

**Levantamento técnico dos problemas patológicos dos edifícios da UEMG - Unidade de
João Monlevade: efeitos e condutas de intervenções**

**Technical survey of the pathological problems of UEMG buildings - João Monlevade
unit: effects and intervention conducts**

**Estudio técnico de los problemas patológicos de los edificios UEMG - Unidad João
Monlevade: efectos y conductas de intervención**

Recebido: 25/05/2020 | Revisado: 04/06/2020 | Aceito: 12/06/2020 | Publicado: 25/06/2020

Ladir Antônio da Silva Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0193-7060>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: ladir@hotmail.com

Iasmim Vita Pôncio de Lacerda Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8167-6605>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: iasmim_vita@hotmail.com

Sarah Drumond Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5616-3456>

Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil

E-mail: sarinah_drumond@yahoo.com.br

Resumo

O presente artigo tem como objetivo apresentar o levantamento técnico dos principais problemas patológicos dos edifícios da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade João Monlevade. Para isso, buscou-se realizar um levantamento das principais patologias existentes nas edificações da unidade, apontando as principais causas e efeitos dos problemas patológicos, de acordo com a literatura técnica. Os problemas patológicos foram analisados seguindo os três passos básicos de uma metodologia de análise proposta por Lichtenstein, que consistem em: levantamento de subsídios, diagnóstico e definição de conduta. Foram realizadas vistorias nas edificações, como também ensaios não destrutivos para a verificação da degradação do concreto devido a carbonatação e ensaio de esclerometria para definição da dureza superficial do concreto e estimar sua resistência mecânica à compressão. Além dos ensaios não destrutivos, também foi determinada a flecha máxima de alguns sistemas

de pisos, para maior esclarecimento dos fenômenos ocorridos. Logo após as vistorias, foram analisados os dados coletados, relacionando suas causas e medidas de correção e reparo para cada tipo de manifestação patológica em análise, sendo as principais: fissuras na alvenaria, deformações excessivas de sistemas de piso, carbonatação, corrosão do aço em elementos de concreto armado e infiltrações. Com uma visão geral da análise de todos os problemas patológicos, verificou-se que a maioria das anomalias foram decorrentes de erros de execução e/ou projetos, aliados à falta de manutenção preventiva dos elementos dos edifícios.

Palavras-chave: Patologia; Fissura; Infiltração; Carbonatação.

Abstract

This article has the objective to present a technical survey of building pathologies from Universidade do Estado de Minas (UEMG) – Unit João Monlevade. Pathological problems of the buildings were surveyed and the main causes and effects were pointed out according to technical literature. The pathologies were analyzed using the three basic steps of a methodology proposed by Lichtenstein, which consists of information collection, diagnosis and conduct definition. Building inspections, non-destructive tests to verifying the concrete degradation due to carbonation, Schmidt hammer test to determining the mechanical strength of the concrete were carried out. Besides the non-destructive tests, the maximum deflection of some system floors was determining to better understanding the occurred phenomena. The data collected in the survey were analyzed and the causes, correction and repair measures were defined to each studied pathology. The main identified pathologies were fissures in the masonry, excessive deformation of the system floors, carbonation, steel corrosion of reinforced concrete and infiltrations. An overview of the pathological problem analyses provides the confirmation that the most anomalies were associated to execution and/or design errors, allied to the lack of preventive maintenance of building elements.

Keywords: Pathology. Fissure; Infiltration; Carbonation.

Resumen

Este artículo tiene el objetivo de presentar un estudio técnico de patologías de construcción de la Universidade do Estado de Minas (UEMG) - Unidad João Monlevade. Los problemas patológicos de los edificios fueron estudiados y las principales causas y efectos fueron señaladas de acuerdo con la literatura técnica. Las patologías fueron analizadas utilizando los tres pasos básicos de una metodología propuesta por Lichtenstein, que consiste en recopilación de información, diagnóstico y definición de conducta. Inspecciones de los edificios, ensayos no

destrutivos para verificar la degradación del hormigón debido a la carbonatación y ensayo de martillo de Schmidt para determinar la resistencia a compresión del hormigón fueron realizados. Además de los ensayos no destructivos, la deflexión máxima de algunos pisos fue determinada para comprender mejor los fenómenos ocurridos. Los datos obtenidos en lo estudio fueron analizados y se definieron causas, medidas de corrección y reparación para cada patología estudiada. Las principales patologías identificadas fueron fisuras en la mampostería, deformación excesiva de los pisos, carbonatación, corrosión del acero de refuerzo de concreto e infiltraciones. Una visión general de los análisis de problemas patológicos proporcionó la confirmación de que la mayoría de las anomalías se asociaron a errores de ejecución y/o diseño, junto con la falta de mantenimiento preventivo de los elementos de los edificios.

Palabras clave: Patología; Fisura; Infiltración; Carbonatación.

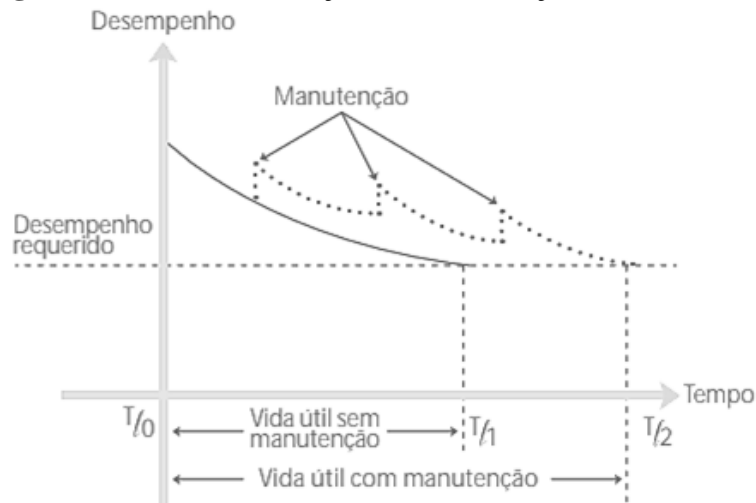
1. Introdução

O crescimento e desenvolvimento construtivo, aconteceu juntamente com o estudo e análise de alguns erros que acompanhavam as obras. Logo, subentenderam que as maneiras de construir e os novos materiais contribuíram para a recorrências dessas falhas. Esses defeitos começaram a ser estudados com o objetivo de encontrar as causas e as maneiras de solucioná-las.

As patologias das estruturas estudam as origens, causas, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas que acontecem nas construções. Esses problemas ocorrem durante a vida útil da edificação e que de alguma forma podem prejudicar o desempenho do edifício (Souza & Ripeer, 1998).

De acordo com a NBR 15575-1/2013: Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013), a Vida Útil (VU) é o período em que a estrutura se presta às atividades a qual foi projetada, atendendo seu nível de desempenho. Já Vida Útil de Projeto (VUP) é o tempo estimado para qual a estrutura é projetada. Atendendo aos requisitos de desempenho estabelecidos na norma, supondo atendimento da manutenção periódica pois, caso contrário, a VUP pode não ser atingida (ABNT, 2013). A Figura 1 representa graficamente a relação entre o desempenho em função do tempo com e sem ações de manutenção.

