

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

AGUINALDO MANOEL DA SILVA JUNIOR

**DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL IDENTIFICADAS EM EDIFÍCIO COMERCIAL NA CIDADE  
DE PIUMHI/MG**

PIUMHI/MG

2023

AGUINALDO MANOEL DA SILVA JUNIOR

**DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL IDENTIFICADAS EM EDIFÍCIO COMERCIAL NA CIDADE  
DE PIUMHI/MG**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* avançado Piumhi para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Orientador: Prof. Me. Humberto Coelho de Melo

PIUMHI/MG

2023

---

S586d

Silva Júnior, Aguinaldo Manoel da.

Diagnóstico e tratamento de manifestações patológicas na construção civil identificadas em edifício comercial na cidade de Piumhi/MG [manuscrito] / Aguinaldo Manoel da Silva Júnior. – 2023.

57 f. : il. color.

Orientador: Humberto Coelho de Melo.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2023.

1. Patologia - construção civil. 2. Argamassa. 3. Aço - corrosão. 4. Aditivos – construção civil. 5. Engenharia civil. Melo, Humberto Coelho de. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 690.24

---

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Avançado Piumhi  
Diretoria de Ensino  
Docentes Campus Avançado Piumhi  
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG  
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Aguinaldo Manoel da Silva Júnior

### **DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL IDENTIFICADAS EM EDIFÍCIO COMERCIAL NA CIDADE DE PIUMHI/MG**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 23 de agosto de 2023 pela banca examinadora:

#### **BANCA EXAMINADORA:**



Documento assinado eletronicamente por Humberto Coelho de Melo, Professor, em 24/08/2023, às 17:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Junior Henrique Canaval, Professor, em 24/08/2023, às 17:51, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Evelisy Cristina de Oliveira Nassor, Professora, em 24/08/2023, às 18:40, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Patrícia Vieira Medeiros, Professor(a) Substituto(a), em 24/08/2023, às 19:57, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por Thiago Pastre Pereira, Professor, em 24/08/2023, às 20:08, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador 1656034 e o código CRC AC199D1C.

Este trabalho reflete a luta de todos que um dia romperam a barreira do preconceito social sobre a idade e as limitações que assolam a educação brasileira, acreditando em seus potenciais intelectuais e profissionais para no futuro oferecer a sociedade o melhor de si. Nunca é tarde para aprender, iniciar e se reinventar. Obstáculos foram criados por Deus para servirem de aprendizado e tornarem as pessoas melhores a cada dia.

## AGRADECIMENTOS

A gratidão é a melhor ferramenta de evolução interior do ser humano devendo ser praticada a cada segundo de nossas vidas.

Assim, agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de tornar-me instrumento de vossa vontade aqui na Terra e com todo o meu fervor não irei decepcioná-lo na missão delegada a minha existência.

Aos meus professores que durante todos os semestres me auxiliaram em meus estudos, sendo ponte entre o conhecimento e meu aprendizado, trazendo acima mesmo de suas possibilidades físicas e educacionais a primazia em ensinar pelo ofício e não pela valoração, a estes especialistas, mestres e doutores minha eterna admiração.

Ao *Sicoob Credialto*, na pessoa de sua Diretora Administrativa **Dalila Silva Miranda Ferreira**, e a Engenheira Civil **Sthefanie Valério** por confiar e permitir que este trabalho fosse aplicado e validado em campo contribuindo em grande escala pela formação deste autor.

Gratidão a meus filhos **Thúlio Santos Silva** e **Caio Santos Silva** por compreenderem minha ausência durante as horas de estudo e a todo momento me incentivar na conclusão de cada etapa de minha vida acadêmica, sem jamais esquecer de minha amada Mãe **Irene de F. Araújo Silva** por ser a fagulha de ignição de meu desejo pelo conhecimento.

Um especial agradecimento a mulher que carinhosamente nomeio como a *“Rainha de meus 7 Reinos”*; **Elaine A. Santos Silva**; por todos os segundos que estive ao meu lado e pelos diversos gestos de carinho durante a fúria de meus pensamentos em momentos de cansaço e exaustão decorrentes de horas e horas de estudo.

A todos que um dia torceram pela minha vitória e me auxiliaram nesta caminhada; meu muito obrigado.

“Não sabendo que era impossível, ele foi  
lá e fez.”

*Jean Cocteau*

## RESUMO

A ciência de edificações civis é composta por diversas etapas, as quais cada uma tem sua particularidade e objetivo. Durante o processo construtivo devem ser atentadas às normas de desempenho e qualidade visando a produção de um empreendimento seguro e durável, porém, frequentemente a negligência e a falta de profissionalismo acarretam situações propícias ao desenvolvimento de manifestações patológicas na construção civil.

O presente trabalho objetivou realizar o diagnóstico e tratamento de anomalias manifestadas em um edifício comercial ainda na fase construtiva buscando determinar a melhor maneira de conter e prevenir a propagação deste efeito deletério. Foram observadas duas formas de manifestação patológica: corrosão metálica na estrutura com a formação de ferrugem amarelada na superfície de vigas e pilares e, deslocamento de revestimento externo argamassado formando fissuras, trincas, rachaduras e fendas na alvenaria de vedação.

Após a análise dos dados coletados chegou-se à conclusão de que não houve necessidade de reforço estrutural e o processo de recuperação e tratamento destas afecções procedeu com a remoção de película corroída acompanhada de pintura polimérica nas estruturas metálicas e remoção do antigo revestimento externo com fechamento de aberturas e aplicação de argamassa armada em todos os pavimentos.

Com a conclusão da intervenção, obteve-se a contenção dos processos corrosivos e a criação de um revestimento externo argamassado armado com características hidrofóbicas. Não foram registradas reincidências destas manifestações patológicas no período de 6 meses após a conclusão da intervenção demonstrando a eficiência da intervenção.

**Palavras-chave:** Patologia - construção civil; Argamassa; Aço - corrosão; Aditivos - construção civil; Engenharia Civil.

## ABSTRACT

The science of civil buildings is composed of several stages, each of which has its particularity and purpose. During the construction process, performance and quality standards must be observed in order to produce a safe and durable project, however, negligence and lack of professionalism often lead to situations conducive to the development of pathological manifestations in civil construction.

The present work aimed to carry out the diagnosis and treatment of anomalies manifested in a commercial building still in the construction phase, seeking to determine the best way to contain and prevent the propagation of this deleterious effect. Two forms of pathological manifestation were observed: metallic corrosion in the structure with the formation of yellowish rust on the surface of beams and pillars, and displacement of the external mortar coating, forming fissures, cracks, cracks and crevices in the sealing masonry.

After analyzing the collected data, it was concluded that there was no need for structural reinforcement and the process of recovery and treatment of these conditions proceeded with the removal of corroded film followed by polymeric painting on the metallic structures and removal of the old external coating with closure of openings and application of reinforced mortar on all floors.

With the conclusion of the intervention, the containment of corrosive processes was achieved and the creation of an external reinforced mortar coating with hydrophobic characteristics. No recurrences of these pathological manifestations were registered in the period of 6 months after the conclusion of the intervention, demonstrating the efficiency of the intervention.

**Keywords:** Pathology - civil construction; Mortar; Steel - corrosion; Additives - civil construction; Civil Engineering.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O processo de corrosão nas barras de aço .....	6
Figura 2: Classificação das fissuras quanto ao seu desenho.....	9
Figura 3: Etapas de classificação das aberturas .....	10
Figura 4: Posicionamento correto das telas de aço em revestimento argamassado.	13
Figura 5: Tipos de tela de reforço usadas no Brasil .....	14
Figura 6: Planta baixa com determinação dos pontos de medida .....	18
Figura 7: Concepção construtiva do edifício.....	20
Figura 8: Revestimento das fachadas e fundos .....	21
Figura 9: Dissipação das tensões e cargas sobre a estrutura de sustentação das vergas .....	22
Figura 10: Verga desalinhada em relação ao eixo horizontal.....	23
Figura 11: Exemplos de fissura, rachadura e fenda no prédio em estudo. ....	34
Figura 12: Comparativo entre foto do local e desenho apresentado na literatura .....	36
Figura 13: Ruptura do revestimento externo das alvenarias .....	37
Figura 14: Fissuras e Trincas no 1º Pavimento.....	37
Figura 15: Rachaduras e Fendas .....	38
Figura 16: Trincas e rachaduras decorrentes do mau assentamento dos blocos e baixa compatibilidade de matérias (ao centro) .....	39
Figura 17: Ruptura do revestimento externo das alvenarias em 20/07/2020 .....	40
Figura 18: Processo de selamento das fissuras e trincas sem sucesso .....	40
Figura 19: Diagrama de etapas do processo de tratamento das manifestações patológicas .....	42
Figura 20: Etapa de 1 realizada no tratamento .....	44
Figura 21: Chapisco (A) e detalhe do traspasse e grampeamento da tela de aço (B) .....	45
Figura 22: Talisca (A) e mensuração da espessura mínima de revestimento (B) .....	46
Figura 23: Aplicação da argamassa impermeável aditivada com plastificante.....	47
Figura 24: Aplicação de fundo polimérico e pintura.....	48
Figura 25: Eficiência hidrofugante do novo revestimento externo vs revestimento antigo .....	49

Figura 26: Corrosão em ponto de solda de vergas (A), pilares (B) e vigas estruturais (C) .....	50
Figura 27: Limpeza, correção e pintura das estruturas metálicas .....	51
Quadro 1: Características dos elementos constitutivos agressivos às estruturas .....	5
Quadro 2: Propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco, fases pré e pós aplicação .....	12
Gráfico 1: Comportamento das vergas do 4º Pavimento.....	25
Gráfico 2: Comportamento das vergas do 5º Pavimento.....	27
Gráfico 3: Comportamento das vergas do 6º Pavimento.....	28
Gráfico 4: Comportamento das vergas do 7º Pavimento.....	29
Gráfico 5: Comportamento das vergas do 8º Pavimento.....	31
Gráfico 6: Comportamento das vergas do 9º Pavimento.....	32
Gráfico 7: Comportamento das vergas do 10º Pavimento.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Referência de abertura de manifestações patológicas.....	8
Tabela 2: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 4º pavimento .....	24
Tabela 3: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 5º pavimento .....	26
Tabela 4: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 6º pavimento .....	27
Tabela 5: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 7º pavimento .....	29
Tabela 6: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 8º pavimento .....	30
Tabela 7: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 9º pavimento .....	31
Tabela 8: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 10º pavimento .....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACIII - Argamassa Colante tipo 3

cm - centímetros

L - litros

m - metros

mL - mililitros

mm - milímetros

Mpa - Mega Pascal

NBR - Norma Brasileira de Regulamentação

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Justificativa .....	2
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	<i>Objetivo geral</i> .....	2
1.2.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	3
2.	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.	O fenômeno das manifestações patológicas nas construções .....	4
2.2.	Tipos de manifestações patológicas em edificações .....	5
2.2.1.	<i>Corrosão de metais</i> .....	5
2.2.2.	<i>Ruptura de revestimento argamassado externo com surgimento de aberturas (Fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas)</i> .....	8
2.3.	Recuperação e reforço de estruturas e revestimentos .....	10
2.3.1.	<i>O tratamento anticorrosivo em estruturas metálicas</i> .....	10
2.3.2.	<i>Revestimento argamassado armado</i> .....	11
2.3.3.	<i>O uso de aditivo plastificante, aditivo impermeabilizante e aditivo copolímero vinílico em argamassas</i> .....	15
3.	METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS .....	17
3.1.	Classificação da pesquisa .....	17
3.2.	Planejamento da pesquisa.....	17
3.3.	Procedimento para coleta dos dados .....	17
3.4.	O empreendimento objeto do estudo.....	19
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
4.1.	Análise das manifestações patológicas nas estruturas de sustentação da alvenaria de vedação, revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação .....	20
4.1.1.	<i>Concepção estrutural</i> .....	20
4.1.2.	<i>Diagnóstico das manifestações patológicas nas estruturas de sustentação das alvenarias</i> .....	22
4.1.3.	<i>Diagnóstico das manifestações patológicas no revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação</i> .....	34

4.1.4. <i>Tratamento das manifestações patológicas no revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação</i> .....	41
4.2. Análise das manifestações patológicas em vigas e pilares da estrutura metálica.....	49
4.2.1. <i>Diagnóstico das manifestações patológicas nas estruturas metálicas</i> .....	50
4.2.2. <i>Tratamento das manifestações patológicas nas estruturas metálicas</i> .....	50
5. CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE .....	57

## 1. INTRODUÇÃO

A edificação de qualquer empreendimento requer atenção e controle em todo o seu processo construtivo desde o planejamento até a possível demolição. Muitos problemas podem surgir neste lapso temporal ocasionados por erros construtivos, vícios construtivos ocultos e aparentes, mal uso e falta de manutenção gerando manifestações que podem comprometer estruturalmente e/ou arquitetonicamente a edificação; o estudo destas manifestações denominamos de patologia das construções (GOMIDE, 2021).

O conhecimento sobre os processos construtivos é fator primordial na prevenção de anomalias que venham a acometer o empreendimento, trazendo com a aplicação de normas e instruções técnicas a garantia de um local seguro e com longevidade. Porém, a insistente prerrogativa de edificar sem planejamento, projetos, gestão e controle de qualidade ocasiona diversos pontos frágeis que fatalmente serão causas de manifestações patológicas geradoras de colapsos e, no mínimo, responsáveis pela interdição do local (CUNHA, 1996).

