ou macro organismos criam microclimas, aumentando localmente, a capacidade de retenção de água da rocha. Há também o aspecto climatizador de árvores e arbustos próximos a edificação, já que diminuem a insolação e conseqüentemente a evaporação da água retida na rocha.

Quando tratamos de macroflora temos o problema de degrado físico ocasionado pela ação das raízes que abrem canais fraturando a rocha e permitindo a penetração de ar e água. As Raízes também liberam dióxido de carbono (CO₂--) que somado a água (H₂O) geram ácido carbônico (H₂CO₃) o qual aumenta a reatividade dos minerais. Podem ser observadas na platibanda da fachada e no limite entre o porão e o primeiro piso as infestações de vegetais superiores cujas raízes estão fixadas no substrato de arenito.

Ação do Vento

A ação do vento também deve ser considerada na análise do estado de conservação das rochas do museu. Quando não diretamente, o vento atua como potencializador de outros agentes de degradação. Localizado na área mais alta do centro de Porto Alegre, o Museu Julio de Castilhos encontra-se em meio a um microclima criado pelos edifícios do entorno. Em sua lateral direita há um recuo em relação ao sobrado anexo ao Museu, sua lateral esquerda, onde originalmente era o jardim lateral da residência de Julio de Castilhos, hoje é um terreno desocupado. A rua Duque de Caxias funciona como um corredor de vento que vem do sentido bairro e avança para o Lago Guaíba. Com isso, o vento ao se deparar com o terreno vazio ao lado do museu e a parede deste gera o fenômeno de turbulência contribuindo para o desgaste eólico do arenito e a penetração da água para substratos mais internos do sistema.

Característica Arquitetônica

A composição arquitetônica de um prédio é um outro fator a ser observado. Característico do estilo neoclássico, a concepção das fachadas era muito rica em ornamentos. Muitos destes elementos não favorecem o afastamento da água das superfícies do plano, ao contrário fazem com que se distribuam e se mantenham por mais tempo em contato com a superfície. A fachada do Museu apresenta de uma maneira simplificada dois planos de superfície: o plano da alvenaria e o plano dos elementos decorativos em baixo relevo. O primeiro em blocos de arenito apresenta várias juntas de dilatação facetadas. Os elementos decorativos em baixo relevo não apresentam pingadeiras com exceção da modenatura que antecede a arquitrave. As molduras que ornamentam a fachada não possuem inclinação necessária para afastar a água do plano (mínima de 20°). Nos principais pontos de proliferação de vegetação também não foram detectadas as presenças de lacrimal. Com isto pode-se inferir que as formas dos detalhes decorativos influem nos processos de infiltração da fachada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Museu Julio de Castilhos tem sua fachada constituída essencialmente por rochas areníticas. As características macro e microscópicas dos arenitos permitem o reconhecimento dos mesmos como pertencentes a Formação Botucatu.

A caracterização do tipo de rocha e da unidade litoestratigráfica permite a identificação da área fonte dos blocos e conseqüentemente, da extração de material para a confecção de peças de reposição que permitam a recuperação das partes mais deterioradas da fachada.

O resultado final deste estudo ressalta a importância do reconhecimento geológico da edificação na busca de soluções de conservação e manutenção de prédios e monumentos históricos.

Agradecimentos

A Direção do Museu Julio de Castilhos pelo acesso a área de estudo, de documentos históricos e coleta do material. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), processo n° 309232/2003-1, de Ruy Paulo Philipp, pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa. Ao Prof. Dr. Luis Fernando De Ros (IG-UFRGS) pelo uso de microscópio petrográfico para obtenção das fotomicrográfiás, pelos comentários e sugestões a análise petrográfica e a Prof. Dra. Márcia Elisa Boscato Gomes (IG-UFRGS) pelas discussões a apoio com as análises de difratometria de raios X.

REFERÊNCIAS

ACCARDO G.; VIGLIANO G. 1989. **Materiali Lapidei**, in “**Strumenti e Materiali del Restauro: Metodo di analisi, misura e controllo**”. Roma, Edizioni Kappa, p.77-111.

BALEM, J.M. 1941. **A Primeira Paróquia de Porto Alegre Nossa Senhora Madre de Deus**. Porto Alegre, Centro da Boa Imprensa, 3p.

BARRIEONUEVO, M.R.E. 2004. **Biodeterioração produzida por biofilmes de fungos e cianobactérias nas ruínas jesuíticas das Missões e avaliação do seu controle**. Escola de Agronomia, Dissertação de Mestrado, 125 p. Inédito.

DI BENEDETTI, V. 2006. **Estudo das alterações ocorridas nas rochas ornamentais utilizadas em monumentos arquitetônicos: Museu Julio de Castilhos e Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS**. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado (inédito).

