

Estudo e avaliação do ciclo de vida do ambiente construído: uma análise sobre as possíveis manifestações patológicas que afetam edificações**Study and evaluation of the life cycle of the built environment: an analysis about possible pathological manifestations affecting buildings**

DOI:10.34117/bjdv6n9-483

Recebimento dos originais: 19/08/2020

Aceitação para publicação: 21/09/2020

Lara de Paula Werneck

Graduanda em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais. Endereço: Avenida Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3,
Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte- MG. Brasil.
E-mail: lara_werneck2010@hotmail.com

Tatiana Aparecida Costa

Graduanda em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia
Universidade Católica de Minas Gerais. Endereço: Avenida Dom José Gaspar, 500 - Prédio 3,
Bairro Coração Eucarístico/Belo Horizonte- MG. Brasil.
E-mail: tatiana.costa2@gmail.com

Bruno Christiano Silva Ferreira

Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Departamento de Física e
Química - Instituto de Ciências Exatas e Informática
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: brunocrhis@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho se propõe a um estudo de caso realizado nos prédios da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas - Unidade Barreiro. Através de inspeção visual e ensaios laboratoriais foram identificadas manifestações patológicas, caracterizadas como químicas, existentes nos sistemas estruturais da Unidade. Os problemas, detectados, que ocorreram com maior incidência foram: Eflorescências; Carbonatação; Ataques por Sulfato; Ataques por Cloreto. Assim, pôde-se sugerir as possíveis causas e consequências destas anomalias. Diante do que foi exposto, constatou-se que os danos poderiam ser menores se a Unidade não estivesse inserida em uma região industrial e densamente povoada do estado de Minas Gerais. Observa-se que, as construções da Universidade estão expostas à diversos contaminantes liberados na atmosfera por indústrias em seu entorno.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Diagnóstico. Reagentes Químicos.

ABSTRACT

This work show a study carried out in the buildings of the Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas - Barreiro campus. Through visual inspection and laboratory tests,

pathological manifestations were identified, characterized as chemical. The problems detected that occurred with higher incidence were: Efflorescences; Carbonation; Sulfate attacks; Chloride attacks. Thus, it was possible to suggest the possible causes and consequences of these pathologies. In view of what was exposed, it was found that the damage could be minor if the campus was not in an industrial and densely populated region of the state of Minas Gerais. It is observed that the university's buildings are exposed to various contaminants released into the industrial atmosphere.

Keywords: Pathological Manifestations. Diagnosis. Chemical Reagents.

1 INTRODUÇÃO

A ABNT NBR 15575-2/ (2013) preconiza que, edificações devem atender durante a sua vida útil de projeto, sob as diversas condições de exposição, como: ação do peso próprio, sobrecargas de utilização, atuações do vento entre outros aspectos. De maneira análoga, ao verificar a viabilidade do projeto, é necessário analisar aspectos que possam levar patologias a afetarem a edificação durante a sua vida útil.

Segundo Ferreira (2010), ao longo da vida de um edifício são, frequentemente, detectadas insuficiências ou desajustamentos do seu desempenho, face aos requisitos a que deveria obedecer. Estas insuficiências podem ser originadas no próprio edifício, devidos a erros de projeto ou de execução (Carneiro, 2019). Por outro lado, Lapa (2008) afirma que, a velocidade com que o mercado da construção civil se expandiu acabou incentivando a adoção de técnicas construtivas não eficazes, além de obrigar a contratação de mão-de-obra de baixa qualificação. Os problemas decorrentes dessa combinação de fatores não tardaram a aparecer e foram agravados durante as últimas décadas, devido à crise econômica, muitas das obras não passaram por manutenção adequada ou passaram buscando prolongar sua vida útil.

De acordo com Zuchetti (2015), as manifestações patológicas nas edificações não acontecem de forma isolada e sem motivo, geralmente têm origem relacionada a algum erro cometido em ao menos, uma das fases do processo de concepção de uma edificação. Neste cenário, é importante o conhecimento da origem do problema e o histórico da construção para que se possa apontar em que fase do processo aconteceu o erro que veio a gerar determinada manifestação patológica. Lottermann (2013) destaca que, manifestações patológicas referentes às fases de planejamento, projeto, fabricação e construção surgem em um período inferior a dois anos. Porém, durante a utilização, os problemas podem aparecer depois de muitos anos.