Uma vez instalados os distúrbios nas edificações, seja por qualquer erro nas fases construtivas, de vida útil ou de uso, torna-se necessário o tratamento das mesmas visando a eliminação e controle das manifestações patológicas e, por consequência, a restauração dos níveis de qualidade e uso do local garantindo a segurança e eficiência de sua utilização (GOMIDE, 2020).

Dentre todas as manifestações patológicas que surgem nas edificações, a corrosão de metais e o deslocamento de revestimentos (cerâmicos ou argamassados) constituem os de maior incidência no meio da construção civil, sendo responsáveis por inúmeras intervenções durante as fases de construção e manutenção predial (GOMIDE, 2021). Além disto, estas manifestações patológicas ocasionam não somente a redução da resistência e vida útil das estruturas como também uma repulsa estética com o surgimento de ferrugem nos metais, fissuras e trincas nas paredes, tetos e pisos de imóveis.

Assim, o presente trabalho trouxe a possibilidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos em patologia das construções em serventia a um edifício comercial acometido, durante seu processo de construção, por manifestações

patológicas que agrediram a sua estética e segurança. Onde pôde-se explorar desde o diagnóstico, passando pela intervenção e tratamento destas alterações com o objetivo de resgatar a qualidade do empreendimento.

## **1.1. Justificativa**

Um dos grandes desafios do ensino superior brasileiro é demonstrar e oferecer aos alunos a possibilidade de aplicação dos conceitos desenvolvidos em sala de aula, fato este de grande questionamento entre graduandos e até mesmo entre profissionais.

Segundo Lichtenstein (1985), a atuação profissional focada em análises de situações e problemas voltadas a processos construtivos tem sido caracterizada pela ausência ou inexistência de uma metodologia validada cientificamente. As orientações e fundamentações baseadas na experiência são transmitidas aos futuros profissionais sem um método, prevalecendo a “habilidade” muitas vezes de forma leiga e empírica, fato este que condiciona possíveis incoerências e completa ignorância no que tange aos achados de todos os trabalhos voltados ao tratamento de anomalias das construções.

Assim, o presente trabalho justifica-se pela possibilidade de aplicação em campo de conhecimentos adquiridos durante o curso de Bacharelado em Engenharia Civil, na área de patologia das construções, trazendo a vivência, responsabilidade e ética exigidos na atuação profissional estando ainda no período de graduação ofertando desta maneira um aprendizado teórico/prático de excelência.

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo geral***

Realizar uma análise diagnóstica no revestimento da face externa direita e estruturas metálicas do edifício *Sicoob Credialto* visando estabelecer as causas do surgimento das manifestações patológicas bem como desenvolver o tratamento e recuperação destas estruturas.

### **1.2.2. *Objetivos específicos***

- Analisar a estrutura metálica de apoio da alvenaria de vedação, vigas e pilares metálicos;
- Analisar a composição do material utilizado no revestimento externo da edificação;
- Analisar a dimensão das aberturas ocasionadas pelo surgimento da manifestação patológica;
- Diagnosticar a causa do surgimento das afecções na edificação;
- Realizar a recuperação e contenção das anomalias;

## **2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo serão abordados os conceitos gerais sobre as anomalias construtivas que acometeram a edificação alvo deste estudo trazendo os fundamentos teóricos e achados científicos sobre o processo de diagnóstico e tratamento das manifestações patológicas envolvidas.

### **2.1. O fenômeno das manifestações patológicas nas construções**

O termo “patologia” é derivado do grego (páthos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa “estudo da doença”, este fenômeno ocorrido nas construções está presente na área da Engenharia Civil desde seus primórdios tendo como principais manifestações patológicas o surgimento de trincas, fissuras, deslocamento de peças cerâmicas, infiltrações e umidade, dentre outras (SOUZA, 1998).

Esta ciência evoluiu em grande escala nas últimas décadas tendo como principal objetivo pesquisar, esclarecer e emitir parecer sobre problemas em construções advindos de várias possíveis causas (THOMAZ, 2020).

Segundo a NBR 15575/2013; manifestações patológicas na construção civil são definidas como não conformidades que se manifestam no produto em função de falhas no projeto, na fabricação, na instalação, na execução, na montagem, no uso ou na manutenção, bem como problemas que não decorram do envelhecimento natural, ou seja, toda e qualquer anomalia decorrente de fatores externos ao tempo.

Estes fenômenos ocorrem devido a não previsão de variações de temperatura (bruscas ou não), recalques de solo, chuvas e ventos fortes e outros fatores ambientais que provocam mudanças térmicas, higroscópicas e geológicas nos empreendimentos. Estes elementos podem ser de movimento reversível ou irreversível, podendo ser classificados segundo o Quadro 01.

Quadro 1: Características dos elementos constitutivos agressivos às estruturas

<b>Natureza do movimento</b>	<b>Movimento</b>	<b>Reversibilidade</b>
Variação da temperatura	Movimento brusco pelo choque térmico	Reversível
	Movimento térmico	
Ação da umidade	Movimento higroscópico	Irreversível
	Retração das camadas de argamassa de emboço	
Comportamento intrínseco dos elementos do edifício	Movimentos da estrutura devido às cargas permanentes: peso próprio, fluência, retração	Irreversível
Ação do vento	Movimento do edifício devido a cargas de vento	Irreversível / Reversível

Fonte: Adaptado de Antunes (2016).

## **2.2. Tipos de manifestações patológicas em edificações**

O presente trabalho evidenciou basicamente dois problemas na edificação; corrosão em vigas e pilares de aço e ruptura de revestimento argamassado externo com surgimento de aberturas. As características de cada uma destas disfunções serão descritas a seguir.

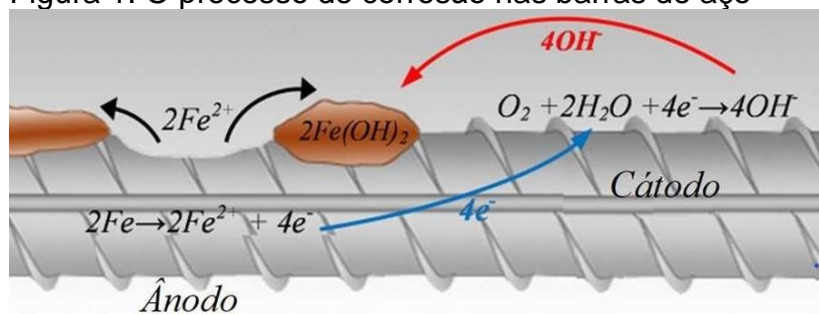
### **2.2.1. Corrosão de metais**

As vigas e pilares de aço possuem a função básica de proporcionar ao componente construtivo a resistência aos esforços de flexão, torção e tração aplicados em decorrência das cargas desferidas às estruturas. Estas estruturas, quando expostas ao ar atmosférico ou ambiente agressivo, reagem quimicamente com o meio o qual ocasiona o processo denominado corrosão, em que se gera a perda da integridade do material reduzindo sua resistência, conseqüentemente, produz-se problemas estruturais nas edificações; a esta ação deletéria denomina-se no meio da engenharia civil manifestação patológica corrosiva (CALISTER JR, 2021; GENTIL, 2011; SENA, 2020).

O principal componente da liga que compõe os perfis é o ferro (matéria prima do aço), sendo que nesta, durante o fenômeno de corrosão, são formadas duas regiões denominadas ânodo e cátodo em que, na primeira ocorrem as reações de oxidação e, por conseqüência, a segunda sofre reações de redução.

Na situação de equilíbrio eletroquímico não ocorre a corrosão que, de forma bem resumida, somente acontece quando os elétrons transitam do ânodo para o cátodo gerando degradação do material e, como dito anteriormente, ocasionando o surgimento de anomalias da construção (CALISTER JR, 2021; GENTIL, 2011). A Figura 1 ilustra esse fenômeno e as consequências dele no material agredido.

Figura 1: O processo de corrosão nas barras de aço

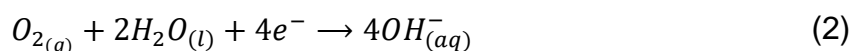


Fonte: Adaptado de Portland Cement Association (2013).

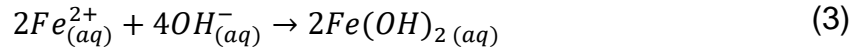
Nesta reação eletroquímica é criada uma diferença de potencial que se denomina como corrente de corrosão entre as áreas anódica e catódica na superfície da estrutura de aço. O processo consiste na liberação de elétrons da liga de aço ocasionando a oxidação do ferro, a Equação 1 ilustra este processo (GENTIL, 2011; SENA, 2020).



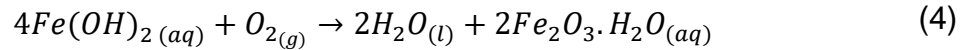
Os íons migram da barra de aço em direção as regiões catódicas e quando combinados a água e oxigênio presentes no eletrólito ocasionam uma reação de redução produzindo íons hidroxilas como ilustrado na Equação 02 (CALISTER JR, 2021; GENTIL, 2011; SENA, 2020).



Neste momento, os íons hidroxila estando em meio aquoso se combinam com os íons de ferro formando hidróxidos de ferro como mostrado na Equação 3 (CALISTER JR, 2021; GENTIL, 2011; SENA, 2020).



E por fim, ocorre a reação do oxigênio com o hidróxido de ferro gerando o óxido de ferro hidratado, denominado “ferrugem castanha” como demonstrado pela Equação 4 (CALISTER JR, 2021; SENA, 2020).



Com a descrição supracitada pode-se concluir que o processo de corrosão necessita de dois integrantes essenciais: da água como meio de transporte aquoso de eletrólitos e fornecedor de íons hidroxila; e do oxigênio para as reações de redução (CALISTER JR, 2021).

Nos momentos iniciais da corrosão, uma fina camada de óxido de ferro é formada recebendo o nome de camada de passivação, se desenvolvendo ao redor da barra como mecanismo de proteção contra o avanço do processo corrosivo. Porém, esta proteção resiste somente em ambiente alcalino sendo progressivamente degradada em pH abaixo de 12,5 (GENTIL, 2011; SENA, 2020).

A corrosão gera problemas de ordem mecânica ocasionando a redução da segurança e do desempenho em estruturas metálicas, os fenômenos com maior incidência são a redução da área transversal, o surgimento de fissuras em torno dos elementos das peças metálicas, a redução da aderência a aplicação de revestimentos e a redução da ductilidade (SENA, 2020).

Porém, os impactos que a corrosão gera sobre os metais são mais devastadores que a própria degradação do material. Estima-se que, mundialmente, sejam gastos em torno de US\$ 2,5 trilhões anualmente para a correção de estruturas degradadas, sendo que em torno de um terço deste valor poderia ser economizado empregando técnicas e materiais mais resistentes. De acordo com Kronn *et al*, evidenciou-se que aproximadamente US\$ 330 bilhões destes custos foram pelo mal uso ou desuso de melhores práticas que versassem a prevenção da corrosão, ou seja, caso os metais fossem tratados com revestimentos, todo esse volume de capital poderia ser investido em outros setores da sociedade, como por exemplo, no tratamento de pacientes com necessidades de tratamentos invasivos ou químicos.

Em 2015, o Brasil teve 4% de seu PIB consumido pelo tratamento e recuperação de materiais corroídos, o equivalente na época a U\$ 60 milhões sendo o litoral a região mais afetada, em torno de 150 vezes mais que a zona rural (IZA, 2015).

### **2.2.2. Ruptura de revestimento argamassado externo com surgimento de aberturas (Fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas)**

As aberturas em revestimentos, pisos e lajes constituem uma das afecções construtivas com maior incidência na construção civil podendo ser caracterizadas de acordo com seu nível de abertura (THOMAZ, 2020).

Para Junginger (2017), as fissuras podem decorrer da retração por secagem da argamassa, deformações diferenciais entre estrutura e alvenaria, tensões nos cantos de janelas, temperatura, fluência e outros. Estudos apontam que as falhas no revestimento também podem estar relacionadas a deficiência no projeto e/ou falta de conhecimento quanto as características e quanto a eficácia dos materiais utilizados, erro na execução do procedimento, mão de obra desqualificada, problemas de manutenção ou ineficácia na aplicação das normas técnicas relacionadas (THOMAZ, 2020).

O nível e classificação da abertura pode ser descrito segundo Sena (2020) e definido pelo tamanho de sua abertura (Tabela 01).