Figura 1: Influência das ações de manutenção em uma edificação.



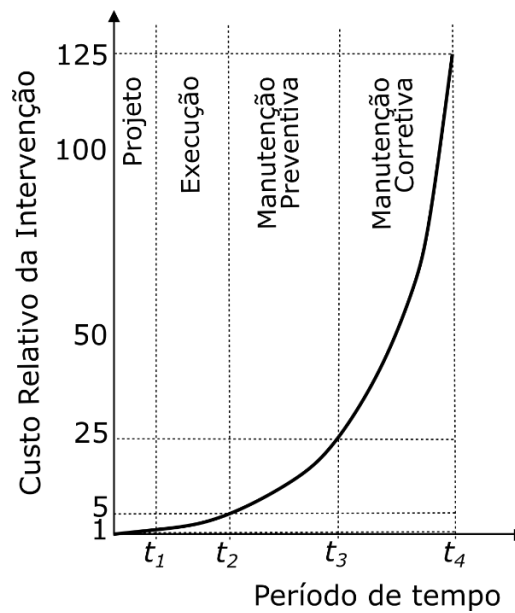
Fonte: Adaptado da NBR 15575-1 (CBIC, 2013).

Observando a Figura 1, pode-se concluir que a execução de manutenções ao longo da vida útil de uma edificação, tendem a preservar o seu desempenho. Além disso, é nítido que estas manutenções irão interferir diretamente na duração de sua vida útil. Mostrando desta forma a importância das manutenções periódicas ao longo da vida de uma edificação. De forma a garantir assim uma maior longevidade ao patrimônio e um nível de desempenho aceitável aos seus usuários.

O processo de manutenção pode ser dividido basicamente em dois tipos, as manutenções preventivas e as manutenções corretivas. De acordo com Helene (1992) a manutenção preventiva, é toda medida programada e realizada com anterioridade, considerando a durabilidade da estrutura e de seus componentes em uso, ou seja, antes da ocorrência notória de uma manifestação patológica. Já a manutenção corretiva, é feita somente quando o problema já se manifestou e é necessária uma intervenção rápida e imediata, para que não prejudique a utilização do sistema da edificação e para impedir maiores problemas, riscos ou prejuízos aos seus usuários (CBIC, 2013).

Diante destes processos distintos de manutenção, de acordo com Helene (1992), quando se realiza uma manutenção preventiva, o custo dela é de até 5 vezes menor em relação a uma manutenção corretiva. Ou seja, quanto antes se faz uma intervenção, menor será o seu custo de recuperação. Tal fato é representado na Figura 2, pela Lei de evolução de custos.

Figura 2: Lei de evolução de custos.



Fonte: Adaptado de Helene (1992).

Diante dos fatos abordados, fica nítida a necessidade de manutenções para garantir o desempenho e prolongar a vida útil de uma edificação. Assim sendo, quanto antes a intervenção no problema patológico for realizada, menor será seu custo. Observando tais fatos é evidente a necessidade de manutenções periódicas no patrimônio público, garantindo assim maior funcionalidade aos seus usuários e uma maior vida útil.

O campus da Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade João Monlevade (UEMG) possui um vasto histórico de problemas provenientes de patologias causadas por alterações químicas dos materiais de construção, deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado, movimentações higroscópicas, movimentações térmicas e falta de manutenção (Oliveira, Caldeira, Silva Junior & Vieira, 2019). Esses problemas causam desconforto visual, térmico e acústico aos usuários dos dois edifícios da instituição.

A UEMG – Unidade de João Monlevade é composta por dois blocos. Em 2006, iniciou-se suas atividades com os cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia de Minas, e havia somente um edifício, que anteriormente funcionava como uma escola estadual de Ensino Fundamental. Posteriormente, foi construído um segundo bloco, para o aumento da capacidade de alunos e implementação de novos cursos, sendo estes, Engenharia Civil e Engenharia Metalúrgica. Verifica-se que o bloco 2, que foi construído posteriormente, apresenta problemas patológicos em maior extensão do que o bloco 1, que é em torno de meio século mais antigo.

De acordo com Oliveira et al. (2019) e observação do local, o bloco 2 apresenta, visivelmente, muitas fissuras, infiltrações e até mesmo rachaduras, gerando um grande nível de

desconforto visual aos usuários da edificação, e ainda causando irregularidades no isolamento acústico e térmico dos ambientes.

Portanto, a importância deste artigo se justifica por ser de interesse tanto do corpo docente quanto discente, dos funcionários e técnicos, que a unidade da Universidade do Estado de Minas Gerais - João Monlevade, esteja apta para receber de forma digna e confortável àqueles que dela dependem. Assim, torna-se necessário um estudo de suas patologias e modos de manutenção para o bom funcionamento da instituição.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo apresentar o levantamento técnico dos principais problemas patológicos dos blocos 1 e 2 do campus da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade João Monlevade. Para isso, buscou-se realizar um levantamento das principais patologias existentes nas edificações da unidade, apontando as principais causas e efeitos dos problemas patológicos, de acordo com a literatura técnica.

2. Metodologia

Nesse artigo, foi aplicada a metodologia de análise de problemas patológicos de Lichtenstein (1986), que consiste na identificação dos problemas patológicos existentes, no levantamento de subsídios, no diagnóstico e na definição de conduta.

Sendo assim, foi realizada uma análise nos dois edifícios que pertencem à UEMG - Unidade de João Monlevade, para identificar os tipos de patologias que neles existem. Em seguida, foi realizado um levantamento de subsídios, que pôde ser feito a partir da vistoria do local, ou seja, determinando a existência e a gravidade do problema patológico, sua extensão e seu alcance. Nessa etapa, foi possível a identificação de alguns problemas mais presentes e visíveis, sendo eles: fissuras na alvenaria, na laje e nas cerâmicas dos pisos; descolamento de pisos e rodapés; corrosão de armadura da viga; infiltração e conseqüentemente a eflorescência.

Entretanto, quando a vistoria não se apresentou conclusiva, teve que ser feita a anamnese do caso, que consiste em uma investigação com pessoas envolvidas, desde os responsáveis pelo patrimônio da universidade, até os técnicos, profissionais de manutenção, docentes, discentes e os demais usuários do edifício, dando ênfase na análise de documentos fornecidos. E quando a anamnese ainda não foi suficiente, ou seja, não apresentou informações satisfatórias, foram necessários ensaios complementares, que envolveram ensaios in-loco, sendo eles: medição de nível das lajes e das vigas do primeiro e segundo andar; ensaio de esclerometria nas lajes e nas vigas; medição da espessura da fissuras e ensaio de carbonatação com o uso de fenolftaleína. Além disso, para as patologias que não necessitaram realizar nenhum ensaio, tornou-se

necessários estudos bibliográficos.