É comum o surgimento de patologias químicas em edificações de concreto e esta problemática se dá por diversos fatores. Holanda (2015) sugere que, as causas químicas da deterioração do concreto podem ser agrupadas em três categorias:

- Hidrólise dos componentes da pasta de cimento por água pura;
- Trocas iônicas entre fluidos agressivos e a pasta de cimento;
- Reações causadoras de produtos expansíveis, tais como expansão por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão da armadura no concreto.

Diante desse contexto, surge a necessidade de avaliar o desempenho de edificações de acordo com o seu ciclo de vida. E, assim, propor soluções técnicas poderão melhorar os processos construtivos.

Este trabalho teve como objetivo um estudo de caso realizado nos prédios da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas - Unidade Barreiro. Através de inspeção visual e ensaios de laboratório foi possível identificar manifestações patológicas, caracterizadas como químicas, existentes no sistema estrutural em concreto pré-moldado dos edifícios da Unidade. Ressalta-se que, não fez parte do objetivo entrar no mérito da qualificação e da atuação dos profissionais, assim como das empresas que participaram dos projetos e execução, sendo o único foco o diagnóstico das manifestações patológicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo foram feitas pesquisas em literatura existente que destacam a respeito das manifestações patologias em elementos estruturais, como os seus tipos e seus comportamentos. Além disso, fez-se um estudo de caso envolvendo análises visuais e laboratoriais com amostras coletadas, de forma a verificar se o sistema construtivo apresentava as seguintes patologias: Eflorescências; Carbonatação; Ataques por sulfato; Ataques por cloreto. Este método é considerado rico sob o ponto de vista técnico-científico e pode ser executado para apresentar análises e soluções para a problemática de manifestações patológicas em edificações escolares.

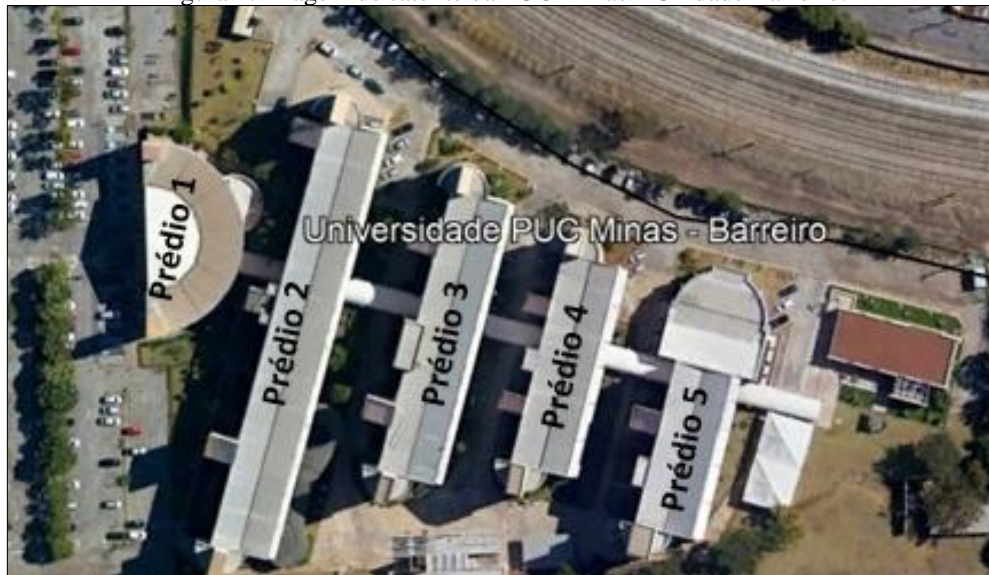
2.1 ESCOLHA DO LOCAL EM ANÁLISE

O critério de escolha entre as Unidades da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas - partiu da semelhança arquitetônica e estrutural entre os prédios e a diferença de tempo da execução dos edifícios. Assim, o prédio denominado como 1 foi o primeiro a ser planejado e executado e o prédio 5, o último.