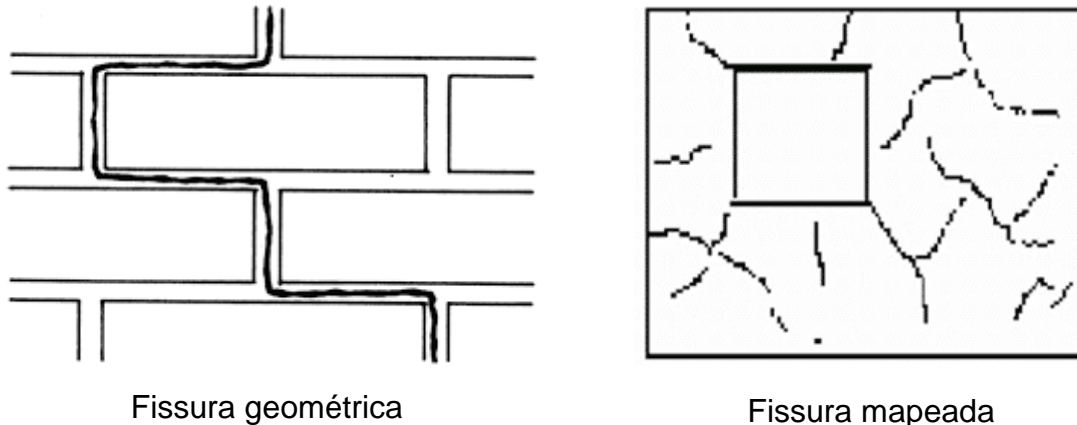
Tabela 1: Referência de abertura de manifestações patológicas

<b>Anomalias</b>	<b>Aberturas (mm)</b>
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Adaptado de Sena (2020).

As aberturas (fissuras, trincas, rachaduras, fendas ou brechas) são classificadas primeiramente segundo sua forma de manifestação podendo ser geométrica ou mapeada (THOMAZ, 2020). A Figura 2 nos remete exemplos destas manifestações patológicas.

Figura 2: Classificação das fissuras quanto ao seu desenho



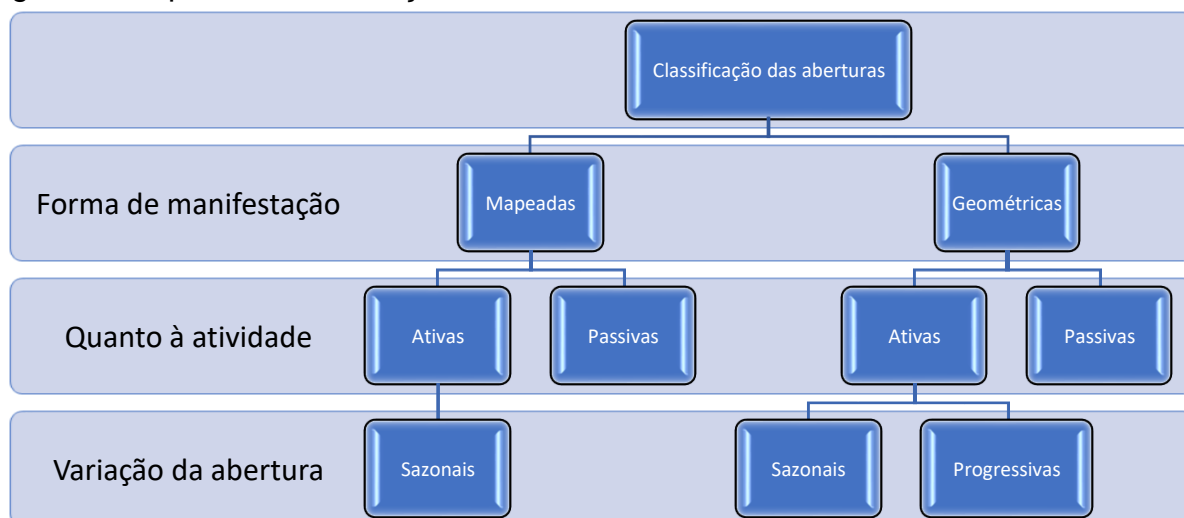
Fonte: Adaptado de Thomaz (2020).

Aberturas de forma geométrica podem ocorrer em elementos da alvenaria, intersecção alvenaria/estrutura, estrutura e em suas juntas de assentamento, sendo mais agressiva e profunda, podendo gerar instabilidade e colapso. Enquanto as formas mapeadas são mais comuns na superfície dos locais avaliados e ocorrem devido a retração das argamassas, excesso de fino no traço ou excesso de desempenamento, sendo com frequência superficiais (THOMAZ, 2020; SENA, 2020).

O nível de atividade destas aberturas é classificado segundo sua progressão sendo de forma ativa quando ocorre o aumento da abertura durante um período avaliado, ou, de forma passiva quando o nível de abertura estabilizado permanece estabilizado em uma lacuna temporal (THOMAZ, 2020; SENA, 2020).

O último item a ser avaliado, no que se trata o tema aberturas em edificações, é quanto à variação do tamanho onde sua aplicação ocorre somente caso a sua forma seja ativa, podendo ser sazonal ou progressiva. Na sazonal o tamanho da abertura oscila em redução e aumento, como exemplo temos fissuras ocasionadas por variação da temperatura ambiente, nas progressivas a abertura aumenta seu tamanho sem redução (THOMAZ, 2020). A Figura 3 ilustra as etapas de classificação desta manifestação patológica.

Figura 3: Etapas de classificação das aberturas



Fonte: Adaptado de Thomaz (2020).

Uma forma muito comum de origem de rupturas que originam as aberturas são as de origem higrotérmica, resultantes dos pontos de contato de materiais que apresentam simultaneamente coeficientes de dilatação térmica diferentes, e diferentes dilatações provocadas pela maior ou menor absorção de água (THOMAZ, 2020; SENA, 2020). No edifício em estudo a presente constante de contato entre alvenaria, revestimento e estrutura metálica sem o devido tratamento pode ter sido um dos possíveis causadores das anomalias.

## 2.3. Recuperação e reforço de estruturas e revestimentos

### 2.3.1. O tratamento anticorrosivo em estruturas metálicas

Anomalias relacionadas à corrosão abrangem quaisquer ações e medidas realizadas em todas as fases construtivas de um empreendimento, desde a escolha do material até o meio ao qual será aplicado o mesmo. Sendo assim, pode-se utilizar métodos de proteção de acordo com a especificidade do uso promovendo a longevidade do material. Dos diversos métodos para proteção anticorrosiva podemos citar os revestimentos, que são compostos de películas interpostas entre a superfície metálica e o meio ambiente, protegendo o substrato metálico por ação galvânica (GENTIL, 2011).

A pintura anticorrosiva é uma técnica simples, com relação custo/benefício atraente e de fácil aplicação e manutenção, proporcionando além da proteção à corrosão uma melhoria na estética, segurança, impermeabilização, redução da rugosidade, dentre outros benefícios. Este tipo de pintura após aplicada é composta de três características: barreira física (relacionada a espessura de tinta aplicada), proteção anódica (passivação anódica com películas tipo primer) e proteção catódica (passivação catódica com película tipo polimérica) (LETA, 2020).

### **2.3.2. Revestimento argamassado armado**

O sistema de revestimento argamassado é a forma mais utilizada na construção civil brasileira e tem sido melhorado e modificado nas últimas décadas através do uso de novos materiais, sua definição é segundo a NBR 15575/2013 um composto cimentício de mistura de cimento, agregado miúdo e aditivos. Este material é possuidor de características e propriedades de aderência e endurecimento de acordo com o tipo de aglomerante, agregado miúdo, água e aditivos utilizados na mistura (BAUER, 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002) o revestimento argamassado é composto pelas seguintes camadas:

- a) Chapisco: tem como objetivo uniformizar a absorção e melhorar a aderência do revestimento;
- b) Emboço: tem como objetivo regularizar a superfície;
- c) Reboco: camada de acabamento permitindo o recebimento de revestimento decorativo ou pintura.

Para uma melhor definição das características de uma argamassa, Albuquerque (2019) descreve em seu trabalho as propriedades da argamassa de revestimento em estado fresco nas fases de pré e pós aplicação conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco, fases pré e pós aplicação

	<b>PROPRIEDADES</b>	<b>CONCEITO</b>
<i>Fase Pré-aplicação (estado fresco)</i>	Trabalhabilidade	Propriedade relacionada com a facilidade de operação com a argamassa, incluindo seu manuseio e aplicação
	Plasticidade	Propriedade que a argamassa tem em se deformar, sem que ocorra a ruptura, quando há forças atuando sob o material
	Teor de ar incorporado	Propriedade que confere a argamassa maior leveza, plasticidade, e trabalhabilidade a partir da formação de microbolhas entre as partículas de aglomerante, agregados e água
	Densidade de massa	Propriedade relativa ao peso do material em uma determinada quantidade de volume
<i>Fase Pós-aplicação (estado fresco)</i>	Consistência	Propriedade de resistência ao escoamento do material após aplicado.
	Retenção de água	Propriedade da argamassa em manter a água em sua composição durante o período de cura
	Adesão inicial	Propriedade que confere ao material a capacidade de fixar-se ao substrato imediatamente após a aplicação.
	Porosidade	Propriedade que garante o fluxo de água do meio mais concentrado (argamassa) para o menos concentrado (substratos) promovendo o transporte de pasta cimentícia para a superfície porosa de base gerando o intertravamento mecânico do material por ancoragem físico/química.

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2019).

Assim sendo, busca-se para uma argamassa armada todas as características supracitadas e a incorporação de uma armadura metálica com suas funções de estruturação e estabilização aos esforços.

O uso de armadura em tela metálica entrelaçada com malha hexagonal de aço para fins de produção de uma argamassa armada (CARVALHO, 2021), corrigindo e prevenindo aberturas desde fissuras até fendas, tem sido amplamente utilizado há

anos no meio da construção civil. Macedo (2018) relata em seu estudo de avaliação do tratamento de trincas na recuperação de revestimentos de fachada resultados satisfatórios no uso de metodologia de aplicação deste material.

As telas metálicas entrelaçadas com malha hexagonal de aço são recursos utilizados para reforço de sistemas de revestimento argamassado visando a prevenção e reparo de manifestações patológicas de aberturas indesejadas em superfícies. Este recurso garante a continuidade do revestimento, promovendo a compatibilização entre camadas, distribuindo tensões e garantindo segurança, resistência e longevidade a fachadas (NEVES, 2011).

O posicionamento da tela metálica entrelaçada com malha hexagonal de aço em revestimentos argamassados deve ocorrer na camada interna do mesmo, entre o chapisco e demais camadas (Figura 4) ou junto à alvenaria, esta última utilizada somente em espaços internos (NEVES, 2011). A NBR 7200/98 define a obrigatoriedade do uso destas telas em locais com grande variabilidade de materiais a serem aderidos simultaneamente, criando uma zona de dissipação de tensões capaz de suportar movimentações decorrentes de fatores estruturais e/ou ambientais.

Figura 4: Posicionamento correto das telas de aço em revestimento argamassado



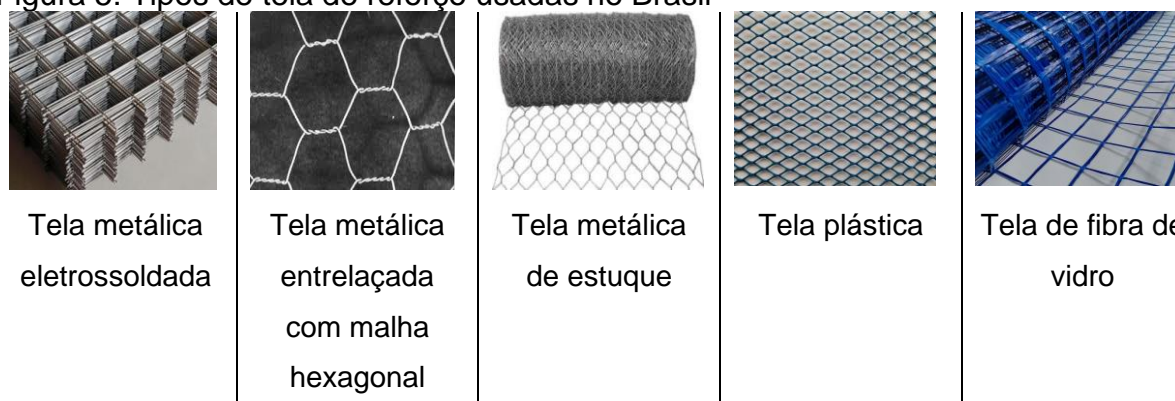
Fonte: Imagem da internet disponível em <https://www.telasmm.com.br/varejo/telas-de-fibra-devidro-estruque.php>, acesso em 25/07/2023.

Carmona (2005) e Maciel (1998) relatam em seus estudos que a utilização de telas são as principais medidas de reparo de fissuras, o uso deste material dever ser feito em regiões de elevadas tensões da interface alvenaria/estrutura. O uso

destas telas, segundo diversos estudos, pode retardar o surgimento de fissuras distribuindo a tensão e provocando maior resistência, melhor tenacidade à flexão e maior resistência a fadiga (SPECK, 2014; ANTUNES, 2016; OLIVEIRA, 2001; SOUZA, 1998).

Atualmente em nosso país são utilizadas na confecção de argamassa armada, principalmente em fachadas externas: telas metálicas eletrossoldadas, com malha quadrada 25x25 mm, e diâmetro nominal do fio de 1,24 mm ou 1,65 mm; telas metálicas entrelaçadas com malha hexagonal e abertura de 12,5 mm, 25,0 mm e 50 mm; tela metálica de estuque tipo deployeé, com malha losangular, cordão 0,18 mm, malha 1"; existem ainda telas plásticas e telas de fibra de vidro revestidas com poliéster, com malha quadrada (2x2) mm, (5x5) mm e (9x9) mm (Figura 5).

Figura 5: Tipos de tela de reforço usadas no Brasil



Fonte: Imagem da internet disponível em <https://www.tegape.com.br/>, acesso em 21/07/2023.