Dessa forma, após o levantamento de subsídios, ocorreu o diagnóstico da patologia encontrada. Nessa etapa, aconteceu a criação de hipóteses que visaram explicar as origens, causas e os mecanismos de ocorrência que estão desencadeando os problemas patológicos. Do mesmo modo, pode ser feito o prognóstico da situação que é a previsão de possíveis ocorrência de novas patologias.

Por fim, foi realizada a definição da conduta, que é basicamente a necessidade ou não de intervenção no problema patológico. Sendo assim, foi estudado quais as possíveis alternativas de intervenção, que são determinadas por meio de 3 (três) parâmetros básicos, sendo eles: grau de incerteza sobre os efeitos, relação custo-benefício e a disponibilidade da tecnologia para a execução dos serviços.

2.1. Ensaios Destrutivos e Não Destrutivos

2.1.1 Verificação da flecha

Nesse ensaio, foram utilizadas uma mangueira de nível e uma trena a laser. Ele foi realizado para verificar a deformação (flechas) do sistema de pisos (laje nervurada) do bloco 2. Depois de marcado o nível com a mangueira, foi realizada a medição com relação a laje superior e inferior utilizando a trena a laser. Desta maneira foi possível identificar as flechas das lajes do primeiro e segundo pavimento do bloco 2. A determinação das flechas foi realizada na parede localizada entre a primeira e segunda sala de cada andar da edificação. Parede esta, com fissuras, devido a este fato é de interesse descobrir se tais fissuras estão correlacionadas com a deformação excessiva do sistema de piso ou não.

2.1.2. Ensaio de esclerometria

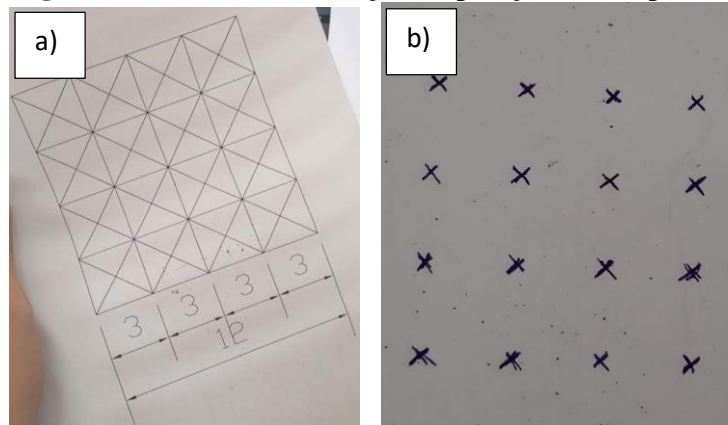
Esse ensaio é realizado para verificar a dureza superficial do concreto, correlacionando com a sua resistência à compressão. Portanto foi realizado para estimar a resistência à compressão do concreto, das vigas da biblioteca, situada no primeiro andar do bloco 2, e das vigas do segundo andar, das salas que correspondem ao nono e sétimo período do curso de Engenharia Civil.

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012). Para esse ensaio foi utilizado um esclerômetro da marca Controls, modelo 58-C0181/N. Este modelo é apropriado

para estimar a dureza superficial para elementos de concreto.

Inicialmente foi elaborado um gabarito para fazer as marcações nos elementos onde seriam realizados os impactos. De acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012) são realizados 16 impactos, com uma distância mínima de 30 mm entre eles. A Figura 3 (a) e (b) representa o gabarito e a marcação na superfície de uma viga analisada, respectivamente. A marcação na superfície dos elementos de concreto foi realizada com auxílio de um papel carbono.

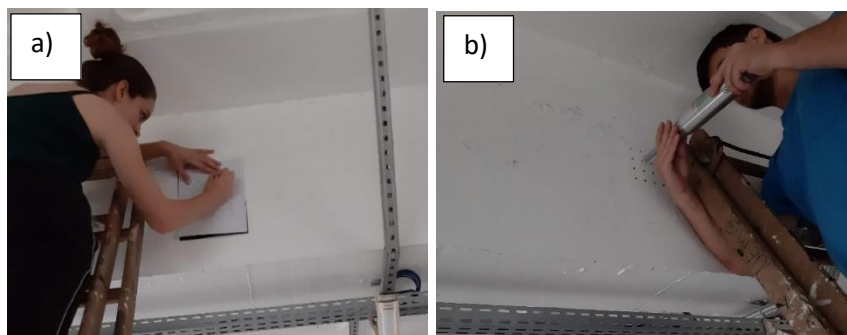
Figura 3: Gabarito e marcação da posição dos impactos.



Fonte: Autores (2020).

Após a marcação, foi realizado o ensaio e anotada a dureza de cada ponto que foi aferida pelo esclerômetro. A Figura 4 (a) e (b), mostram a marcação e o ensaio sendo realizados, respectivamente.

Figura 4: Marcação do gabarito e ensaio de esclerometria.



Fonte: Autores (2020).

Posteriormente, com os resultados de cada ponto, de acordo com o Manual de Instruções do Esclerômetro, foi realizada a conversão da dureza obtida pelo esclerômetro para MPa. Depois de fazer a conversão, de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012), primeiramente calcula-se a média aritmética dos 16 impactos realizados. Após o cálculo da média, verifica-se

a existência de algum resultado com erro maior que 10% do valor médio, excluindo estes valores dos resultados. Após a exclusão, recalcula-se a média dos resultados restantes, refazendo a verificação do erro em relação aos 10% da segunda média obtida. Este processo é efetuado até que nenhum resultado restante possua uma variação maior que 10% da média final, sendo que de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012), para o ensaio possuir validade devem sobrar no mínimo 5 valores individuais.

2.1.3. Ensaio de carbonatação

O ensaio de carbonatação pode ser considerado como um ensaio destrutivo local. Uma vez que, consiste na quebra localizada do concreto que compõe o cobrimento da armadura do elemento estrutural, para a aplicação da fenolftaleína. Tal ensaio tem como objetivo a verificação se na região onde se encontra a armadura o concreto encontra-se em seu estado carbonatado ou não. Desta forma, verificando se a armadura ali localizada está protegida em um meio alcalino ou não. Diante disso, na viga do *hall* de circulação no primeiro andar do bloco 1 e no pilar perto da porta da biblioteca, foi realizado esse ensaio, como mostra a Figura 5(a) e Figura 5(b).

Figura 5: Ensaio de carbonatação na viga e no pilar.



a) Aplicação da fenolftaleína na viga do *hall* do bloco 1; b) Aplicação da fenolftaleína no pilar do bloco 2
Fonte: Autores (2020).

3. Resultados

Através das vistorias realizadas, foi observado que os diversos problemas patológicos encontrados nos edifícios da UEMG – Unidade de João Monlevade, possuem diferentes causas

e efeitos. Diante disso, a apresentação dos resultados obtidos foi dividida de acordo com a possível causa do problema patológico. Desta forma, facilitando a compreensão da relação do princípio causa e efeito.