A Unidade Barreiro da PUC Minas, conta com área construída de aproximadamente 31.433 m² e um perímetro de 898 m. Dentre as edificações da Unidade estão cinco prédios, cerca de noventa salas de aula, onze laboratórios e biblioteca (com acervo aproximado de 75 mil obras, entre livros, teses, dissertações, entre outras publicações).

A Figura 1 mostra a imagem aérea da Unidade Barreiro.

Figura 1: Imagem de satélite da PUC Minas – Unidade Barreiro.



Fonte: Google Earth - Adaptado pelos autores (2020).

Segundo o site da PUC Minas, a Unidade Barreiro foi criada por meio da Portaria 080, da Reitoria, de 29 de novembro de 2001, *ad referendum* do Conselho Universitário, tendo o início de suas atividades, em fevereiro de 2002, nas instalações do Colégio São Paulo da Cruz, na região. Em 2003, a Unidade foi transferida para o prédio da Fundação Sidertube, da então V&M do Brasil e, em 2004, sua história começou a ser consolidada na sede onde hoje está instalada, na Av. Afonso Vaz de Melo, 1200, em terreno cedido, por 40 anos, pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

Conforme a infraestrutura da Universidade, cada prédio possui um número de pavimentos, sendo eles: Prédio 1 com dois pavimentos (lanchonete e Diretórios Acadêmicos). Prédio 2 com quatro pavimentos (1º andar contém a secretaria da Universidade, o setor financeiro, setor de estágio, auditório denominado como 2 e biblioteca; demais andares contém salas de aula e laboratórios de informática). Prédio 3 com quatro pavimentos (1º andar contém sala dos professores, salas de dedicação e laboratórios; demais andares contém salas de aula); Prédio 4 com quatro pavimentos (1º andar contém o setor administrativo da Universidade, enfermagem, demais andares contém salas de aula); Prédio 5 com cinco pavimentos (1º andar contém o auditório denominado como principal e laboratórios; demais andares contém salas de aula). Foi informado, também, que todos os prédios têm edificação constituída por estrutura em concreto pré-moldado (pilares, vigas, lajes maciças e escadas), vedação interna constituídas em Drywall e alvenaria externa convencional. E, sempre que necessário, manutenções são feitas nos prédios da Unidade.

A Figura 2 apresenta a imagem externa da Unidade Barreiro.

Figura 2: PUC Minas – Unidade Barreiro.



Fonte: PUC Minas (2019).

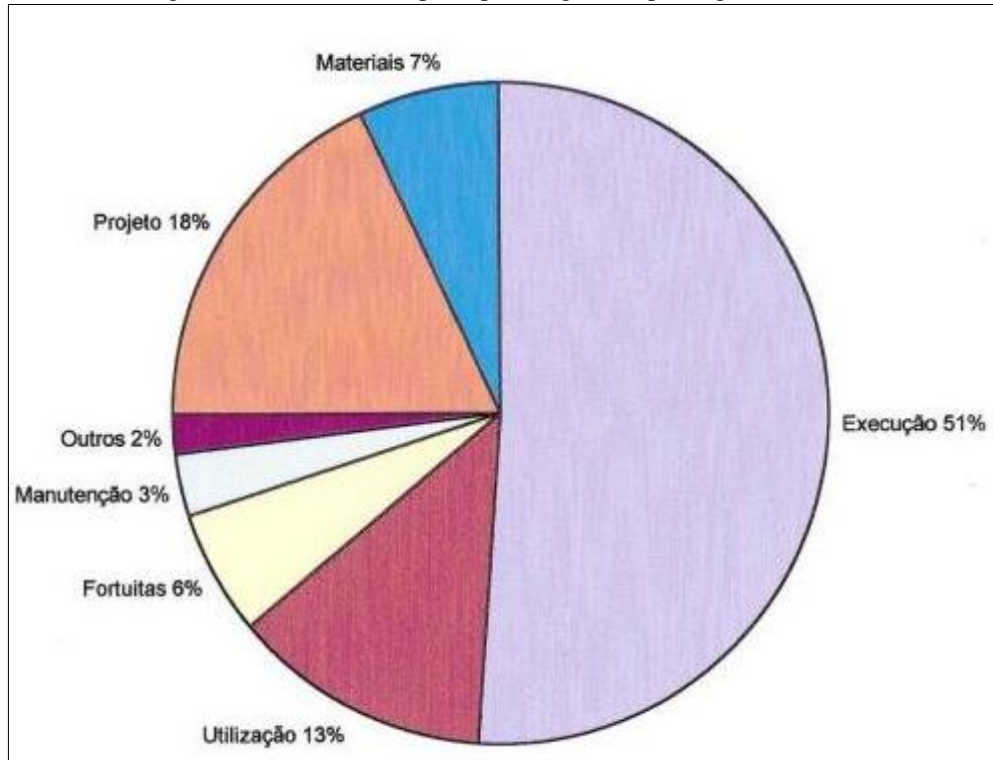
2.2 PREMISSAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Segundo Ferreira (2010), diagnosticar num elemento construído, não é mais do que detectar e determinar uma falha que ocorra num determinado local. Mas, sim, é identificar as causas que estiveram na origem do problema e prevenir consequências futuras.