Coelho (2021) relata em seu trabalho que em um teste de eficiência utilizando-se diversos formatos a tela hexagonal com abertura de 12,5 mm, com posição da tela no meio da seção teve o melhor resultado quanto a tensão de tração na flexão, como média definida de 4,56 MPa. Este achado condicionou o tipo de tela que será utilizado no presente trabalho.

Em função do uso de uma tela metálica entrelaçada com malha hexagonal de aço galvanizado com o objetivo de criar uma argamassa armada (CARVALHO, 2021), não se recomenda o uso de cal na produção do mesmo, pois, os componentes químicos de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio são corrosivos sendo plenamente substituível por aditivos plastificantes (GENTIL, 2011; SENA, 2020).

### **2.3.3. O uso de aditivo plastificante, aditivo impermeabilizante e aditivo copolimérico vinílico em argamassas**

Segundo a NBR 13529/2013, aditivo é um produto adicionado à argamassa com o objetivo de melhorar suas propriedades tanto no estado fresco quanto endurecido. Existem diversos tipos de aditivos com diferentes funções, a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002) define os 6 mais utilizados na indústria como:

1. *Redutor de água (plastificante)*: melhora a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água;
2. *Retentores de água*: reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca conferindo retenção e sucção de água por bases absorventes;
3. *Incorporadores de ar*: formam microbolhas de ar aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade;
4. *Retardador de pega*: retardam a hidratação do cimento proporcionando um tempo maior de utilização;
5. *Aumentadores de aderência*: proporcionam aderência química ao substrato;
6. *Hidrofugantes*: reduzem a absorção de água da argamassa na fase endurecida.

No presente estudo, visando produtos que fossem perfeitamente aderentes, estáveis, resistentes e hidrofóbicos, optou-se pela produção de 2 tipos de argamassa.

Na primeira, utilizada no chapisco, foi incorporado a argamassa um aditivo aumentador de aderência copolímero de álcool polivinílico, trata-se de resina sintética, de alto desempenho, que proporciona aderência das argamassas aos mais diversos substratos criando uma ponte de ligação química aderente entre superfícies de diferentes materiais (MORAIS, 2022).

A segunda, utilizada no emboço/reboco, incorporou-se um aditivo redutor de água (plastificante) e um aditivo hidrofugante visando a melhoria da trabalhabilidade da argamassa e incorporando uma impermeabilização em todo o substrato cimentício (CALISTER JR, 2021; BAUER, 2019).

Morais (2022) cita em seu trabalho que as argamassas aditivadas com aditivo plastificante apresentaram menor densidade demandando menor volume de água para se obter a mesma consistência quando comparadas a argamassa sem aditivos.

Durante um experimento usando corpos de prova de concreto aditivados com hidrofugante, Alexandre (2016) relatou que o uso destes aditivos gera uma argamassa polimérica eficiente e satisfatória no que tange a redução de percolação de água.

Assim, podemos justificar a incorporação destes aditivos em todo o processo de recuperação e tratamento dos distúrbios que acometeram o edifício comercial objeto do presente estudo.

### **3. METODOLOGIA PARA DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

O presente estudo visou a pesquisa e coleta de dados relacionados a manifestações patológicas ocorridas em um edifício comercial na cidade de Piumhi/MG focando na implantação de soluções que trataram e sanaram estas disfunções sendo, portanto, classificada como estudo de caso.

Este trabalho é definido como pesquisa qualitativa de intervenção prática tendo em vista que sua interpretação no que tange as informações coletadas atribui soluções e processos de correção para eliminação dos problemas identificados no empreendimento.

#### **3.2. Planejamento da pesquisa**

Diante da enorme quantidade de construções com problemas relacionados a um desempenho insatisfatório, surge a necessidade de analisar parte desses problemas individualmente e buscar pela implantação de métodos para tais análises.

Ainda que a patologia não deva se basear somente nas intuições pessoais, a eficiência na resolução dos problemas é função da vivência do profissional envolvido. O sucesso na resolução dos problemas depende do alcance, da abertura e plenitude da capacidade desse profissional de perceber e vivenciar a própria experiência. Diante disto, o registro das manifestações patológicas foi executado segundo proposto por Lichtenstein (1985).

#### **3.3. Procedimento para coleta dos dados**

A obtenção de subsídios que sirvam de prerrogativa no processo de interpretação das causas de surgimento de uma manifestação patológica é de suma importância e necessário para o entendimento completo das manifestações. Lichtenstein (1985) define que estas informações podem ser obtidas de três formas; vistoria do local, levantamento histórico do problema e resultado das análises.



### **3.4. O empreendimento objeto do estudo**

O edifício objeto do presente trabalho tem finalidade comercial sendo composto de 10 pavimentos (subsolo, térreo e mais 8 pavimentos), localizado a Rua Miguel Couto, nº 351, no centro da cidade de Piumhi/MG sendo utilizado para fins de matriz da cooperativa bancária Sicoob Credialto.

No processo de construção utilizou-se o sistema de estruturas mistas (estrutura metálica e concreto armado) iniciando um marco neste tipo de tecnologia na cidade e recebendo o status de edificação com o maior número de pavimentos no município.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise das manifestações patológicas nas estruturas de sustentação da alvenaria de vedação, revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação

#### 4.1.1. Concepção estrutural

Para compreendermos melhor os distúrbios construtivos que surgiram na edificação, foi necessário investigar o método construtivo utilizado na concepção do empreendimento.

Alterações de projeto ocorreram durante todo o processo de concepção, uma destas foi o avanço de 15 cm em balanço das lajes em relação aos pilares utilizando-se deste recurso para que as fachadas laterais não tivessem interrupção nas esquadrias. Em decorrência da redução da seção dos pilares à medida em que o edifício aumenta sua altura, no último pavimento a laje fica em balanço maior que o inicial sendo utilizado, com o objetivo em fazer a verga e a contraverga das janelas e portas, perfis metálicos tipo U soldados na estrutura das vigas do prédio (Figura 7).

Figura 7: Concepção construtiva do edifício



Fonte: Arquivo Sicoob Credialto (2020).

Para a execução das lajes utilizou-se concreto usinado de 30MPa no 1º pavimento (Subsolo), 2º pavimento (Agência) e 3º pavimento (Auditório); nos demais pavimentos foram utilizados concreto usinado de 25 MPa, malha pop 15x15 cm média e dimensões de 2,0x3,0 m de 5,0 mm de diâmetro e ferragens negativas sendo a altura das lajes de 15 cm.

No assentamento dos blocos utilizou-se inicialmente argamassa polimérica, porém, não se obteve boa eficiência optando-se por utilizar argamassa de assentamento convencional em sua continuidade. A cada fiada de bloco elevada, foram utilizados grampos de ancoragem (ferro cabelo) entre alvenaria e pilar visando a prevenção de trincas, sendo os mesmos soldados nas estruturas. Dessa forma a movimentação do prédio não causaria problemas na alvenaria apesar de ter sido concebido após conclusão do projeto estrutural.

Para o revestimento externo das paredes foram utilizados no traço: 4 pacotes (20kg/cada) de argamassa ACIII; 2 carrinhos de areia (6 latas), sendo aplicado na lateral direita do prédio. Já na fachada dos fundos e da lateral esquerda do prédio foram utilizados o traço: 4 pacotes (20kg/cada) de ACIII + 2 carrinhos de areia (6 latas) +1/2 saco de cimento (Figura 8).

Figura 8: Revestimento das fachadas e fundos

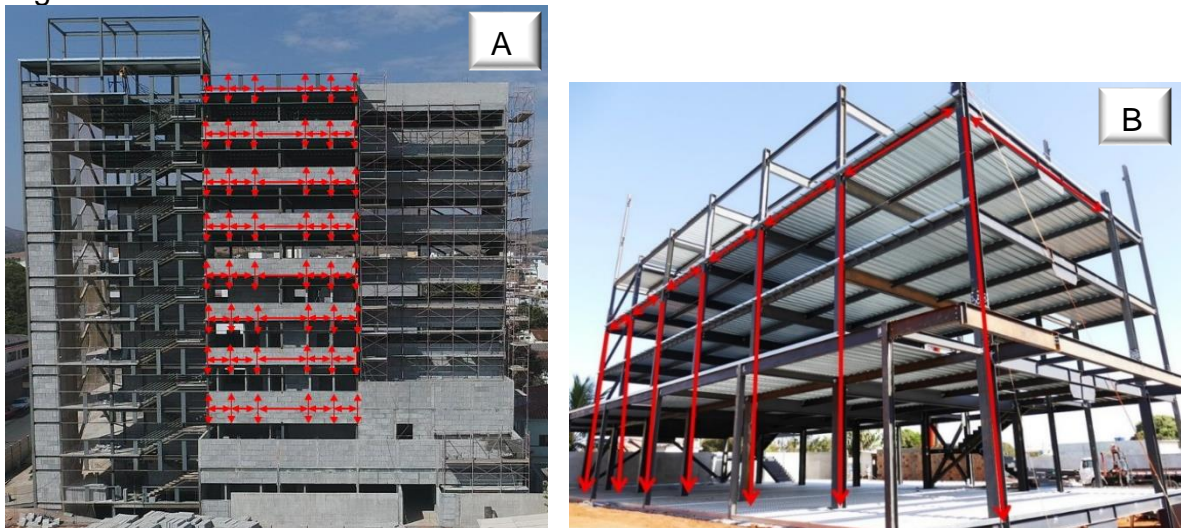


Fonte: Arquivo Sicoob Credialto (2020).

#### **4.1.2. Diagnóstico das manifestações patológicas nas estruturas de sustentação das alvenarias**

Ao se utilizar nas estruturas das vergas e contravergas do edifício perfis metálicos tipo U soldados em suportes na estrutura das vigas do edifício, a movimentação ocasionada por fatores ambientais e características do sistema construtivo geraram a aplicação de esforços de flexão e torção nestas peças (Figura 9-A), transmitindo à alvenaria estas tensões, sendo o correto a dissipação destas cargas direcionadas às vigas e pilares, deslocando toda força diretamente às fundações (Figura 9-B).

Figura 9: Dissipação das tensões e cargas sobre a estrutura de sustentação das vergas



Fonte: Arquivo Sicoob Credialto (2020).

Além disso, toda a estrutura de sustentação das testadas das janelas foram soldados sem seguir um alinhamento correto, prejudicando o assentamento dos blocos e dificultando o alinhamento das paredes, contribuindo para a assimetria da linha de alvenaria e, conseqüentemente, na má dissipação de tensões (Figura 10).

Figura 10: Verga desalinhada em relação ao eixo horizontal



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Em uma primeira análise buscou-se verificar o quanto a movimentação poderia ter gerado deformações na estrutura de sustentação da alvenaria, isto foi mensurado através da medida de altura entre peitoril e testada conforme explicado na metodologia do presente estudo e considerado o maior valor mensurado em cada um dos vãos entre pilares.

O diagnóstico de deflexão das vergas de aço nos pavimentos comprometendo a estrutura mista de alvenaria de blocos/estrutura metálica. A oscilação da altura entre os vãos compromete a instalação e funcionalidade de esquadrias e vidros; sendo também possível causa de surgimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas.

As medidas foram realizadas no lado direito da edificação (tendo como ponto de referência o posicionamento de frente a rua) com distâncias a cada 1 metro no sentido horizontal, após a demarcação dos pontos foi mensurada a altura entre a pedra do peitoril e a verga de aço. Através desta análise foi possível verificar os pontos de maior flexão das vergas, denotando a área em que possivelmente este ocorrendo o maior momento fletor da verga.

Com uma análise do posicionamento das vergas de aço, pode-se perceber que as mesmas se encontravam fora do alinhamento (Figura 10), com proeminências

curvilíneas em boa parte de sua extensão. A análise gráfica dos dados obtidos com a altura dos vãos demonstrou a existência de vários pontos de tensão axial e rotacional denotando um estresse a estrutura e dissipação das forças diretamente sobre a alvenaria, gerando as fissuras, trincas e rachaduras nos elementos de alvenaria e seu revestimento.

A metodologia utilizada para verificação dos possíveis efeitos de carga nas estruturas de sustentação das alvenarias (altura entre peitoril e testada) configura-se como uma alternativa para a obtenção de dados referentes ao comportamento da aplicação de forças sobre um elemento estrutural. Justifica-se o uso deste método devido aos pontos de apoio das vergas encontrarem-se completamente inacessíveis para demarcação de locais de referência estando obstruídos por elementos de vedação e outros elementos metálicos, impossibilitando o uso de metodologias tais como medidas de deflexão de estruturas por alinhamento com nível a laser.

Ressalta-se que nos gráficos pode-se perceber este evento, ao realizar a leitura deve-se levar a análise de que, quanto mais retilíneo a linha de medidas, menor é o nível de estresse gerado na estrutura, sendo o contrário verdadeiro.

Na Tabela 2 é possível verificar que o maior valor de diferença entre o peitoril (contraverga) e testada (verga) foi de 5,0 mm entre os pilares 3-4, um efeito interessante foi a observação de aumento da altura entre estas duas estruturas em vários pontos denotando que a deformação das vergas não foi segundo prescrito na literatura por Kassimali (2015).