3.1. Infiltração nas Juntas de Dilatação

3.1.1. Identificação do problema e principais causas

Durante a vistoria feita na instituição, pôde ser observado infiltrações nas juntas de dilatação entre os pilares e também entre as vigas, em ambos os blocos, conforme representado na Figura 6 (a) e (b).

Figura 6: Infiltração nas juntas de dilatação.



a) Junta de dilatação no bloco 1; b) Junta de dilatação no bloco 2

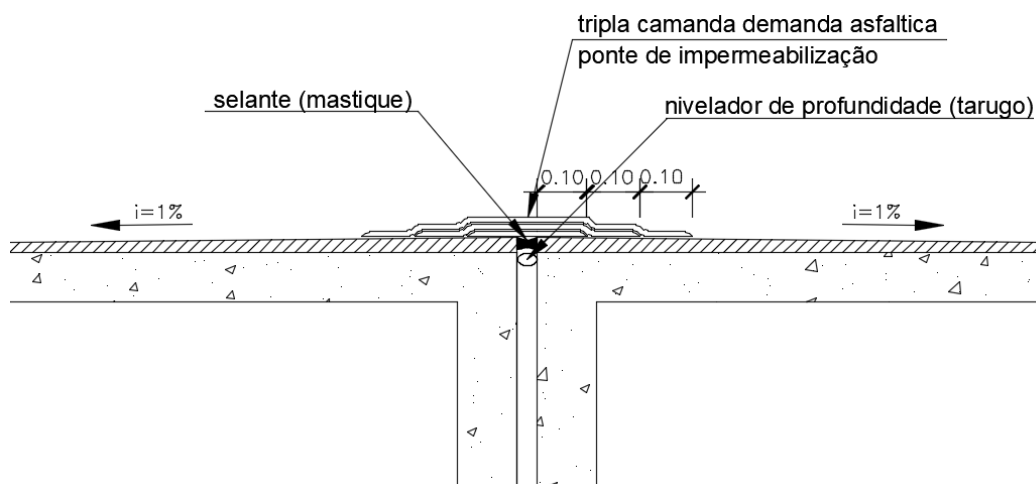
Fonte: Autores (2020).

As juntas de dilatação são espaços entre elementos estruturais, a fim de impedir trincas nas estruturas quando essas se movimentarem devido à variação térmica. Porém, as juntas devem ser impermeabilizadas, para evitar problemas de infiltração (Imperberg, 2019). Diante disso, a principal causa para essa patologia, é exatamente a falta ou má execução da impermeabilização das juntas. Ou seja, pode ser devido à falha de projeto, por não constar o processo de impermeabilização no projeto executivo ou devido à falha no processo executivo, com a má execução da impermeabilização, gerando tais problemas.

3.1.2. Definição de conduta

Para sanar esse problema, deve-se fazer a impermeabilização das juntas. De acordo com Cruz (2003), Righi (2009) e Sika Brasil (2019), uma das formas de impermeabilização de juntas é a utilização de mantas asfálticas, com pontes de impermeabilização (camadas de sacrifício). As pontes de impermeabilização possuem a função de redistribuir em áreas maiores as tensões devido a movimentação (Thomaz, 2001). A Figura 7 ilustra um exemplo de detalhamento técnico para executar a impermeabilização.

Figura 7: Detalhe técnico de impermeabilização de juntas de dilatação.



Fonte: Os autores (2020).

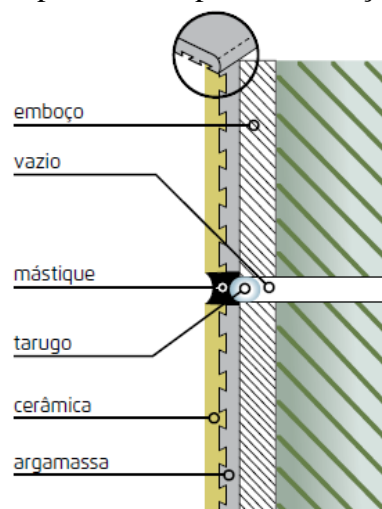
Righi (2009) e a Sika Brasil (2019) orientam que primeiro deve colocar um limitador de profundidade para o preenchimento da junta, para posteriormente aplicar sobre ele o selante, que tem como função selar as juntas. Ou seja, para que não fique nenhum espaço vazio. Feito isso, deve-se regularizar a superfície onde a manta será instalada, com uma inclinação de no mínima 1% contra o sentido da junta.

Após esse procedimento, aplica-se uma manta de sacrifício, que serve para proteger a manta principal de irregularidades da superfície. Em seguida são adicionadas as outras camadas da manta, sendo que a primeira camada deve ter no mínimo 10 centímetros de sobre de cada lado da junta, e a segunda 20 centímetros. A região das mantas que ficam exatamente em cima da junta, não deve ficar aderidas umas nas outras, a fim de permitir a deformação independente entre as mantas nessa região, pois se uma danificar existem as outras que garantem a eficiência da impermeabilização. Concluído esse procedimento, executa-se a massa de proteção e é assentado os pisos e/ou azulejos ou somente é realizada a pintura com uma tinta específica.

Vale ressaltar que no momento do assentamento do piso cerâmico, também deverá ser prevista uma junta de dessolidarização no mesmo (Sika Brasil, 2019).

Nas juntas verticais, adota-se um procedimento semelhante, inserindo o tarugo entre os pilares para limitação da profundidade da junta, em seguida aplica-se o selante (mástique) para selagem da junta (Gail, 2014). Para este tipo de junta, normalmente não se aplica a manta asfáltica. Este fato pode ser justificado pelo fato de não existir a ação da gravidade sobre a água, para que ela adentre na junta de dilatação. Para finalizar, é executado o acabamento, seja com revestimento ou pintura. A Figura 8, ilustra uma junta vertical.

Figura 8: Corte esquemático em planta de impermeabilização de junta de dilatação vertical.



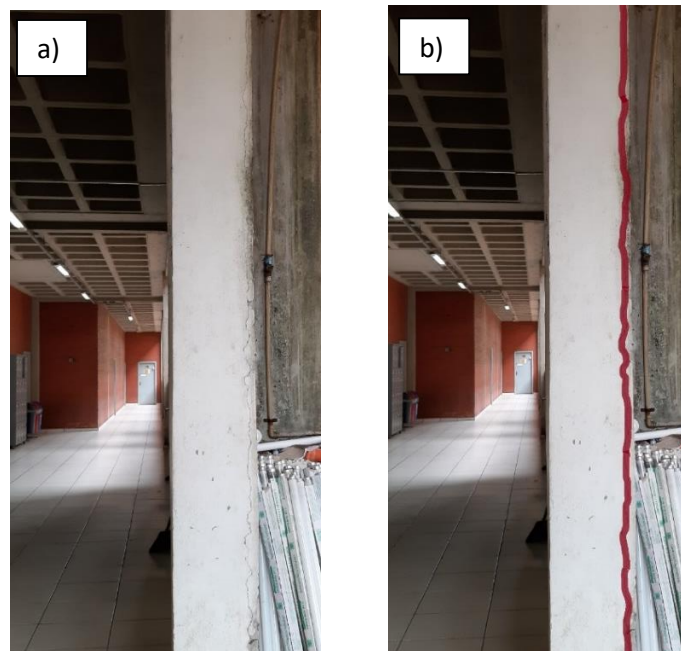
Fonte: Gail (2014).