Para identificar se o ambiente apresentava manifestações patológicas foi necessário realizar inspeções visuais e laboratoriais. Inicialmente determinou-se os pontos da Unidade que seriam usados como objetos de análise para este trabalho. Adiante, procurou-se entender as manifestações patológicas e suas possíveis causas. Assim, foi possível avaliar os fatores que deram origem a manifestações patológicas na Universidade.

A Figura 3 mostra as principais origens de patologias no Brasil.

Figura 3: Gráfico com as principais origens de patologias no Brasil.



Fonte: Silva e Jonov (2011).

Devido à complexidade para determinar o comportamento de cada patologia, sua investigação requer simplificações. Adotou-se dois métodos gerais para a identificação das manifestações patológicas, objeto deste estudo. Um dos métodos utilizados foi vistorias.

A primeira vistoria consistiu na verificação dos efeitos das anomalias existentes nos prédios 2, 3, 4 e 5 da Unidade. O objetivo foi identificar, fotografar e descrever as manifestações patológicas existentes no sistema estrutural.

Houve, ainda, uma segunda vistoria que consistiu em encontrar locais que houvesse concreto exposto nos prédios 2, 3, 4 e 5 da Unidade. Desta forma, coletou-se amostras para teste laboratoriais que reside como o segundo método adotado nesse trabalho. O segundo método será apresentado nos tópicos a seguir.

2.3 ENSAIOS LABORATORIAIS

Para determinar as possíveis causas das anomalias identificadas nos prédios, objetos de estudo deste trabalho, fez-se ensaios de laboratório para determinação de Carbonatação, Ataques por sulfato, Ataques por cloreto. As manifestações patológicas, caracterizadas como químicas, mais evidentes foram: Eflorescências; Carbonatação; Ataques por sulfato; Ataques por cloreto.

2.3.1 Verificação de Formação de Depósitos Cristalinos no Elemento Estrutural

Conforme Lama (2007), eflorescência, ou a cristalização de sais, é um processo que consiste na migração da umidade da parede externa para a interna, levando consigo sais solúveis. Como decorrência deste processo, aparecem manchas que afloram à superfície, alterando o aspecto visual do revestimento. O autor afirma, também, que as fases dominantes no processo são os sulfatos. O sulfato de cálcio, gipsita, é encontrado em ambientes urbanos e é considerado um fator de deterioração significativa. O ânion sulfato pode ser fornecido pelos poluentes atmosféricos, por soluções ascendentes a partir das fundações das construções ou da dissolução e da exsudação de cimento e argamassa, sendo neste caso também uma fonte importante de cálcio.

Para evidenciar a presença de eflorescência nos prédios da Unidade fez-se necessária a realização de vistorias em pontos que apresentaram indícios de umidade.

A Figura 4 mostra a formação de depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície do revestimento. Por consequência, denota-se esta manifestação como eflorescência.

Figura 4: Parede com formação de depósitos cristalinos.



Fonte: Autores (2019).