Tabela 2: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 4º pavimento

4º pavimento						
Distância entre pilares (m)	Diferenças entre pontos de medida (mm)					
	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	
Pilares 1 - 2	5,00	2,00	3,00	0,00	0,00	5,00
Pilares 2 - 3	5,01	0,00	2,00	3,00	1,00	0,00
Pilares 3 - 4	5,01	0,00	5,00	4,00	3,00	9,00
Pilares 4 - 5	5,00	1,00	4,00	2,00	0,00	3,00
Pilares 5 - 6	5,02	2,00	1,00	0,00	3,00	0,00
Pilares 6 - 7	5,01	2,00	2,00	7,00	7,00	2,00

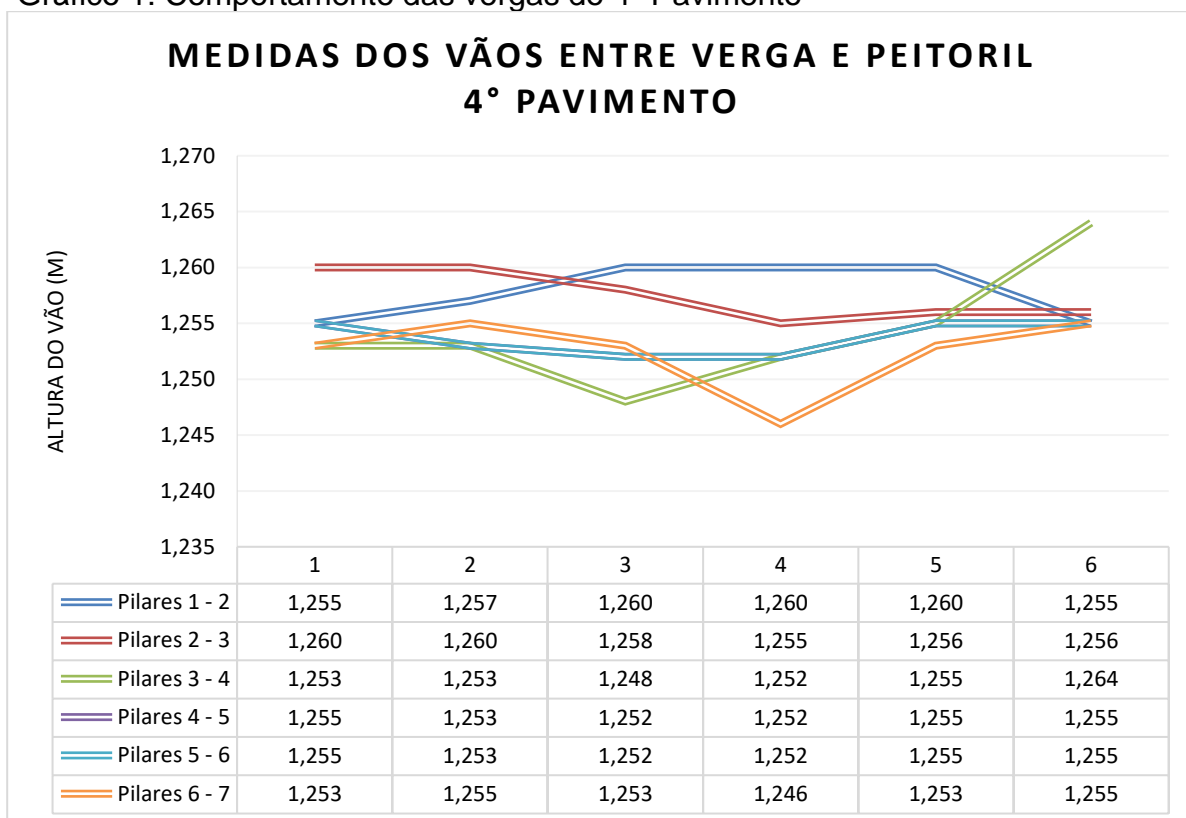
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

Na leitura do comportamento gráfico percebe-se que ocorrem grandes incidências de reduções na altura dos vãos nos pontos 03 e 04 denotando pontos de flexão axial das vergas. Este movimento, assim como nos demais pavimentos, provavelmente ocorreu por um alívio de tensões geradas nas lajes em decorrência da movimentação do edifício, da movimentação da própria laje e do peso próprio da laje do pavimento em questão (Gráfico 1).

Gráfico 1: Comportamento das vergas do 4º Pavimento



A Tabela 3 traz os resultados no 5º pavimento, fenômenos semelhantes ocorreram aos observados no nível inferior ao presente com uma redução máxima de 5,00 m entre os pilares 1-2. A oscilação de altura também ocorreu em toda a extensão entre pilares como visualizado nas vergas do 4º pavimento, deixando uma dúvida quanto à forma de alinhamento e apoio desta estrutura durante sua fase de execução.

Estas oscilações, mesmo que mínimas, podem acarretar a dificuldade de instalação das futuras esquadrias sendo necessários a aplicação de calços em diversos pontos, o que prejudica a longevidade e funcionamento deste tipo de material (SENA, 2020; GOMIDE, 2020).

Tabela 3: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 5º pavimento

<b>5º pavimento</b>		<b>Diferenças entre pontos de medida (mm)</b>				
<b>Distância entre pilares (m)</b>		<b>1 - 2</b>	<b>2 - 3</b>	<b>3 - 4</b>	<b>4 - 5</b>	<b>5 - 6</b>
Pilares 1 - 2	5,04	3,00	1,00	5,00	4,00	2,00
Pilares 2 - 3	5,04	4,00	4,00	1,00	3,00	2,00
Pilares 3 - 4	5,05	2,00	1,00	0,00	0,00	8,00
Pilares 4 - 5	5,04	1,00	4,00	1,00	0,00	2,00
Pilares 5 - 6	5,04	0,00	0,00	2,00	1,00	5,00
Pilares 6 - 7	5,04	0,00	0,00	0,00	3,00	1,00

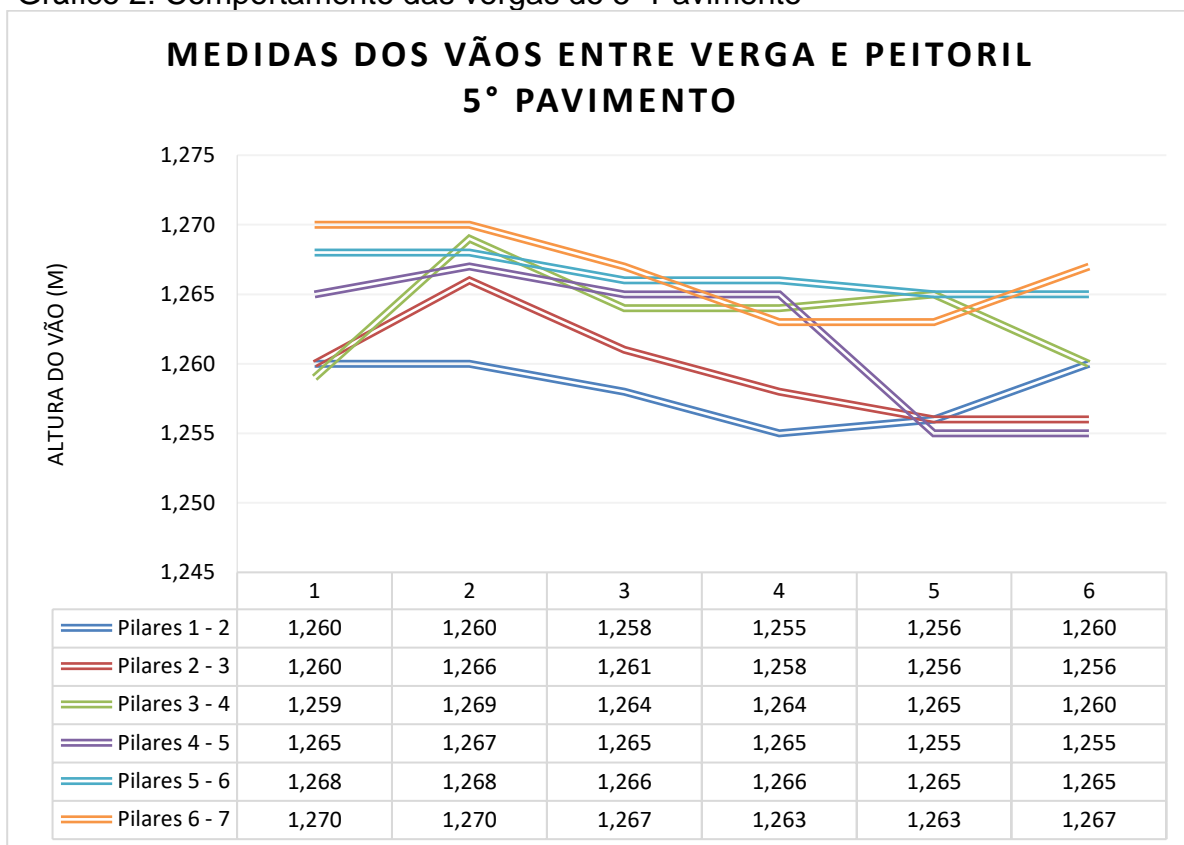
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

Neste pavimento (Gráfico 2), comparando-se graficamente, a oscilação de picos entre redução e aumento da altura dos vãos foi mais disperso, não apresentando tendências de comportamento. Isto ocorre devido a múltiplas aplicações de tensões axiais e torções sobre o eixo dos perfis das vergas gerando deformações não somente na estrutura metálica, como também na alvenaria de vedação (fissuras e trincas) (KASSIMALI, 2015).

Gráfico 2: Comportamento das vergas do 5º Pavimento



Em um primeiro momento, ao analisar-se as diferenças entre medidas da altura entre verga/contraverga do 6º pavimento (Tabela 4), percebe-se a mesma tendência encontrada no 4º pavimento com grandes oscilações dispersas entre si, sendo a maior redução de 5,0 mm entre os pilares 1-2.

Tabela 4: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 6º pavimento

Distância entre pilares (m)	Diferenças entre pontos de medida (mm)				
	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
Pilares 1 - 2	3,00	1,00	5,00	4,00	2,00
Pilares 2 - 3	4,00	4,00	1,00	3,00	2,00
Pilares 3 - 4	2,00	1,00	0,00	0,00	8,00
Pilares 4 - 5	1,00	4,00	1,00	0,00	2,00
Pilares 5 - 6	0,00	0,00	2,00	1,00	5,00
Pilares 6 - 7	0,00	0,00	0,00	3,00	1,00

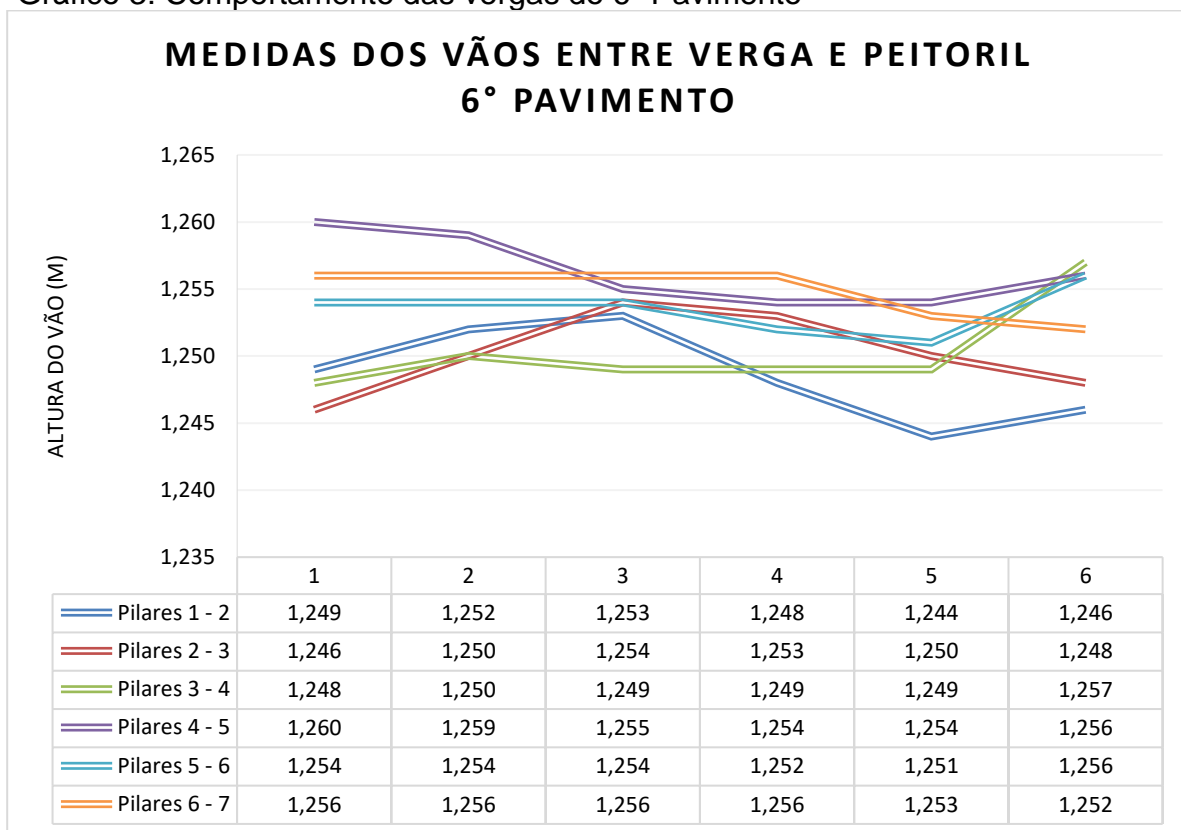
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

Graficamente o 6º pavimento apresentou um comportamento semelhante ao 4º pavimento, com picos de redução de altura dos vãos no ponto 05 denotando um acréscimo de tensão por flexão axial neste local (Gráfico 3). Em todos os casos, a redução ou aumento na altura dos vãos em pontos localizados determina a aplicação de forças que, por ações de reação do material da alvenaria, geram inicialmente as fissuras que, com o tempo e constante aplicação de tensões, evoluem para trincas e rachaduras, podendo evoluir até fendas (SAHADE, 2005; SENA, 2020).