3.2. Carbonatação

3.2.1. Identificação do problema e principais causas

Foi possível detectar problemas na armadura em dois locais, sendo eles, na viga do *hall* de circulação no primeiro andar do bloco 1 e no pilar ao lado do acesso à biblioteca do bloco 2. Sendo que no pilar, foi possível identificar a carbonatação pela existência de uma fissura ao longo de toda a extensão do pilar, como mostrado na Figura 9 (a) e (b), sendo que na Figura 9 (b) a fissura está em destaque, para melhor visualização.

Figura 9: Fissura ao longo de toda extensão do pilar.



Fonte: Autores (2020).

No pilar citado, o concreto superficial foi retirado até chegar na armadura do pilar. Após isso foi feito o ensaio de carbonatação, conforme exposto no item 2.1.3, para verificar se o concreto está carbonatado. A Figura 10 mostra o resultado do ensaio, constatando que o concreto naquela região está carbonatado, pois ao aplicar a fenolftaleína no local, não teve alteração da coloração da mesma.

Figura 10: Resultado do ensaio de carbonatação no pilar.



Fonte: Autores (2020).

Ao verificar o cobrimento desse pilar, foi averiguado que o cobrimento dele é de 1,0 cm. Diante disso, a principal causa para essa carbonatação é o cobrimento inferior ao mínimo

recomendado pela NBR 6118 (ABNT, 2007), que era de 3,0 cm para pilares e vigas em um ambiente de agressividade classe II. Vale ressaltar que para a verificação do cobrimento mínimo foi avaliada a versão de 2007 da NBR 6118 e não a sua atualização de 2014. Uma vez que a versão de 2007 que era válida na época da construção da edificação.

Já na viga, o concreto está visivelmente cabornatado. Uma vez que o aço do elemento estrutural se encontra em elevado grau de oxidação, conforme observado na Figura 11. O grau de oxidação é tanto, que parte do concreto de cobrimento foi destacado, devido ao aumento do volume do aço oxidado.

Figura 11: Viga do *hall* de circulação do bloco 1 com armadura exposta.



Fonte: Autores (2020).

Como pode ser visto na Figura 11, próximo ao apoio da direita da viga, o concreto não está destacado. Assim sendo, o ensaio de carbonatação foi realizado nesta região. Uma vez que, na região com o concreto destacado e a armadura oxidada, é sabido que o concreto se encontra carbonatado. Deste modo, foi quebrada uma parte do concreto, até chegar na armadura e foi aplicada a fenolftaleína e constatou que naquele local não estava carbonatado, pois o local onde foi aplicado a substância ficou com a cor rosa, como apresentado na Figura 12.

Figura 12: Parte não carbonatada da viga.



Fonte: Autores (2020).

O mesmo ensaio foi realizado na viga, porém no local onde a armadura está exposta, foi aplicada a fenolftaleína no concreto, e verificou-se que o concreto realmente está carbonatado. Uma vez que o concreto onde foi aplicada a substância não mudou de cor, como ilustra a Figura 13 (a) e (b). A Figura 13 (a), mostra a aplicação da fenolftaleína no concreto, e a Figura 13 (b), mostra o resultado da aplicação, que foi o concreto permanecer da mesma coloração inicial.

Figura 13: Ensaio de carbonatação na viga.



Fonte: Autores (2020).

No caso da viga, como esse problema se encontra no bloco 1, e este foi construído na década de 60, uma das possíveis causas é o cobrimento insuficiente das armaduras pelo concreto. Visto que, naquela época a espessura de cobrimento de concreto às armaduras para

vigas interiores era de no mínimo 1,5 cm e para vigas exteriores era de 2,0 cm, de acordo com a NB-1 (ABNT, 1940). A Figura 12 apresenta que o cobrimento da armadura na região central da viga é cerca de 8 mm, confirmando que o cobrimento existente não atende à norma da época.

Figura 14: Cobrimento da parte carbonatada;



Fonte: Autores (2020).

Desta forma, como o cobrimento em ambos casos foi insuficiente, ele não realizou sua função, que era garantir a proteção física e química para o aço. Uma vez que, de acordo com Moreira (2015), este fenômeno provoca a diminuição do pH do concreto, este deixando de ser alcalino, passando a ter pH neutro ou ácido. Desta maneira possibilitando a oxidação das armaduras com sua expansão, e assim causando fissuras, e no caso da viga provocando o descolamento do concreto, que deixou a armadura exposta ao ambiente, e conseqüentemente acelerando o processo de oxidação.

Vale ressaltar que em ambos casos, os elementos estruturais estão em contato direto com a umidade. No caso da viga, devido à falta de impermeabilização da junta de dilatação onde ela está inserida e no caso do pilar, devido a este ser em ambiente externo. De acordo com Vitório (2003) a presença de umidade no concreto influencia bastante o avanço da carbonatação. Corroborando com os resultados obtidos, onde os elementos internos da edificação, sem o contato direto com a umidade, não apresentam o mesmo grau de deterioração.

Sendo assim, as principais causas possíveis dessas patologias podem ser devido à falha de projeto ou erro de execução, onde em ambos casos não seguiu a recomendação das normas vigentes da época, com relação ao cobrimento mínimo da armadura.

3.2.2. Definição de conduta

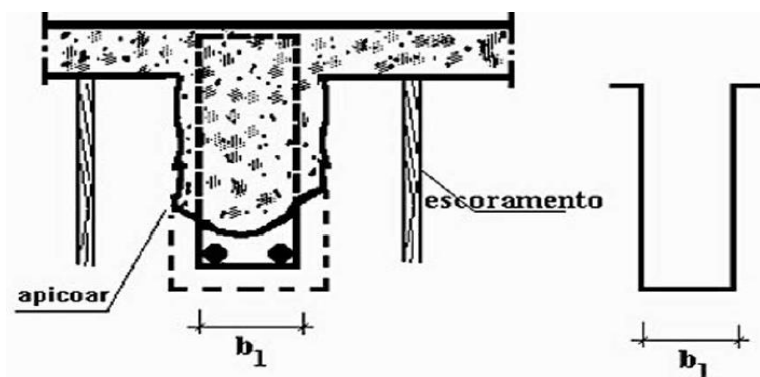
De acordo com o problema exposto, primeiro deve-se saber quanto do total da área de aço está comprometida. Visto que, na etapa de dimensionamento de estruturas em concreto armado, ao fazer o cálculo de área de aço, tem a adição de 15% a mais de aço, devido aos coeficientes de segurança. Assim sendo, caso a área de aço danificada seja menor que 15%, não é preciso fazer a reposição da área de aço perdida, somente realizar a recuperação do concreto (Souza & Ripper, 1998).