2.3.2 Verificação de Carbonatação na Estrutura de Concreto através de Fenolftaleína

Pauletti (2007) declara que, a carbonatação é o fenômeno em que o pH de materiais cimentícios é reduzido. Ocorre pela reação físico-química entre os compostos hidratados do cimento e o CO_2 da atmosfera. Semelhante a isso, Werle (2011) enaltece que, a reação básica de carbonatação consiste na combinação do CO_2 , que se encontra dissociado em meio aquoso, dentro dos poros do concreto, com o Ca(OH)_2 , que também está dissociado neste mesmo ambiente. Essa interação entre os elementos resulta na formação de CaCO_3 (carbonato de cálcio) e H_2O (água), de acordo com a reação expressa na equação 1.



Em conformidade com Almeida (2015), o concreto no seu processo de cura varia o pH de 12 a 14, ou seja, tem um grau elevado de alcalinidade. Ao passar o tempo, o pH do concreto diminui devido a presença de umidade e não oferece a mesma proteção inicial a ferragem.

Por consequência, para que seja possível identificar se um sistema está em processo de carbonatação, é preciso aplicar fenolftaleína na estrutura física que deseja avaliar. Desta forma, a fenolftaleína mantém-se incolor em soluções ácidas e torna-se cor-de-rosa em soluções básicas. A sua cor muda a valores entre pH 8,2 e pH 9,8.

A Figura 5 elucida um corpo-de-prova com a aplicação de fenolftaleína e expressa as zonas que estão carbonatadas e as que não estão.

Figura 5: Fenolftaleína em corpo-de-prova.



Fonte: Autores (2019).

A Universidade está localizada em uma região altamente industrial, o que influencia na exposição de agentes químicos causadores de patologias. Foram escolhidos alguns pontos da Unidade, onde houvesse concreto exposto, para a verificação de carbonatação. Foi aspergida sobre os pontos analisados solução de fenolftaleína a 3%, com o intuito de observar a possível acidificação do concreto, causada pela carbonatação.

A Figura 6 aponta que houve carbonatação sobre um dos pontos escolhidos para teste. Uma vez que, a aplicação de fenolftaleína na superfície não obteve coloração rosada.

Figura 6: Carbonatação no concreto exposto.



Fonte: Autores (2019).

2.3.3 Determinação do Ataque por Sulfatos em Peças de Concreto

Mazer (2014) diz que, o ataque por sulfatos se dá por um mecanismo de deslocamento interno de uma frente de ataque. O processo completo de deterioração do concreto pelo ataque de sulfatos dá-se da seguinte forma:

- a. Difusão dos íons agressivos para o interior da matriz cimentícia, que é função da porosidade e permeabilidade;
- b. Reações químicas entre o íon sulfato e certos constituintes hidratados do cimento (portlandita, monossulfoaluminato e outros aluminatos hidratados) formando espécies químicas que resultam em expansão;
- c. Fissuração da matriz, algumas vezes associada à reação química de descalcificação do *C-S-H*, resultando em perda de resistência e desintegração (MAZER 2014, p. 2).

O referido autor também ressalta que, são três as reações que basicamente descrevem o ataque por sulfatos, que são elas:

- a. Combinação de íons sulfato com o hidróxido de cálcio livre e/ou *C-S-H*, produzidos pela hidratação do cimento Portland, formando gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$);
- b. Combinação do gesso e aluminatos hidratados de cálcio com o monossulfato hidratado, formando etringita ($C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 2H_2O$);
- c. A combinação do gesso e carbonatos de cálcio com o *C-S-H*, formando taumasita ($CaCO_3 \cdot CaSiO_3 \cdot CaSO_4 \cdot 15H_2O$). (MAZER 2014, p. 3).

Um dos danos causado pelo ataque de sulfato na estrutura de concreto são as fissuras, uma vez que, o concreto exposto facilita com que o sulfato adentre em seus poros. A fim de se realizar a determinação de sulfatos na estrutura, promoveram-se ensaios com amostras coletadas na Universidade.

A Figura 7 demonstra uma fissura causada possivelmente por ataque por sulfato.

Figura 7: Fissura causada, possivelmente, por ataque por sulfato.

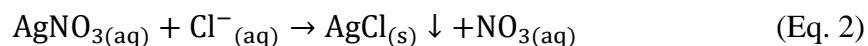


Fonte: Autores (2019).