CARVALHO, BENJAMIM A. 1988. **A História da Arquitetura**. Rio de Janeiro, Editora Tecnoprint S.A., 318p.

CHOAY, F. 2001. **A Alegria do Patrimônio**. Editora UNESP, São Paulo, 282 p.

DOLCINI, L. 1981. **Elementi de Biologia per il Restauro de Opere d'arte**. Firenze, Dalle lezioni Del Dott. Piero Tiano al corso de restuaro dell' Opificio delle Pietre Dure, 68p.

FRAZÃO, E. B. 2002. **Tecnologia de rochas na construção civil**. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 132p.

IBGE. 2000. **Atlas Nacional do Brasil**, 3.ed. Brasília,, mapas color., 263 p.

LAZZARINI, L. & TABASSO, M.L. 1986. **Il Restauro della Pietra**. Padova, CEDAM, 315p.

OLLIER, C. 1975. **Weathering**. Longman, London, 304p.

PHILIPP, R.P. & BENEDETTI, V.D. 2006. Diagnóstico dos problemas na Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado? **Revista Brasileira de Geociências** (submetido).

REIS FILHO, N. G. 1997. **Quadro da Arquitetura no Brasil**, São Paulo, Editora Perspectiva, 216p.

SILVA, M.E. & ROESER, H.M.P. 2003. Mapeamento e deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**(4): 331-338.

SOUZA, A.C. 1994. Conservação Preventiva. *Revista da Biblioteca Mario de Andrade, Imagens Literárias de São Paulo e Prevenção de Bens Culturais*, **52**: 87-93.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R; TAIOLI, F. 2000. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos-USP, 558 p.

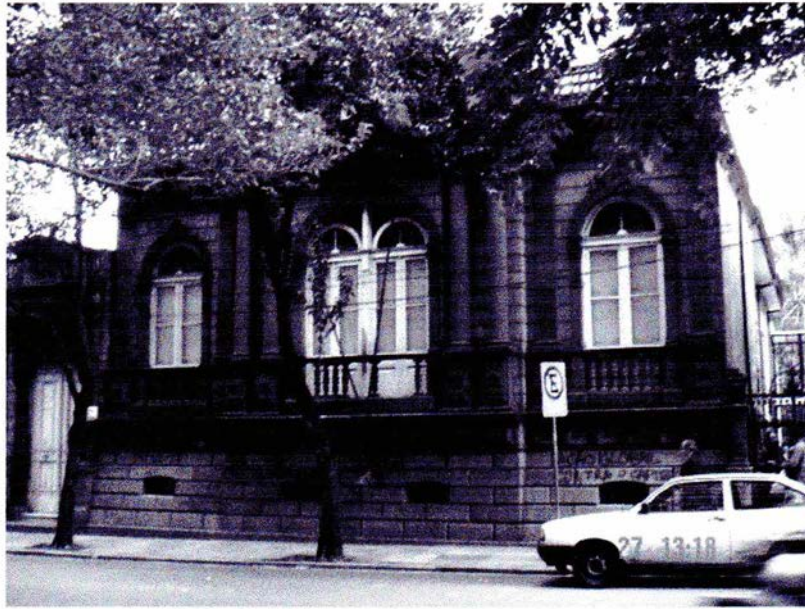


Figura 26 – Vista geral da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

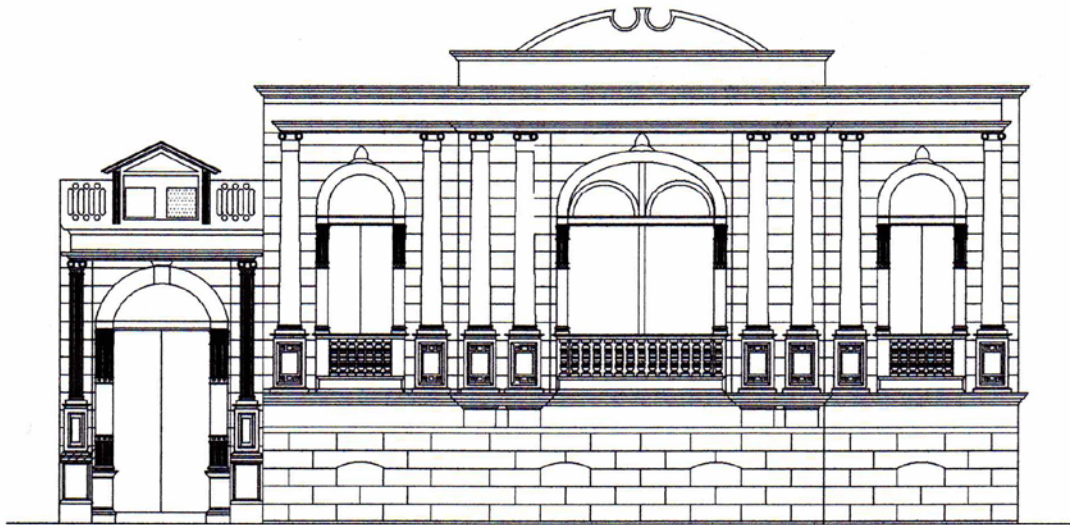


Figura 27 – Croqui em seção da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