Gráfico 3: Comportamento das vergas do 6º Pavimento



Para o 7º pavimento, observou-se o comportamento das vergas segundo a Tabela 5.

Tabela 5: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 7º pavimento

7º pavimento		<i>Diferenças entre pontos de medida (mm)</i>				
	<i>Distância entre pilares (m)</i>	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
Pilares 1 - 2	5,08	3,00	1,00	4,00	2,00	7,00
Pilares 2 - 3	5,08	7,00	1,00	7,00	6,00	4,00
Pilares 3 - 4	5,08	3,00	3,00	2,00	5,00	3,00
Pilares 4 - 5	5,08	1,00	3,00	1,00	1,00	4,00
Pilares 5 - 6	5,08	4,00	1,00	0,00	1,00	6,00
Pilares 6 - 7	5,08	3,00	3,00	2,00	5,00	3,00

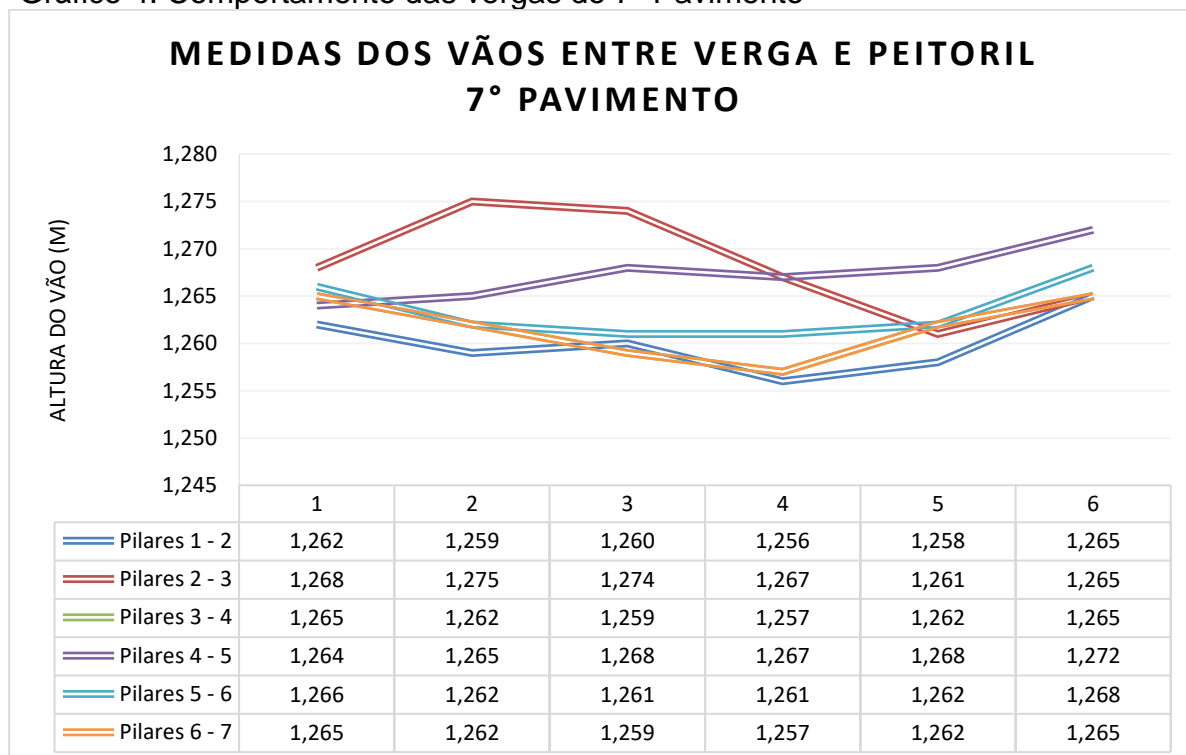
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

Ocorreram pontos de aumento na altura dos vãos 02 e 03 e redução desta altura nos pontos 04 e 05. Esta oscilação (gráfico 4) é recorrente em todos os pavimentos demonstrando que, provavelmente, ocorre um direcionamento errôneo do sentido de das forças aplicadas sobre as estruturas, necessitando de uma consultoria com o projetista estrutural do empreendimento e avaliação de um novo dimensionamento destes elementos para redução e eliminação dos possíveis desencadeadores das anomalias diagnosticadas.

Gráfico 4: Comportamento das vergas do 7º Pavimento



No 8º pavimento observou-se o comportamento dos esforços sobre a vergas demonstrado pelas diferenças de altura entre vergas e contravergas descritas na Tabela 6.

Tabela 6: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 8º pavimento

		8º pavimento				
		<i>Diferenças entre pontos de medida (mm)</i>				
<i>Distância entre pilares (m)</i>		1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
Pilares 1 - 2	5,08	3,00	3,00	2,00	5,00	3,00
Pilares 2 - 3	5,08	2,00	5,00	5,00	1,00	4,00
Pilares 3 - 4	5,07	0,00	4,00	1,00	3,00	2,00
Pilares 4 - 5	5,08	4,00	0,00	2,00	0,00	7,00
Pilares 5 - 6	5,09	2,00	3,00	4,00	2,00	7,00
Pilares 6 - 7	5,08	6,00	5,00	1,00	5,00	1,00

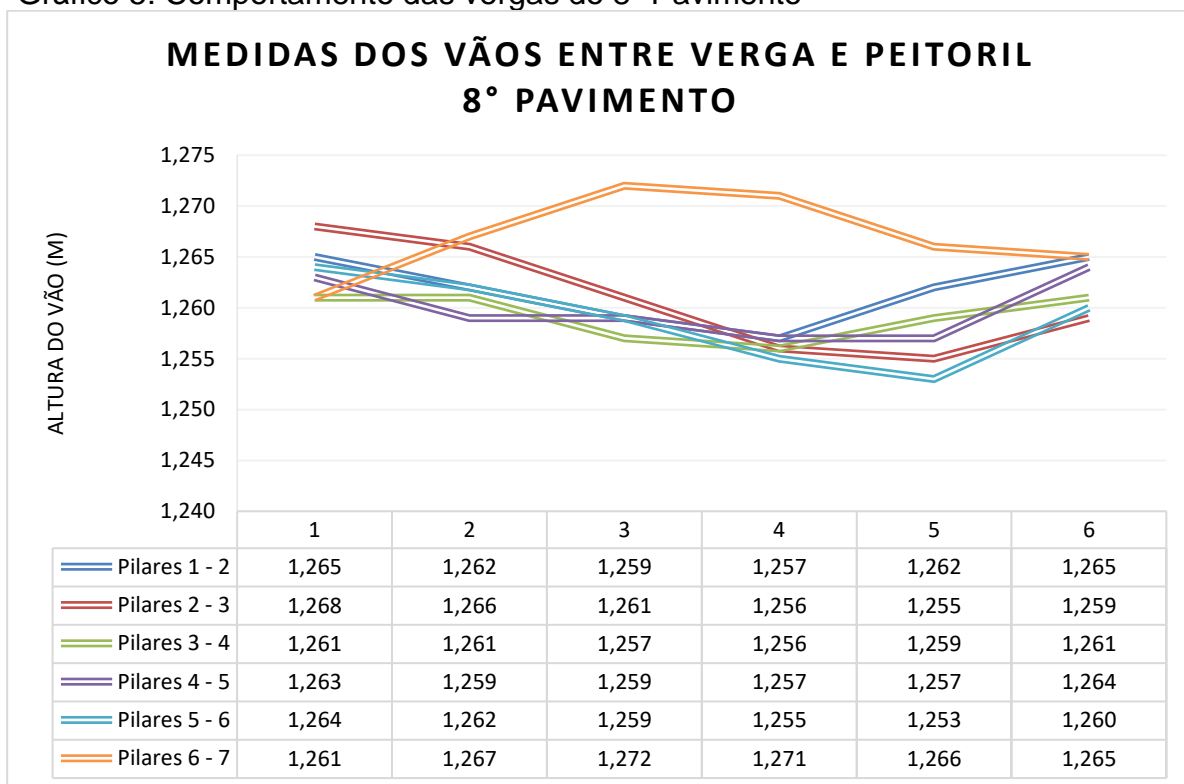
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

Este pavimento apresentou picos de redução da altura dos vãos nos pontos 4 e 5 (gráfico 5), apresentado a possibilidade anteriormente relatada nos demais pavimentos. O vão entre os pilares 6 e 7 apresentou em quase toda a sua extensão um aumento na altura do vão entre a verga e o peitoril, fato este que demonstra a aplicação de uma força normal de compressão que uma tração na parte superior da verga. Este evento foi acompanhado pelo surgimento de trincas não somente entre os blocos de alvenaria, como também no centro dos blocos.

Gráfico 5: Comportamento das vergas do 8º Pavimento



As alturas entre vergas e peitoril do 9º pavimento apresentaram um comportamento demonstrado Tabela 7.

Tabela 7: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 9º pavimento

		<b>9º pavimento</b>				
		<i>Diferenças entre pontos de medida</i>				
		<i>(mm)</i>				
<i>Distância entre pilares</i>	<i>(m)</i>	<b>1 - 2</b>	<b>2 - 3</b>	<b>3 - 4</b>	<b>4 - 5</b>	<b>5 - 6</b>
Pilares 1 - 2	5,08	7,00	1,00	7,00	6,00	4,00
Pilares 2 - 3	5,08	4,00	1,00	0,00	1,00	6,00
Pilares 3 - 4	5,08	4,00	5,00	2,00	5,00	0,00
Pilares 4 - 5	5,08	3,00	3,00	1,00	0,00	4,00
Pilares 5 - 6	5,08	1,00	1,00	6,00	4,00	2,00
Pilares 6 - 7	5,08	6,00	1,00	0,00	3,00	8,00

Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

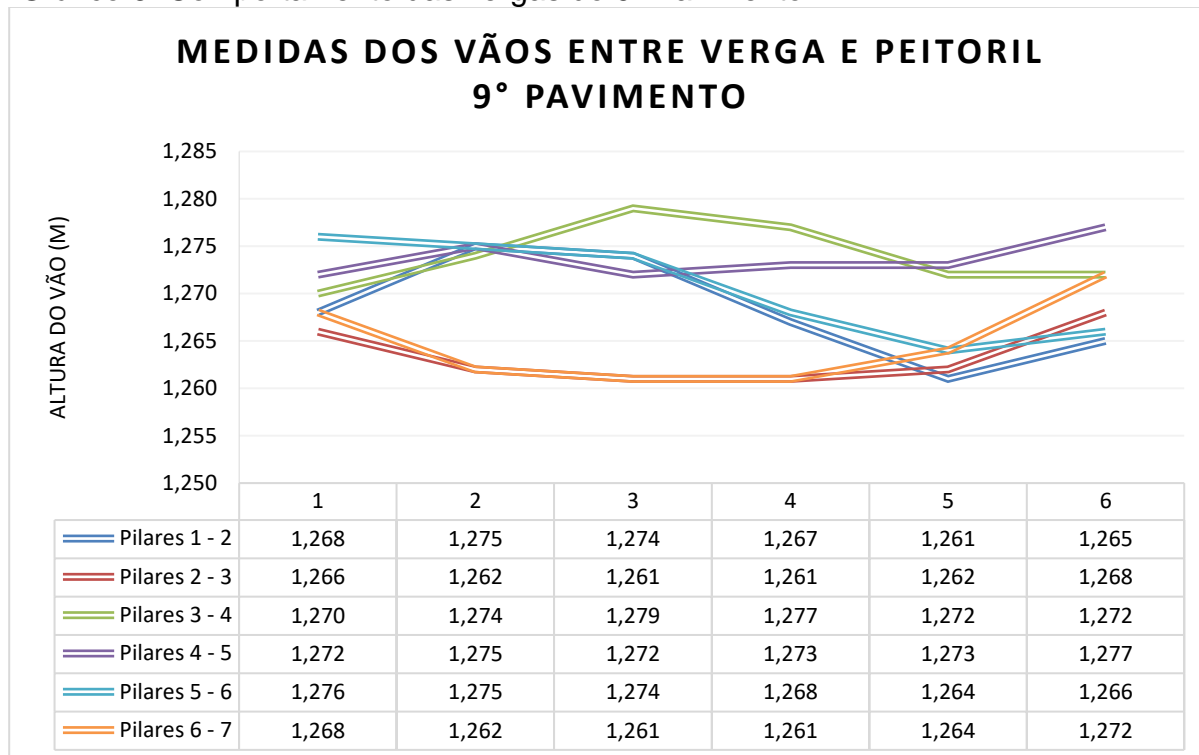
Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

O presente pavimento apresentou dois comportamentos diferentes entre os pilares com picos de redução dos vãos nos pontos 5 de todos os vãos e um grande halo entre os pilares 2-3 e 6-7 (Gráfico 6). Nos demais ocorreram alternância entre

redução e aumento da altura dos vão trazendo a possibilidade de eventos alternados de solicitações de esforços.