2.3.4 Aspersão de Nitrato de Prata para Identificar os Cloretos Livres do Concreto

Em harmonia com Real (2015), os íons cloretos podem ser encontrados na matriz cimentícia de duas formas: livres (dissolvidos na água dos poros) ou combinados com o C₃A e C₄AF hidratados (produtos da hidratação do cimento) formando cloroaluminatos (sal de Friedel). Os cloretos realmente nocivos às armaduras são os livres. Entretanto, os cloretos combinados podem se tornar livres com a ocorrência de carbonatação ou devido à elevação da temperatura do concreto.

O autor diz, também, que na região que se encontra cloreto livre, ocorre a seguinte reação química, com a formação de um precipitado branco:



Porém, na presença de carbonatos há, também, formação de um precipitado branco, conforme indica a reação:



Em função disso, recomenda o uso da técnica de realcalinização do material cimentício antes da aplicação do método colorimétrico. Visto que, caso o concreto esteja carbonatado e sem

contaminação por cloretos, o ensaio irá resultar em falso positivo. De maneira a tornar este um dos motivos de dificuldade de implementação desta técnica comumente nas inspeções de campo.

A Figura 8 expõe uma amostra ensaiada com nitrato de prata para verificação de ataque por cloreto nas edificações da Unidade Barreiro.

Figura 8: Amostra com aplicação de nitrato de prata.



Fonte: Autores (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o desenvolvimento deste trabalho pode-se gerar resultados bem satisfatórios em relação as manifestações patológicas, consideradas como químicas, encontradas nos prédios da Unidade Barreiro – PUC Minas.

A seguir são apresentados os resultados e as causas mais evidentes destas anomalias.

3.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Na tabela 1, são exibidos os resultados das amostras coletadas através das vistorias e ensaios laboratoriais das manifestações patológicas nos prédios da Universidade.

Tabela 1: Incidência Patológica nos Prédios da Unidade Barreiro.

Incidência Patológica nos Prédios da Unidade Barreiro				
Prédios da Unidade	Manifestações Patológicas			
	Eflorescência	Carbonatação	Ataque por Sulfato	Ataque por Cloreto
Prédio 2	x	x	x	x
Prédio 3	x	x	-	x
Prédio 4	x	x	x	x
Prédio 5	x	x	x	x

Fonte: Autores (2020).

Analisando a Tabela 1, pode-se observar que apenas para a amostra do Prédio 3 o resultado para Ataques por Sulfato foi negativo. Desta forma, denota-se que os demais prédios foram contaminados pelas patologias em análise.

Devido a Unidade Barreiro estar localizada em uma região altamente industrial, esses aspectos se tornam agravantes. Pois, a Unidade está exposta a diversos reagentes químicos liberados na atmosfera por indústrias em seu entorno.

3.2 POSSÍVEIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Pôde-se relacionar as possíveis causas e consequências das manifestações patológicas, a partir dos resultados obtidos.

Na Tabela 2, serão apresentadas algumas das anomalias observadas.

Tabela 2: Possíveis Causas e Consequências das Manifestações Patológicas.

Possíveis Causas e Consequências das Manifestações Patológicas		
Manifestações patológicas	Possíveis Causas	Consequências
Eflorescências	Acúmulo de água e infiltrações; Alta permeabilidade do concreto; Fissuras na superfície do concreto favorecendo a entrada de água; Percolação da água; Dissolução e carreamento do hidróxido de cálcio existente no cimento por meio da ação da água; Migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.	Alteração da textura e coloração do concreto; Formação de depósitos cristalinos de cor esbranquiçada.
Carbonatação	Expansão, Fissuração, Lascamento do cobrimento, Perda de aderência entre aço e concreto; Redução da seção transversal da armadura.	Concreto exposto.
Ataques por Sulfato	Expansão do concreto; Perda progressiva de resistência e perda de massa.	Fissuras ao longo da estrutura.
Ataques por Cloreto	Matéria prima; Poluição; Percolação da água.	Fragmentação do concreto; Perda de resistência.

Fonte: Autores (2020).

Nas vistorias, foi possível identificar diversas fissuras nos elementos estruturais. Essas fissuras dispõem de consequências consideráveis ao relacionadas à durabilidade das estruturas.