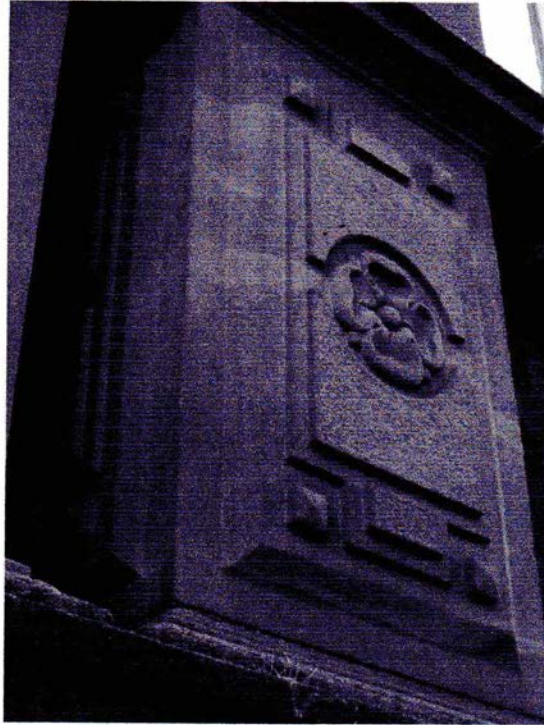


Figura 28 – Detalhe de laminação dos arenitos da fachada do museu.