Segundo Souza & Ripper (1998), o concreto de reposição deverá ter resistência igual ou superior que a do concreto já existente, deve também utilizar agregados de granulometria e diâmetro compatíveis com os utilizados anteriormente. A resistência do concreto existente deve ser medida com auxílio do ensaio de esclerometria ou então retirando um corpo de prova para ensaio de compressão. Sendo que não é recomendada uma resistência muito acima do concreto velho, evitando assim deformações diferenciais.

Para a recuperação de componentes de concreto armado onde não tenha se perdido acentuada área de aço, pode ser feita da seguinte forma: antes do procedimento começar se deve fazer o escoramento da estrutura para posteriormente iniciar a remoção de todo concreto carbonatado; depois faz a limpeza da barra de aço, retirando o óxido de ferro presente até que alcance o metal são; seguidamente faz a remoção da poeira que está nas barras e no concreto, com jato de ar ou escova; posteriormente faz a proteção das barras de aço com produto anticorrosivo e aplica-se também uma resina epóxi tanto nas barras quanto no concreto velho para melhor aderência com o novo concreto que será preparado; após todo esse procedimento faz o preenchimento da região danificada com concreto. Para evitar retração, utiliza-se concreto “seco” ou com adição de aditivo expensor. Sendo recomendada a cura de no mínimo 7 dias (Thomaz, 1989; Cimento Mauá, 2018).

Nos casos em que a área de aço danificada é maior que 15%, a solução seria complementar o elemento estrutural com a quantidade de aço perdida pela oxidação. De acordo com Souza & Ripper (1998) e a empresa Weber Saint-Gobain (2019), nesse caso, primeiro deve-se fazer o escoramento da estrutura, depois retirar todo o concreto carbonatado do inferior da viga até que todas as barras fiquem expostas, deixando um espaço mínimo 2,5 cm entre as barras e o concreto. Após, deve-se apicoar as laterais da viga para encaixar os novos estribos, caso seja necessário aumentar a seção de concreto ou a resistência ao cisalhamento, conforme ilustra a Figura 15.

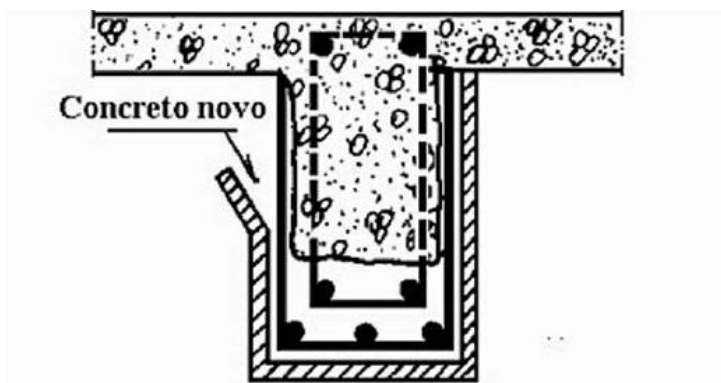
Figura 15: Apicoamento das laterais da viga.



Fonte: Souza & Ripper (1998).

Após terminar o preparo da viga, faz-se necessário o posicionamento das armaduras novas longitudinais e os estribos e depois é preciso colocar as fôrmas para aumentar a seção de concreto da viga, aplicar resina epóxi nas armaduras novas que estão em contato com o concreto já existente (Souza & Ripper, 1998). A Figura 16 apresenta o reforço de uma viga com o aumento da seção de concreto. Após a retirada da fôrma, deve-se remover o concreto excedente que ficou por conta da abertura da fôrma.

Figura 16: Reforço com aumento de seção de concreto.



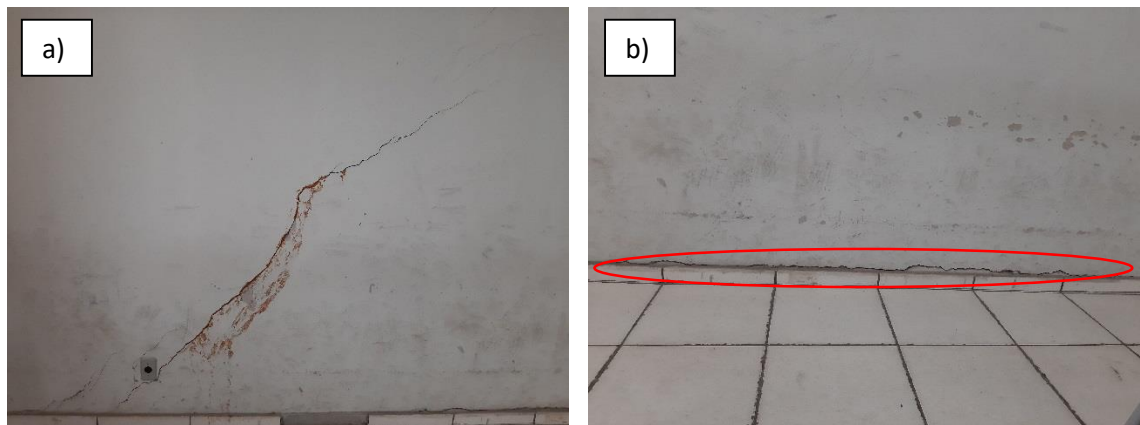
Fonte: Souza & Ripper (1998).

3.3. Fissuras

3.3.1. Identificação do problema e principais causas

Um dos problemas patológicos mais presentes nos blocos da instituição são as fissuras na alvenaria, sendo elas transversais ou horizontais, conforme apresenta a Figura 17 (a) e (b), respectivamente.

Figura 17: Fissuras na alvenaria.