Dado que, permitem a entrada de água e agentes agressivos para o interior da construção e, com isso, acarretam patologias nocivas como as identificadas neste estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das inspeções realizadas nos prédios da Universidade, foi possível observar que cada patologia possui suas peculiaridades mesmo que suas causas sejam semelhantes. Vale atentar, também, ao fato de que mesmo que manutenções sejam executadas nos prédios, quando necessário, as construções da Unidade estão expostas à diversos reagentes químicos liberados na atmosfera por indústrias em seu entorno e atividades urbanas. Sendo, assim, os materiais que compõem o sistema estrutural das edificações na Unidade Barreiro estão sujeitos a deterioração. Os autores recomendam, em futuros trabalhos, a avaliação das metodologias de execução da obra, a verificação dos projetos das edificações e os materiais utilizados, visto a necessidade de identificar se estes aspectos afetaram o ambiente construído.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (Unidade Barreiro) e às Ligas Acadêmicas da Engenharia Civil (LAEC), em especial à Liga Acadêmica de Estruturas (LAE), pelo apoio e incentivo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N.H. Determinação do pH em Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-2: Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais: ABNT, 2013.

CARNEIRO, J. S., ARAÚJO, R. S., GIMARÃES, M. S., SOUZA, T. R. S., Identificação das manifestações patológicas do palácio episcopal de Caxias/MA. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, V. 5. N. 4, 2019.

FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida. Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira. Técnicas Preventivas e de Recuperação de Estruturas de Concreto. Universidade Estadual da Paraíba, 2015.

LAMA, Eliane Aparecida Del; ANDRADE, Fábio Ramos Dias de; KIHARA, Yushiro; TIRELLO, Regina Andrade. **Estudo de Eflorescências em Pinturas Murais de Fulvio Pennacchi**. Preservação Cultural (CPC) da Universidade de São Paulo (USP), 2007.

LAPA. José Silva. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

LOTTERMANN, André Fonseca. Patologias em Estruturas de Concreto: Estudo de caso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Ijuí/RS, 2013.

MAZER, W.; MACIOSKI, G.; SOTO, N.; BAETTKER, E. Determinação do teor de íons sulfato em estruturas de concreto. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, COBEQ, 2014.

PAULETTI, Cristiane; POSSAN, Edna; MOLIN, Denise Carpena Coitinho Dal. Carbonatação acelerada: estudo das artes das pesquisas no Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

PONTIFÍCIA UNIVERCIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Mapas: consulta espacial georreferenciada: imagem de satélite - PUC Minas – Unidade Barreiro. Disponível em: Google Earth website. <http://earth.google.com/>. Acesso em: 08 de junho de 2020.

PUC Minas. “Unidade Barreiro comemora 15 anos”, 2019. [Internet]. Disponível em <<https://www.pucminas.br/unidade/barreiro/sala-imprensa/noticias/Paginas/Unidade-Barreiro-comemora-15-anos-.aspx>>. Acesso em 21 de dezembro de 2019.

PUC Minas. “PUC Informa”, 2019. [Internet]. Disponível em <http://www1.pucminas.br/pucinforma/pucinforma2.php?codigo=2295&_ga=2.64244396.2007064347.1568634107-1431002593.1513854206>. Acesso em 21 de dezembro de 2019.

REAL, L. V.; OLIVEIRA, D. R. B.; SOARES, T.; MEDEIROS, M. H. F. Método colorimétrico por aspersão de nitrato de prata para avaliação da penetração de cloretos em concreto: estado da arte. Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil, 2015.

SILVA A. P., JONOV C.M.P. Curso de especialização em construção civil. Departamento de engenharia de materiais e construção. Minas Gerais, 2011. (Notas de Aula). Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/adriano/Manifest_%20Pat_2016.pdf>. Acesso em 16 novembro de 2020.

WERLE, Ana Paula; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza; KULAKOWSKI, Marlova Piva. Carbonatação em Concretos com Agregados Reciclados de Concreto. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2011.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. Patologias da Construção Civil: Investigação Patológica em Edifício Corporativo de Administração Pública no Vale do Taquari/RS. Centro Universitário UNIVATES, 2015.