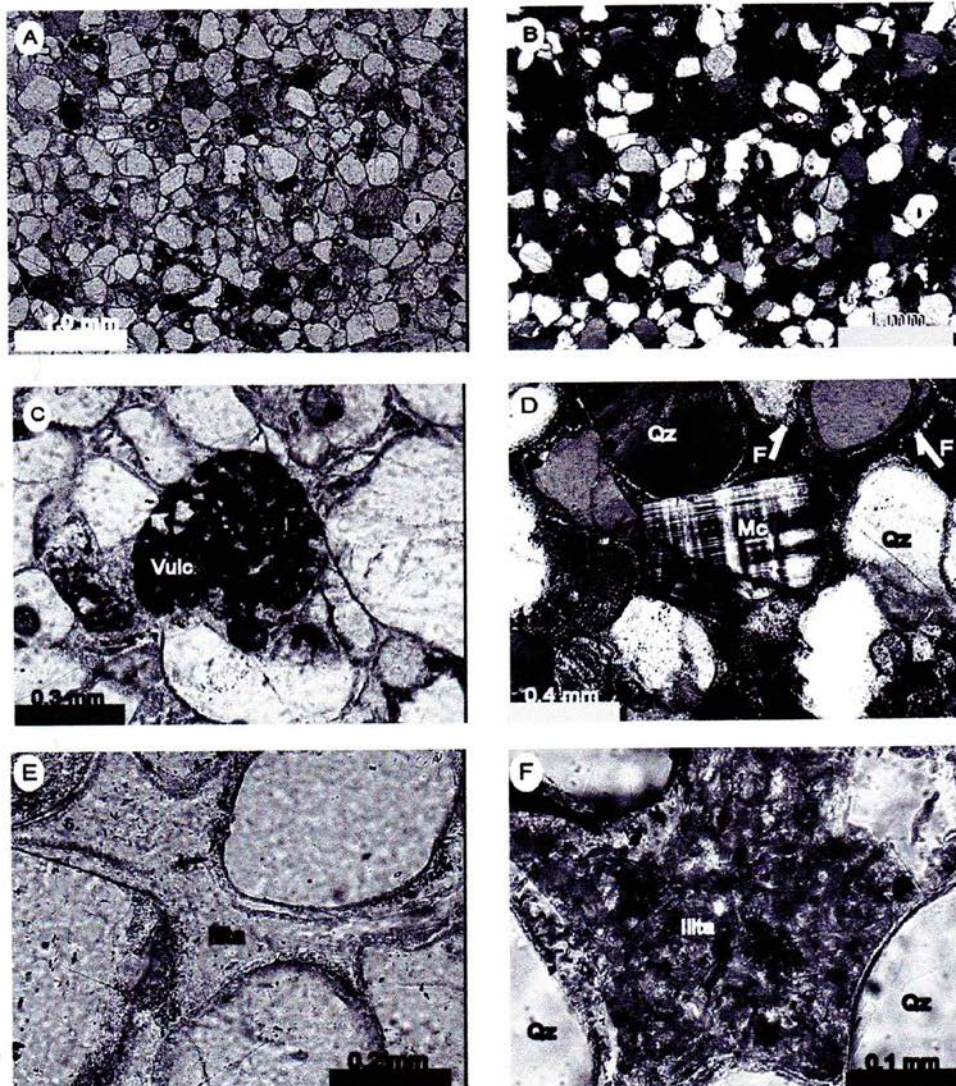


Figura 29 – Fotomicrografias ilustrando as principais feições petrográficas dos arenitos que compõem a fachada do Museu Júlio de Castilhos. a) Textura arenosa mostrando o elevado grau de seleção e arredondamento do arenito, luz natural; b) Mesma seção anterior a luz polarizada; c) Detalhe da presença de raros litoclastos de rocha vulcânica; d) Detalhe demonstrando a presença de microclínio (Mc) e a presença em torno dos grãos de uma franja de cimento silicoso (f); e) Detalhe dos grãos de quartzo envoltos por uma fina película de óxido de ferro de cor preta, por uma franja de cimento silicoso, com preenchimento quase total da porosidade da rocha por um cimento de argilo-minerais do tipo illita.

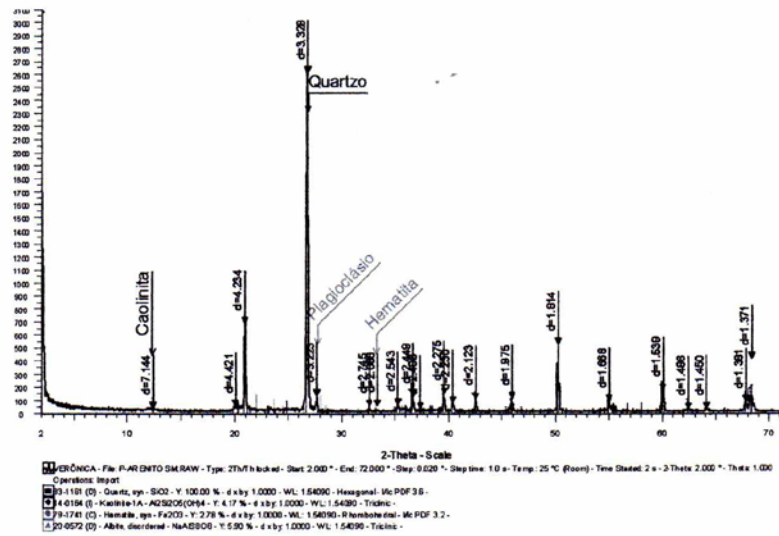


Figura 30 – Difratoograma de raios-X evidenciando a ocorrência de caolinita, quartzo, plagioclásio e hematita na amostra de pó de rocha total do arenito alterado da fachada do Museu. Radiação CuK α .

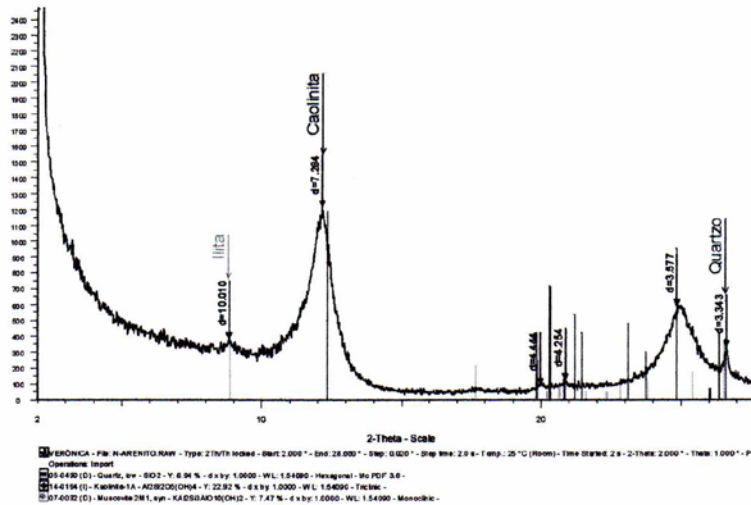


Figura 31 – Difratoograma de raios-X mostrando o padrão de difração característicos da ilita, caolinita e quartzo em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK α .