Gráfico 6: Comportamento das vergas do 9º Pavimento



Os dados obtidos para análise dos vãos entre vergas e peitoril do último pavimento são elucidados pela Tabela 8.

Tabela 8: Diferenças entre vãos e distancias entre pilares do 10º pavimento

		<b>10º pavimento</b>				
		<i>Diferenças entre pontos de medida (mm)</i>				
<i>Distância entre pilares (m)</i>		<b>1 - 2</b>	<b>2 - 3</b>	<b>3 - 4</b>	<b>4 - 5</b>	<b>5 - 6</b>
Pilares 1 - 2	5,08	3,00	1,00	4,00	2,00	7,00
Pilares 2 - 3	5,07	5,00	0,00	2,00	1,00	4,00
Pilares 3 - 4	5,08	4,00	3,00	1,00	1,00	5,00
Pilares 4 - 5	5,08	1,00	3,00	1,00	1,00	4,00
Pilares 5 - 6	5,08	6,00	4,00	2,00	3,00	8,00
Pilares 6 - 7	5,13	3,00	1,00	2,00	1,00	0,00

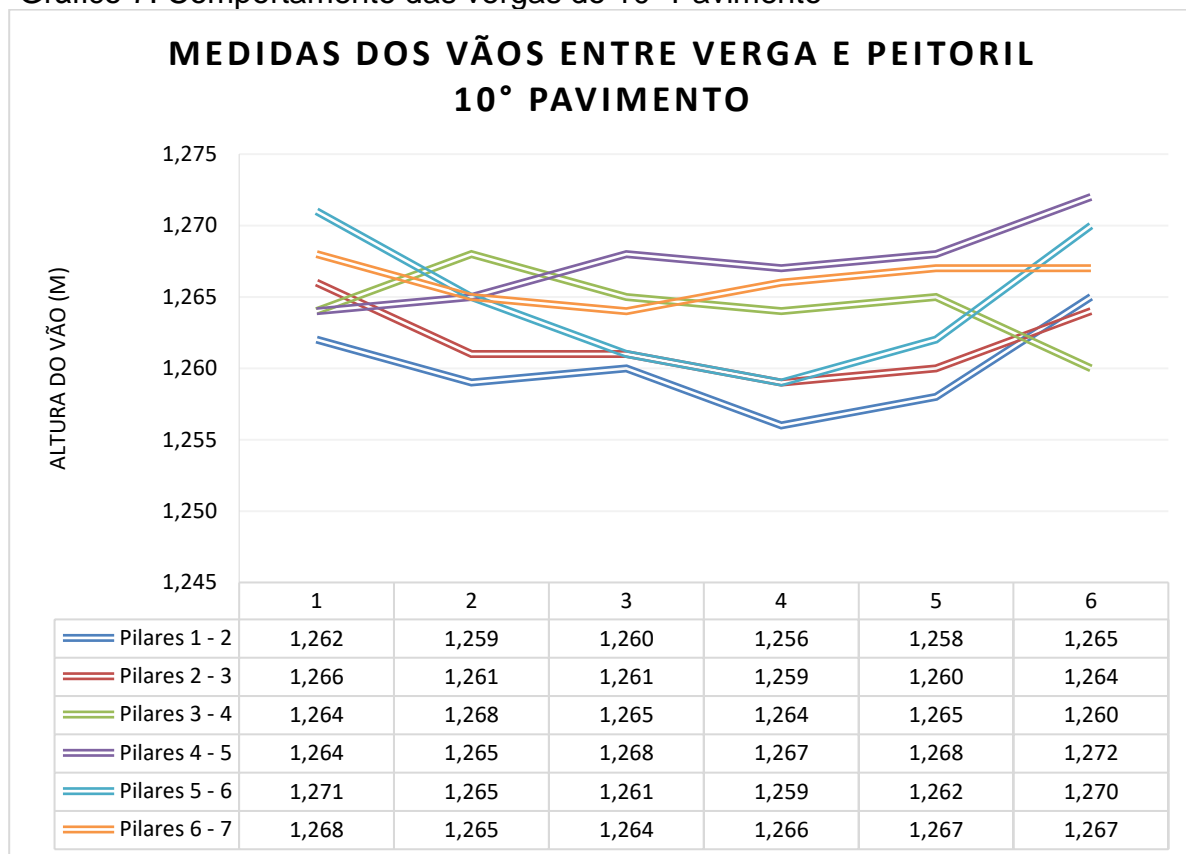
Em **vermelho** as diferenças demonstram redução da altura dos vãos

Em **azul** as diferenças demonstram aumento da altura dos vãos

Em preto não houveram alterações na altura dos vãos

No décimo e último pavimento o comportamento (Gráfico 7) foi semelhante ao do 5º pavimento; novamente ressalta-se que este comportamento é decorrente de múltiplas aplicações de tensões axiais e torções sobre o eixo dos perfis das vergas gerando deformações não somente na estrutura metálica, como também na alvenaria de vedação (fissuras e trincas) (KASSIMALI, 2015).

Gráfico 7: Comportamento das vergas do 10º Pavimento



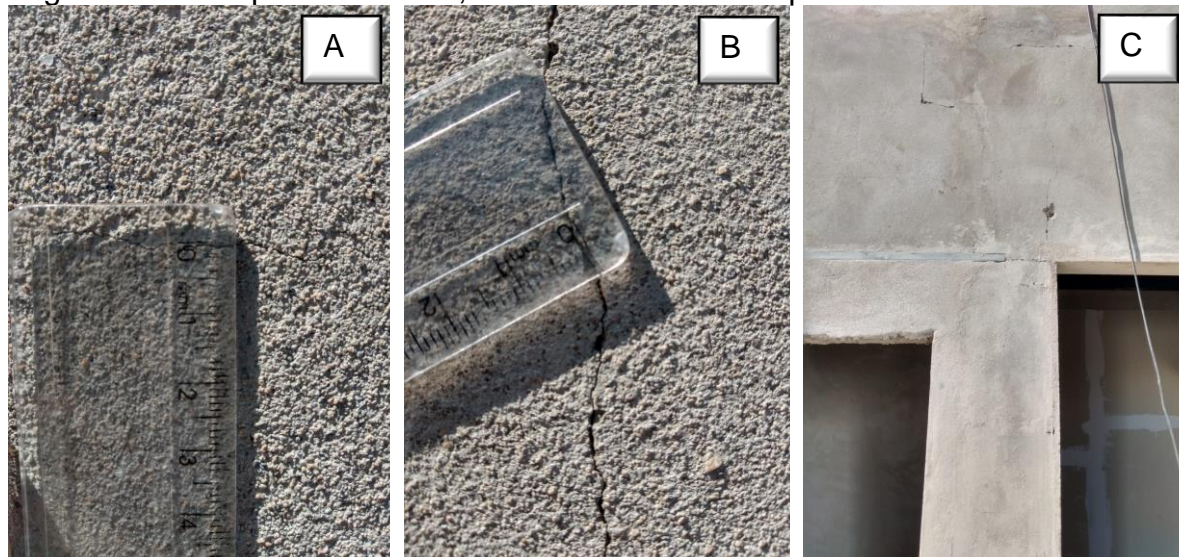
De posse dos dados acima descritos buscou-se informações quanto ao projeto e execução da estrutura através de entrevista com o profissional responsável que, por motivos de ética e preservação de sua identidade, não será identificado seu nome no presente trabalho. Ele nos demonstrou através de suas análises computacionais que não há a necessidade de reforço estrutural e que já estava previsto no dimensionamento estrutural pequenas movimentações sendo as manifestações patológicas de trincas, fissuras e rachaduras observadas nas paredes de vedação associadas a outros fatores causadores da manifestação patológica.

#### **4.1.3. Diagnóstico das manifestações patológicas no revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação**

No revestimento externo argamassado e nas alvenarias de vedação foram verificadas aberturas e discontinuidades na homogeneidade destes materiais. São manifestações patológicas das edificações observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, geralmente causadas por tensões nos materiais. Se os materiais forem solicitados com um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura será classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (Tabela 01) presente na revisão literária do estudo.

As afecções do tipo fissuras podem ter suas causas, por movimentação térmica, movimentação higroscópica, por atuação de cargas, por deformação excessiva de estruturas, por recalque de fundações ou até por alterações químicas (THOMAZ, 2020) (Figura 11).

Figura 11: Exemplos de fissura, rachadura e fenda no prédio em estudo.



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

As Fissuras verticais costumam surgir nas argamassas devido à insuficiência na sua resistência bem como os blocos que sofrem desse mesmo problema. Outra causa para o surgimento de uma fissura vertical é a falta de uma junção adequada entre diferentes tipos de materiais, como alvenaria e concreto.

Contudo, na maioria dos casos, fissuras verticais são um alívio de tensão, bastando remover o revestimento comprometido e realizar o tratamento padrão da fissura com selante elástico ou tela inserida (SENA, 2020).

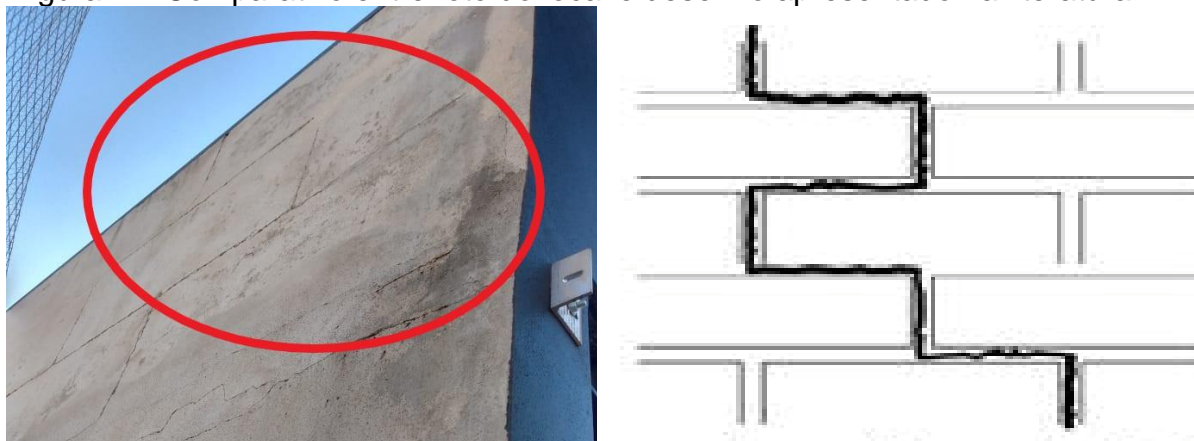
As fissuras horizontais surgem frequentemente no topo ou na base das paredes ocorrendo devido ao adensamento da argamassa de assentamento bem como pela falta de amarração entre diferentes materiais construtivos, tais como metais e alvenaria.

O formato de fissuras encontrado com maior frequência no prédio em estudo é o formato geométrico, caracterizado por um contorno entre as junções dos blocos de alvenaria, podendo indicar tanto ser a falta de amarração entre elementos construtivos (chapas de aço, alvenaria e concreto) como também um movimento de flexão, torção das vergas e preenchimento insuficiente entre os blocos de alvenaria.

A classificação das fissuras está condicionada a sua estabilidade e progressão da abertura; sua definição é denominada Fissura ativa ou Fissura passiva. As fissuras ativas variam conforme as mudanças de tensões aumentando seu tamanho de forma transversal e/ou longitudinal ao longo do tempo; quando a fissura não varia ao longo do tempo ela é chamada de fissura passiva (SENA, 2020).

O desalinhamento e deflexão de vergas causaram tensões laterais e axiais gerando fissuras no elemento de vedação, no caso, entre os pontos de junção dos blocos (Figura 12). Sabe-se que as fissuras no revestimento ocorrem em função da magnitude de deformação da base, no caso a alvenaria de vedação e os apoios nas vergas metálicas. Tais magnitudes podem ser classificadas em deformações de grande ou pequena escala da base. Segundo alguns autores, não é função do revestimento absorver deformações de grande amplitude da base (SAHADE, 2005).

Figura 12: Comparativo entre foto do local e desenho apresentado na literatura



Fontes: Arquivo pessoal (2021) e Sahade (2005).

Reygaerts *et. al.* (1978) em sua clássica pesquisa com 1800 edificações constatou que as principais causas dos fissuramentos foram:

- 35% devidas à movimentação da estrutura de concreto armado;
- 25% por influência térmica;
- 25% por influência higrométrica;
- 15% devidas à movimentação da fundação

No caso do edifício do presente estudo, diagnostica-se que a ruptura de revestimento externo das alvenarias (Figuras 13, 14 e 15) e surgimento de fissuras (Figura 16-A), trincas (Figura 16-B), rachaduras (Figura 16-C) e fendas; ocorreram em decorrência da movimentação da estrutura, falta de preenchimento entre blocos termoacústicos e uso de argamassa colante misturada a agregados miúdos como revestimento externo das alvenarias. Estas manifestações ocorreram com diferentes magnitudes na interface laje/alvenaria tendo com consequência o surgimento de fissuras horizontais na base das paredes devido da movimentação entre blocos de vedação e concreto do piso e a falta de compatibilidade dos materiais.