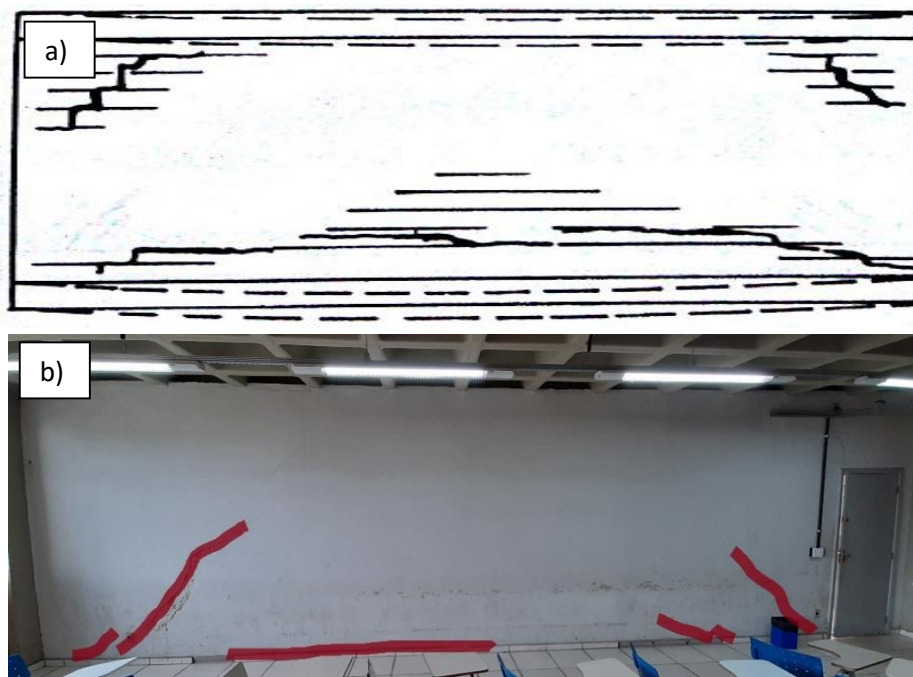
Fonte: Autores (2020).

Para essas fissuras, a principal causa identificada foi a deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado. Segundo Thomaz (1989), as principais configurações de trincas provocadas pela flexão de vigas e lajes são divididas em quatro. Porém, comparando as existentes na instituição com as configurações típicas expostas pelo autor, identifica-se uma semelhança entre as existentes e a que ele classifica como deformação devido ao componente de apoio se deformar mais que o componente superior.

Sendo assim, de acordo com Thomaz (1989) para essa configuração é normal o aparecimento de fissuras no canto superior da parede proveniente do carregamento do elemento superior não estar apoiado uniformemente na alvenaria. Na parte inferior da alvenaria, é comum o surgimento de fissuras horizontais, quando o comprimento da parede é maior que a altura, acontece o que o autor chama de efeito de arco, sendo assim, a trinca horizontal desloca-se para os cantos da parede. Caso a alvenaria tenha uma boa resistência ao cisalhamento e à tração, ao invés de aparecer trincas na parte inferior, cria-se uma fresta entre o painel e o elemento de suporte.

A Figura 18, compara as fissuras na alvenaria de vedação, devido a deformação do elemento de apoio ser maior que a deformação do elemento superior proposta por Thomaz (1989) (Figura 18 (a)), com as fissuras apresentadas na alvenaria da sala 9 do bloco 2 (Figura 18 (b)). Observe que as fissuras foram destacadas para uma maior nitidez.

Figura 18: Comparativo entre modelo de fissuras na alvenaria de vedação, devido a deformação excessiva e fissuras encontradas na sala 9 do bloco 2.



Fonte: Adaptado de Thomaz (1989).

Para Duarte (1998) apud Magalhães (2004), as fissuras horizontais e inclinadas também podem acontecer devido somente a deformação do elemento de apoio, sendo assim causando as trincas horizontais na base da alvenaria e as fissuras em formas de arco (inclinadas). Diante disso, para a verificação da deformabilidade das estruturas, foi realizada a verificação das flechas do sistema de piso, e o ensaio de esclerometria foi feito para estimar a resistência do concreto constituintes dos elementos do sistema de piso, para determinar a possível causa da deformação excessiva dos componentes estruturais.

Conforme explicado no item 2.1.1, a medição da flecha foi realizada para a laje superior e inferior (piso) nas salas 1 e 9 do bloco 2, sendo terceiro e segundo andar respectivamente. Com base nas medições, foi possível determinar as flechas máximas dos pisos e das lajes do segundo pavimento e do terceiro pavimento do bloco 2, representado na Tabela 1.

Tabela 1: Flechas máximas dos pisos/laje da sala 9 e sala 1 do bloco 2.

Pavimento	REFERÊNCIA	FLECHA (cm)
3º	LAJE	0.95
	PISO	0.75
2º	LAJE	0.85
	PISO	2.60

Fonte: Autores (2020).

Sendo assim, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2007), as flechas máximas permitidas para o vão analisado, que é de 10,46 m, é de 4,2 cm para o efeito de aceitabilidade sensorial visual. Desta maneira, para esse efeito as flechas medidas estão dentro do previsto pela norma. Porém, as lajes em questão possuem paredes apoiadas sobre elas, logo se enquadram em outro tipo de efeito que são os efeitos em elementos não estruturais, logo o deslocamento limite é 10 mm. Para esse efeito, verifica-se que a flecha máxima do piso do segundo pavimento, do bloco 2, é superior ao valor recomendado pela NBR 6118 (ABNT, 2007). Com isso, reforça a hipótese de que as fissuras são causadas por deformações excessivas. Sendo caracterizada pela deformação do componente de apoio ser maior que do componente superior. A diferença entre a deformação entre os componentes do segundo pavimento é igual a 1,75 cm, como pode ser observado na Tabela 1.

Além disso, para o bloco 2, foi realizado o ensaio de esclerometria, explicado no item 2.1.2, em lajes e vigas do segundo pavimento e na laje da biblioteca que fica no primeiro pavimento, para verificar as respectivas resistências. Sendo assim, a Tabela 2 informa esses valores.

Tabela 2: Resistência à compressão média estimada do concreto em MPa pelo ensaio de esclerometria.

Pavimento	Local	Resistência média (MPa)
2º	Vigas	31,40
	Lajes	31,85
1º	Vigas	28,01
	Lajes	27,81

Fonte: Autores (2020).

Analisando os valores apresentados pela Tabela 2, percebe-se que o concreto utilizado na concretagem do teto do primeiro pavimento é menos resistente do que o concreto utilizado no teto do segundo pavimento. Dessa forma pode-se afirmar que a estrutura do primeiro andar tem a tendência de se deformar mais do que a do segundo andar, sustentando a hipótese de que o componente de apoio se deformou mais que o componente superior.

Diante os resultados apresentados, verifica-se que a possível causa dessa patologia é devido ao erro no momento do projeto, pois a flecha máxima não foi verificada corretamente. Mas também, pode ter ocorrido falha na execução, uma vez que os concretos dos pavimentos não tiveram a mesma resistência.

4. Discussão

De acordo com os resultados obtidos pode-se perceber que a maioria dos problemas patológicos, analisados nesse artigo, presentes na instituição, são provavelmente decorrentes de falha na etapa de projeto ou falha na etapa de execução. Também foi possível constatar que apesar de cada patologia possuir uma causa e efeito independente das demais, uma manifestação patológica acaba interferindo na outra, agravando ou acelerando aquela já existente.