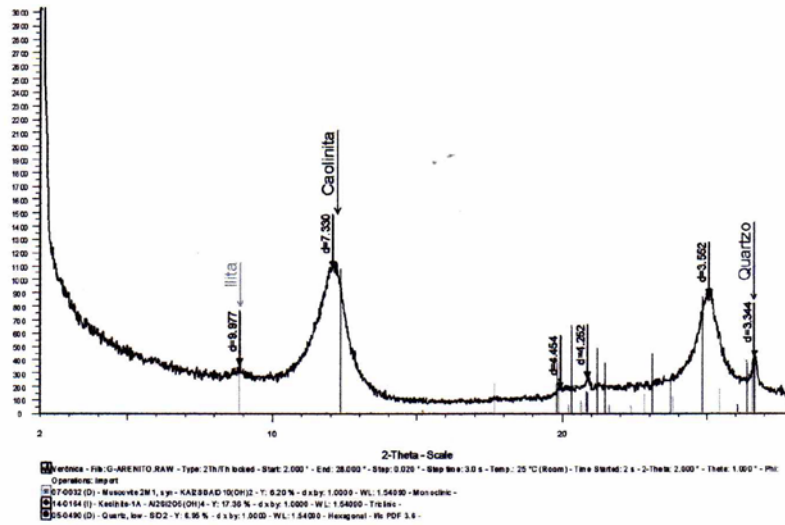


Figura 32 – Difratoograma de raios-X da mesma amostra da figura 30 evidenciando a manutenção dos picos da ilita e da caolinita após saturação em etileno-glicol em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK α .

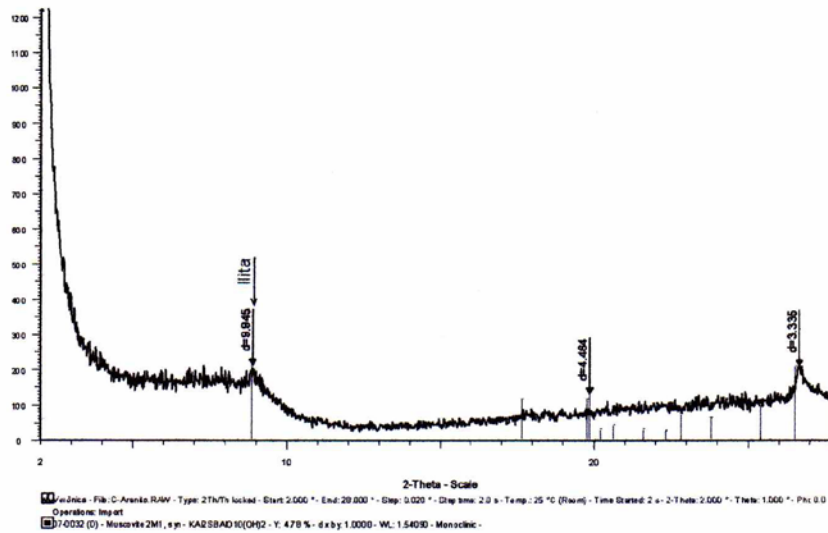


Figura 33 – Difratoograma de raios-X da mesma amostra anterior mostrando o desaparecimento dos picos da caolinita e permanência dos picos da ilita, após tratamento por calcinação a 550° C em amostra com preparação orientada natural. Radiação CuK α .

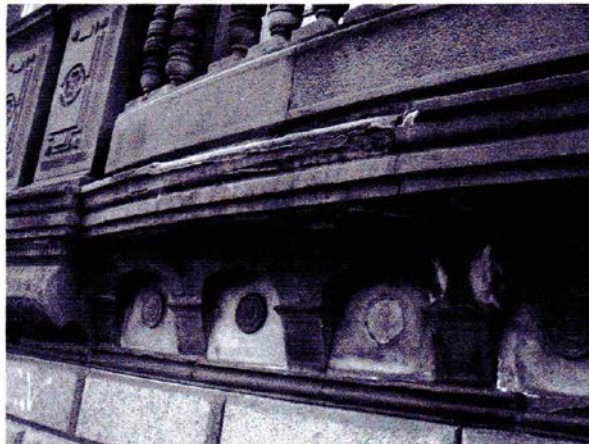


Figura 34 – Feições de deterioração da fachada do Museu Júlio de Castilhos evidenciando a fragmentação e arredondamento de face de bloco de arenito da base da sacada, no canto inferior direito nota-se a deposição de eflorescência salina de cor branca.

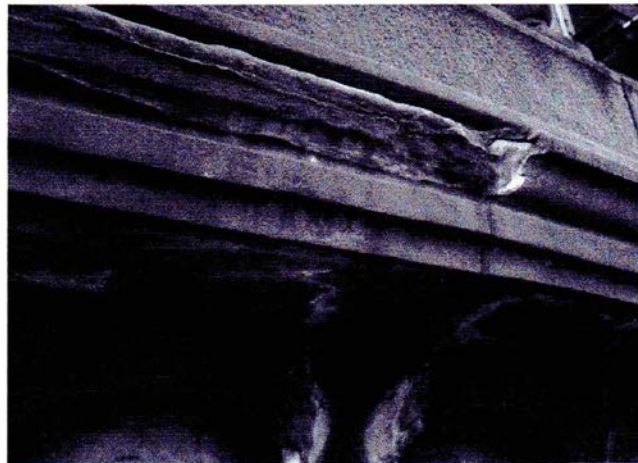


Figura 35 – Escamação de face externa de bloco de arenito com manchas brancas representando eflorescência salina decorrente da precipitação de carbonático hidratado .



Figura 36 – Feições de deterioração da fachada do museu caracterizadas pela perda de material rochoso, com arredondamento e formação de um relevo áspero.

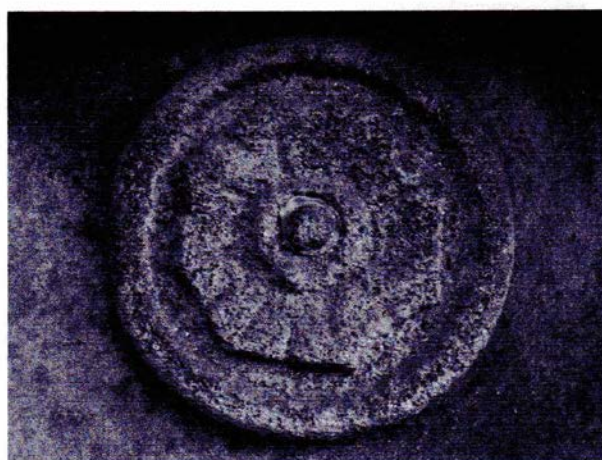


Figura 37 – Detalhe da roseta central da figura anterior evidenciando a perda de material por alteração intempérica.

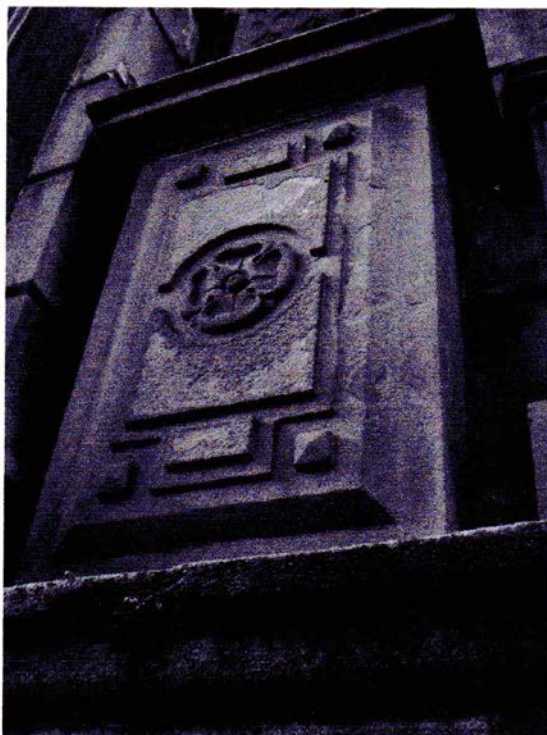


Figura 38 – Detalhe da escamação e da perda de fragmentos (flocos) da base da coluna da fachada do museu.