Este fato é identificado com clareza na viga do *hall* de circulação no 1º andar do bloco 1, que apresenta oxidação de suas armaduras. Nesse caso, a causa principal da corrosão é o cobrimento de concreto insuficiente das armaduras na viga, mas como a viga está situada em uma região que contém uma junta de dilatação, conforme mostra a Figura 6 (a), a falta de impermeabilização da junta faz com que ocorra infiltração, e a infiltração acelerou o processo de carbonatação presente na viga, uma vez que, como descrito por Vitório (2003) a umidade tende a acelerar o processo de carbonatação. Além disso, uma vez carbonatado, a umidade acelera o processo de oxidação. Este fato explica o porquê de, apesar de todo o bloco 1 possuir cobrimento da armadura insuficiente, de acordo com as normativas da época, somente esta viga apresenta um processo de degradação tão acentuado.

Essa reação em cadeia também é possível ser identificada em relação aos descolamentos de cerâmicas dos pisos e as fissuras nos pisos. Em conformidade com o que foi exposto nos resultados obtidos, é capaz constatar que aliado à causa de falta da limpeza dos tardoz das peças, o recalque diferencial no pilar da biblioteca, a flecha excessiva na laje referente ao 1º andar, e a falta de juntas de movimentação, aceleram e agravam tais problemas. Visto que tais deformações criam tensões adicionais no contrapiso e juntamente com o assentamento das cerâmicas de modo incorreto, a patologia aparece mais rapidamente.

Sendo assim, nota-se uma degradação prematura da estrutura, pois associado as patologias há a falta de manutenções preventivas, o que tende a diminuir vida útil da estrutura e com isso a edificação pode não atender os requisitos de desempenho mínimo e desta forma a durabilidade da edificação também diminui, pois ela pode perder a capacidade de atender os requisitos de desempenho.

5. Considerações Finais

O segmento principal de estudo deste artigo foi realizar um levantamento das principais causas dos problemas patológicos do Campus da UEMG – Unidade João Monlevade, pois a unidade apresentou elevados índices de anomalias patológicas que afetam o conforto de seus

usuários. Para o levantamento dos dados obtidos, foram realizadas vistorias e ensaios, que proporcionaram ao trabalho o alcance de seus objetivos pré-definidos.

O objetivo geral deste artigo consistiu na elaboração do levantamento dos problemas patológicos do campus da UEMG – Unidade de João Monlevade. A partir das vistorias locais, foi possível realizar a identificação dos problemas patológicos nas edificações da unidade e para estas patologias foram definidos o seu comportamento, origens e causas, de acordo com os conhecimentos fornecidos pela literatura. Por fim, o levantamento de subsídios, diagnóstico e definição de conduta para problemas patológicos foram determinados.

Com uma visão geral da análise de todos os problemas patológicos, verificou-se que a maioria das anomalias foram decorrentes de erros de execução e/ou projetos, aliados à falta de manutenção preventiva dos elementos dos edifícios. O estudo das diversas formas de manifestações patológicas averiguadas durante o estudo de caso, enriqueceram o conhecimento sobre seus problemas construtivos, sendo estes de execução e/ou de projeto.

Somente após maior abrangência do conhecimento sobre as causas e origens das patologias analisadas, foi possível iniciar as definições de condutas adequadas para cada tipo de manifestação observada. Sendo assim, de relevante colaboração para o corpo social da unidade da UEMG de João Monlevade, de modo a auxiliar um melhor entendimento aos seus usuários, pois, se tais manifestações patológicas não tivessem se desenvolvido, os elementos estruturais e de vedação ofereceriam melhores condições de conforto e segurança.

Sabendo das dificuldades de execução e complexidade das condutas de manutenção abordadas no artigo, a dificuldade encontrada é colocar em prática as medidas propostas. Uma vez que, essas medidas necessitam de recursos financeiros e técnicos. Sendo o local do estudo de caso pertencente à um órgão público, sua execução necessita de mobilização governamental.

Através desta pesquisa, propõe-se como tema de pesquisa futuro o estudo de fissuras em lajes nervuradas. Pois tal problema patológico foi encontrado no bloco 2 da UEMG – Unidade de João Monlevade. Porém tal assunto é pouco abordado na literatura e desta maneira foi impossível identificar suas origens e principais causas.

Referências

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT (1940). *NB-1: Cálculo e execução de obras de concreto armado*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT (2007). *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 225p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT (2012). *NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 13p.

Associação Brasileira De Normas Técnicas – ABNT (2013). *NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho*. Rio de Janeiro, 60p.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2013). *Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013 [2ª ed]*. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 307p.

Cimento Mauá (2018). *Como recuperar estruturas de concreto em casos de trincas, fissuras e corrosões*. Recuperado de: <https://cimentomaua.com.br/blog/como-recuperar-estruturas-de-concreto-em-casos-de-trincas-fissuras-e-corrosoes/>.

Cruz, J. H. P (2003). *Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 168p.

Gail, Arquitetura em Cerâmica (2014). *Manual de Execução 26*. São Paulo. Recuperado em: http://gail.com.br/site/uploads/catalogos/GAIL_Manual_tecnico_execucao_fachadas.

Helene, P. R. L (1992). *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto [2ª ed]*. São Paulo: Pini, 231p.

Imperberg (2019). *Impermeabilizar juntas de dilatação*. Recuperado de: <https://www.imperberg.com.br/impermeabilizar-juntas-dilatacao>.

Linchtenstein, N. B. (1986). *Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação*. Boletim Técnico 06/86. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 35p.

Magalhães, E. F. (2004). *Fissuras em alvenaria: configurações típicas e levantamento de incidência no Estado do Rio Grande do Sul*. Dissertação (Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 180p.

Moreira, C. (2015). *Recalibração de estruturas de concreto carbonatado com utilização de gel saturado de solução alcalina*. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil, Goiás: Universidade Federal de Goiás, 122p.

Oliveira, G. M. V., Caldeira, P. H. A., Silva Junior, L. A. & Viera, A. C. (2019). Análise de fissuras em alvenaria de vedação – Estudo de caso: UEMG – Unidade de João Monlevade. *Research, Society and Development*, 8(12), e368121617. DOI: 10.33448/rsd-v8i12.1617.

Righi, G. V (2009). *Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções análise de casos*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 94p.

Sika Brasil (2019). *Detalhe técnico de impermeabilização: junta de dilatação*. Recuperado de: <https://bra.sika.com/pt/solucoes-produtos/area-de-projetos/mantas-asfalticas/junta-de-dilatacao.html>.

Souza, V. C. & Repper, T. (1998). *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto [1ª ed]*. São Paulo: Pini, 255p.

Thomaz, E. (1989) *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação [1ª ed]*. São Paulo: Pini, 194p.

Thomaz, E. (2001). *Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção [1ª ed]*. São Paulo: Pini, 493p.

Vitório, A. (2003) *Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia*. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia, 58p.

Weber Saint-Gobain (2019). *Tudo sobre juntas*. Produtos quartzolit. Recuperado de: <https://www.quartzolit.weber/ajuda-e-dicas-para-construir/tudo-sobre-juntas>.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ladir Antônio da Silva Júnior – 33,33%

Iasmim Vita Pôncio de Lacerda Ribeiro – 33,33%

Sarah Drumond Medeiros – 33,33%