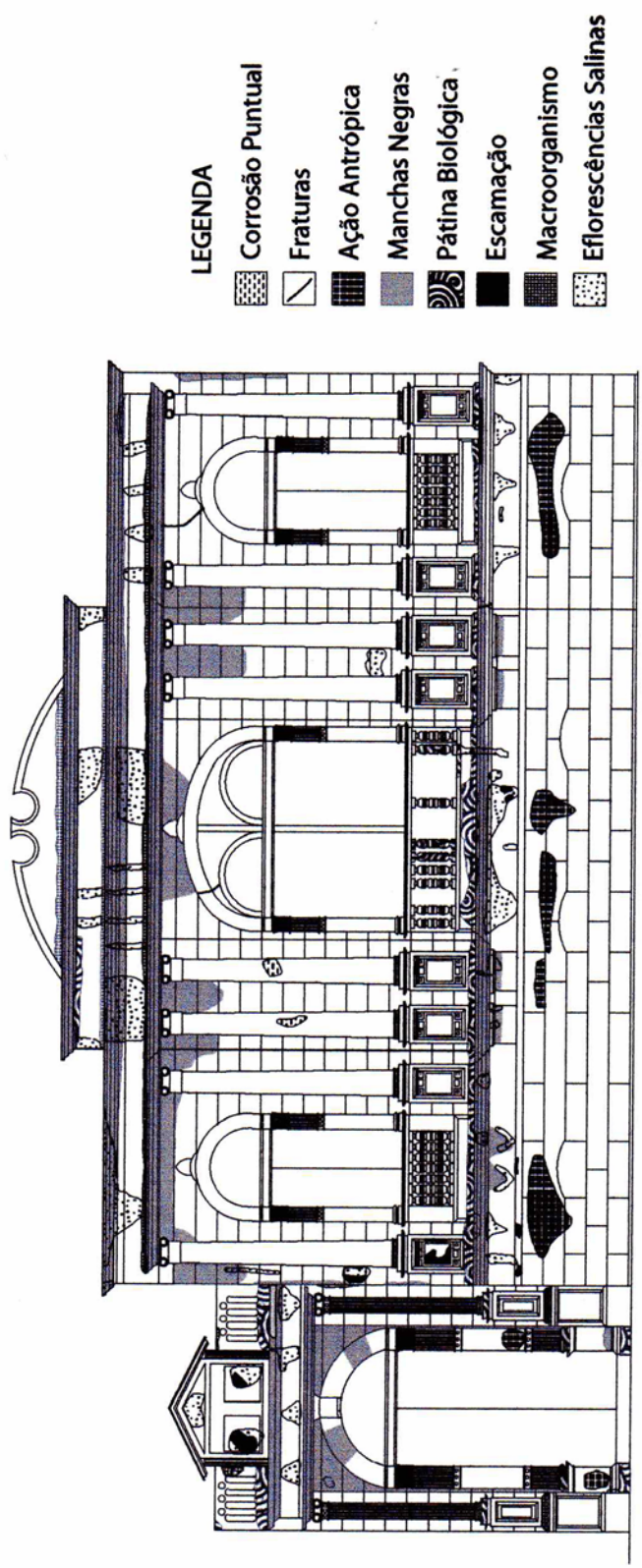


Figura 39 – Mapeamento das feições de deterioração da fachada do Museu Júlio de Castilhos.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

É de vital importância para a conservação do nosso patrimônio histórico-arquitetônico a compreensão dos mecanismos de deterioração que os atinge. Nos arquitetos que lidamos no dia-a-dia com a questão da salvaguarda de monumentos históricos necessitamos entender as patologias que os aflige.

Quando se trata das patologias dos elementos rochosos, poucos são os arquitetos que sabem quais os mecanismos de degradação atuantes na edificação, ou mesmo quais os ensaios a se requerer ao geólogo. E finalmente, quando este lhe e entregue não consegue interpretar e aplicar ao seu conhecimento na obra.

Este meu primeiro contato, bastante primário aos olhos dos geólogos, já contribuiu para um novo olhar sobre os monumentos em rochas ornamentais.

Mesmo que recém esteja principiando o contato com o vasto universo da mineralogia, posso dizer que já é possível diagnosticar melhor os problemas encontrados na rotina profissional, bem como, compreender melhor os tipos de ensaios existentes e os laudos técnicos elaborados pelos geólogos.

Estudos de caso como a fachada do Museu Julio de Castilhos e a Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre, possibilitaram vivenciar problemas comuns as rochas como o arenito e o mármore, excelentes representantes das rochas sedimentares e metamórficas dentro do campo da construção civil, uma vez que são largamente utilizadas.

A investigação dos processos intempéricos e suas patologias através de ensaios como microscopia ótica, a Difratometria de Raios-X e a microscopia eletrônica de varredura (MEV), auxiliaram na elucidação e confirmação de suposições levantadas quanto ao grau de alteração dos revestimentos estudados, diagnosticando seu tratamento e destino.

O caso da Cúpula da Catedral Metropolitana de Porto Alegre demonstra claramente o pouco conhecimento das rochas ornamentais. Apesar de algumas marmorarias e jazidas fornecerem as características tecnológicas de algumas rochas, o desconhecimento por parte do especificador (arquiteto) para interpretação destes dados e a falta de conhecimento do material em si acarretam a má especificação dos revestimentos. Conseqüentemente, o material mal especificado ira apresentar problemas de desempenho desqualificando-o diante do mercado consumidor.

A Catedral Metropolitana pagou um alto preço pela má especificação. Atualmente, seu revestimento em mármore branco nacional foi substituído por um revestimento de cobre.

Já o arenito da fachada do Museu Julio de Castilhos apresentou melhor desempenho quando comparado aos revestimentos da Cúpula da Catedral. Agora conhecendo o material podemos entender o por quê desta constatação e quais as variantes que deveriam ter sido evitadas para que o arenito empregado tivesse uma vida útil maior. A identificação da rocha fonte e da localização de pedreiras em exploração permitem a confecção e substituição das porções deterioradas e possibilitam a recuperação total da fachada do Museu Julio de Castilhos.

Estas informações servem não apenas para diagnosticar prédios históricos, mas também elaborar projetos para novas edificações, as quais dentro de um projeto bem feito estará livre das variantes que já se sabe que serão danosas a conservação da nova edificação.

Referências Bibliográficas

CARTA DE VENEZA. 1964. **Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Veneza, 4p. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixa/Fcdanexo.do?id=236> Acesso em: 06 julho de 2006.

CARVALHO, Ayrton 1942. **Algumas notas sobre o uso da pedra na arquitetura religiosa do Nordeste**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo; Universidade de São Paulo; Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Ministério da Educação e Cultura.

CHOAY, F. 2001. **A Alegoria do Patrimônio**. São Paulo, Editora UNESP, 282 p.

KÜHL, B. M. 2000. Viollet-le- Duc e o Verbete Restauração. In: VIOLLET-LE-DUC, E. E. **Restauração**. Cotia Ateliê Editorial, p10.

VIOLLET-LE-DUC, E. E. **Restauração**. Cotia: Ateliê Editorial, 2000. 72p.

WEIMER, Günter. **A vida cultural e a arquitetura na República Velha rio-grandense 1889-1945**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 327 p.

ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
revista Pesquisas em Geociências

Porto Alegre, 13 de março de 2006

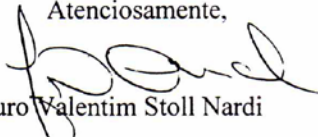
Ilma. Sra.
Verônica Di Benedetti
PPGGEO Neste Instituto

Prezada Colega:

Em nome da Comissão Editorial da Revista PESQUISAS EM GEOCIÊNCIAS, vimos comunicar que o artigo Benedetti, V. D. & Philipp, R.P. Análise e avaliação dos problemas existentes no revestimento da cúpula da catedral metropolitana de Porto Alegre, RS. - será aceito para publicação, uma vez atendidas as recomendações do consultor enviadas em anexo. A versão final, revisada e aceita para publicação deverá ser enviada em cópia em papel (1) e em meio eletrônico (preferentemente CD ou disquete 3.5 HD), com conteúdo idêntico; - remeta os arquivos de figuras em disquete separado ou no mesmo CD; - assegure-se de que os disquetes não contenham vírus; - a versão final deve ser processada em Microsoft Word, em formato PC; - a etiqueta dos disquetes ou CD deve conter: título da revista, nome dos arquivos contidos no disco, tipo de hardware (PC ou Mac) e de software (nome e versão) utilizados. Devolver, também a cópia com as correções assinaladas pelo revisor.

Agradecendo sua participação enviamos nossas cordiais saudações.

Atenciosamente,



Lauro Valentim Stoll Nardi
editor-chefe

Caixa de Entrada
 Compor
 Pastas
 Pesquisar
 Filtros
 Agenda
 Notas
 Abrir
 Caixa de Entrada

Tarefas
 Contatos
 Opções
 Ajuda
 Sair

Espaço Utilizado: 20% de 50 MB

Caixa de Entrada: Acusando recebimento de artigo (108 de 125)

Marcar como: Mover | Copiar | Esta mensagem para Retornar para Caixa de Entrada

 Excluir | Responder | Responder a Todos | Encaminhar | Redirecionar | Ver Discussão | Endereços Bloqueados |

 Endereços Liberados | Código Fonte da Mensagem | Salvar como | Imprimir

Data: Mon, 26 Jun 2006 20:32:59 +0000 [26-06-2006 17:32:59 BRT]

De: Revista brasileira geociências <secretariarbg@yahoo.com.br>

Para: ruy.philipp@ufrgs.br

Assunto: Acusando recebimento de artigo

Parte(s): Baixar todos anexos (em arquivo .zip)

Cabeçalhos: Exibir Todos os Cabeçalhos

Partes alternativas para esta seção:

 sem nome [text/plain] 1,00 KB

Clique em AQUI para ver o conteúdo HTML em uma janela separada.

Curitiba, 26 de novembro de 2004.

DO: Editor da RBG
PARA: Ruy Paulo Philipp

Referente Trabalho:

Ruy Paulo Philipp & Verônica Di Benedetti	Análise e avaliação da deterioração do revestimento de mármore da cúpula da Catedral metropolitana de Porto Alegre, RS: problemas de execução do projeto e/ou material inadequado.
---	--

Prezados Autores,

Informamos que o artigo supra mencionado foi recebido pelos editores da Revista Brasileira de Geociências no dia 26/06/2006, o qual será encaminhado para 2 consultores *ad doc* para análise e parecer. Aproveitamos a oportunidade para agradecer ao(s) autor(es) supra citado(s) pela escolha Revista Brasileira de Geociências para submeter e publicar o trabalho em epígrafe.

Atenciosamente,

Alberto Pio Fiori
Editor Chefe da RBG

Abra sua conta no Yahoo! Mail - 1GB de espaço, alertas de e-mail no celular e anti-spam realmente eficaz.

Excluir | Responder | Responder a Todos | Encaminhar | Redirecionar | Ver Discussão | Endereços Bloqueados |

 Endereços Liberados | Código Fonte da Mensagem | Salvar como | Imprimir

Marcar como: Mover | Copiar | Esta mensagem para Retornar para Caixa de Entrada