Ressalta-se que segundo a NBR 14081-1/2012 (páginas 01 e 02 / itens 3 e 4) as argamassas colantes são produtos industriais, no estado seco, compostos de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados a água, formam uma massa viscosa, plástica e aderente, empregadas no assentamento de placas cerâmicas de revestimento, internas e externas, nas posições horizontais e verticais. Recomendações técnicas de diversos fabricantes (Quartzolit, Votorantim,

Precon, Axton, etc) não recomendam a adição de outros produtos (podendo se ocorrido a mistura levar a perda da garantia) e seu uso como revestimento.

As argamassas colantes (ACI, ACII e ACIII) são definidas segundo a NBR 14081/2012 como produtos industrializados, no estado seco, compostos de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que quando misturados com a água, tornam-se uma pasta viscosa, plástica e aderente, empregado no assentamento de placas cerâmicas para revestimento (VIEIRA, 2003). Portanto, a utilização deste material, estando ou não em misturas com outro componentes, não é recomendado para uso como reboco podendo perder sua garantia segundo o fabricante.

Figura 13: Ruptura do revestimento externo das alvenarias



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Figura 14: Fissuras e Trincas no 1º Pavimento



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

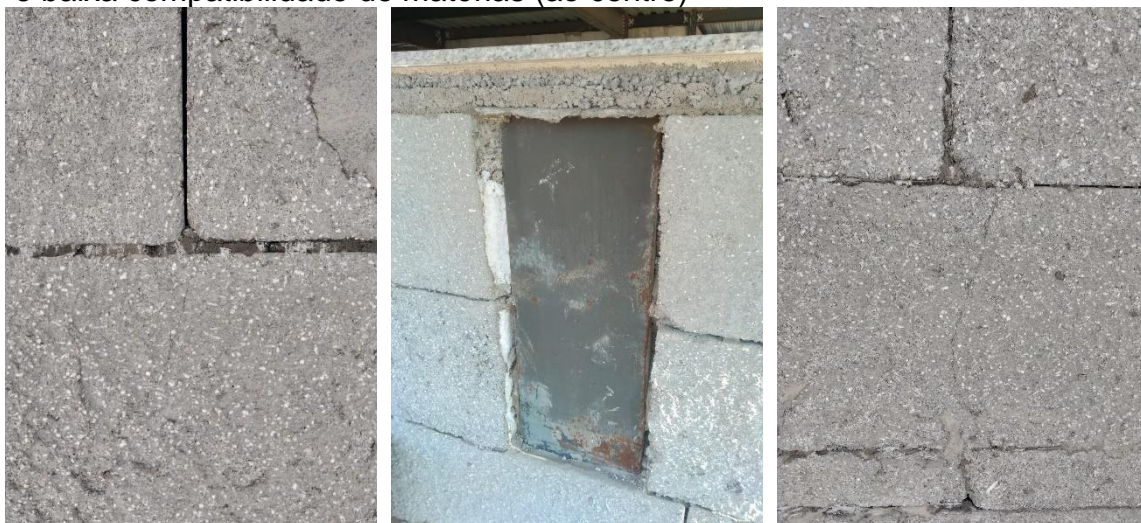
Figura 15: Rachaduras e Fendas



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

O processo de assentamento dos blocos foi prejudicado em decorrência da forma como foram aplicados nas estruturas metálicas (encaixe e arraste) por se tratar de elementos pesados, sendo que no momento de instalação ocorriam a perda da argamassa em alguns pontos e excesso da mesma em outros onde não houve uma boa aderência entre os blocos e os perfis metálicos. Por se tratar de estrutura metálica, seu coeficiente de dilatação é superior ao da alvenaria trazendo problemas relacionados a separação de elementos devido a não compatibilidade dos mesmos e, por consequência, surgimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas (THOMAZ, 2020) (Figura 16).

Figura 16: Trincas e rachaduras decorrentes do mau assentamento dos blocos e baixa compatibilidade de matérias (ao centro)

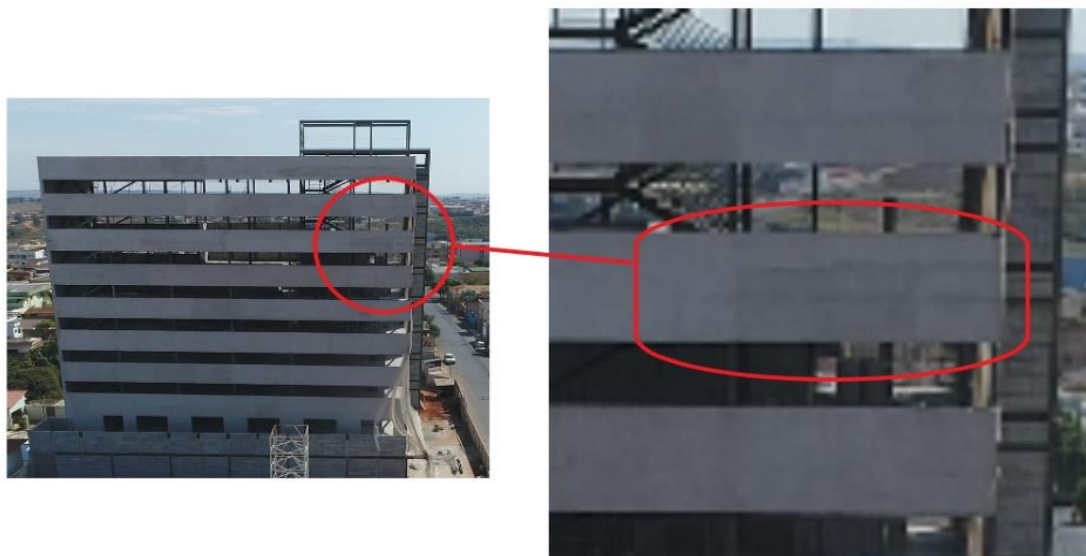


Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Os diversos equívocos durante o processo construtivo e a constante mudança dos projetos podem ter gerado estes processos patológicos, sabe-se que atualmente os processos de planejamento e projetos devem prever e mitigar a possibilidade do ocorrências patológicas em empreendimentos, seja de forma arquitetônica, estrutural ou estético.

Pode-se verificar que o surgimento destas manifestações patológicas vem ocorrendo a um período superior a 12 meses, como observa-se na Figura 17 tiradas em 20/07/2020.

Figura 17: Ruptura do revestimento externo das alvenarias em 20/07/2020



Fonte: Arquivo Sicoob Credialto (2020).

Em um primeiro momento, antes da realização do presente trabalho, foi realizada a tentativa de sanar os problemas através do cobrimento das fissuras e trincas, em abril de 2021, utilizando-se massa acrílica polimérica resistente a intempéries e raios ultravioleta (conhecido comercialmente como veda trinca) por ser diagnosticado que a anomalia se tratava de fissuras passivas (Figura 18).

Figura 18: Processo de selamento das fissuras e trincas sem sucesso



Fonte: Arquivo Sicoob Credialto (2021).

Porém não se obteve bons resultados pois, mesmo após a aplicação foi observado a recorrência de abertura das fissuras anteriormente ocluídas, denotando que as manifestações patológicas diagnosticadas tratavam-se de fissuras ativas. Sena (2020) relata que este tipo de manifestação patológica esta relacionados a problemas estruturais desencadeados pela movimentação da edificação e/ou má utilização dos materiais empregados.

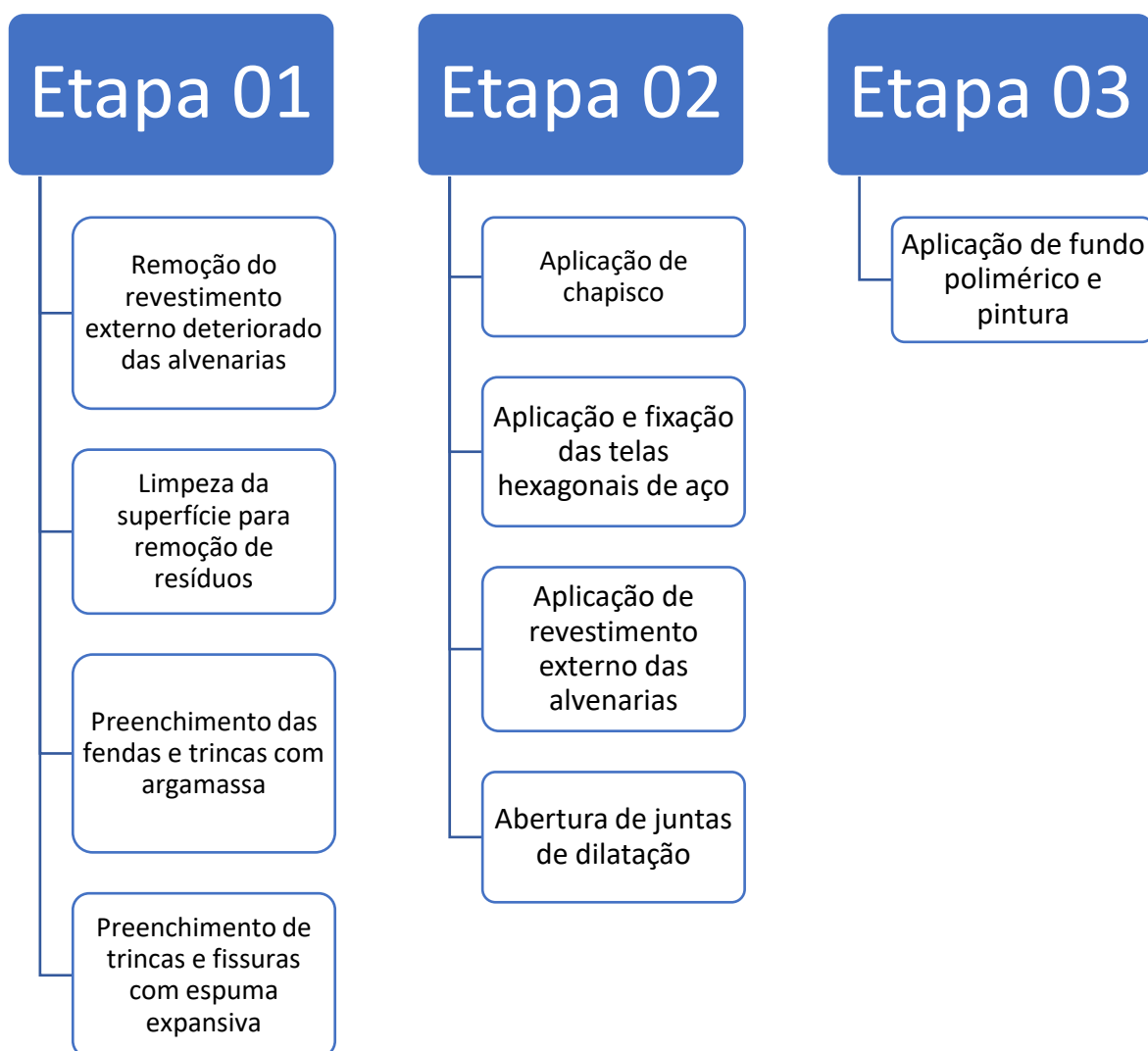
#### ***4.1.4. Tratamento das manifestações patológicas no revestimento externo argamassado e alvenaria de vedação***

Existem diversos processos para correção de fissuras, trincas, rachaduras e fendas que utilizam desde meios mecânicos (aplicação de compressão por parafusos e cabos), químicos (com aplicação de substâncias que retraem as fendas), por preenchimento ou por aplicação de tela metálica entrelaçada com malha hexagonal de aço em revestimento armado para alvenarias (malhas de fibra de vidro, poliéster ou aço) (SENA, 2011).

Destes exemplos, o que apresenta o melhor custo/benefício para prevenção de futuras recorrências é o uso tela hexagonal de aço produzida com fio galvanizado a fogo de 0,56 mm de espessura e malha de 12,5 mm (OLIVIERA, 2001; SPECK, 2014; SCHIMELFENIG, 2018) tendo dimensões comerciais em rolos de 1,20 m de altura e 10 m de comprimento e o preenchimento com espuma expansiva entre os blocos de alvenaria juntamente com o uso de argamassa tradicional (cimento e areia – traço 1:3) aditivada com plastificante e impermeabilizante.

Segue abaixo o diagrama das etapas de intervenção para correção e prevenção de fissuras, trincas, rachaduras e fendas (Figura 19).

Figura 19: Diagrama de etapas do processo de tratamento das manifestações patológicas



Fonte: O próprio autor (2021).

O uso destes materiais relacionam-se a sua real função onde podemos respaldar a proposta através da análise de seus conceitos (BAUER, 2019):

- Cimento Portland: A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada sobretudo para a resistência mecânica e durabilidade.
- Areia: constituinte das argamassas de origem mineral, na qual predomina o quartzo, de forma particulada, com diâmetros entre 0,06 e 2,0 mm. Sua função é ampliar a resistência mecânica e melhorar a aderência da argamassa.

- Aditivo plastificante: Aditivo incorporador de ar com ação plastificante à base de surfactantes, destinado a melhorar a trabalhabilidade e aumentar a durabilidade de argamassas de assentamento e de revestimento.
- Aditivo copolímero vinílico: resina sintética, de alto desempenho, que proporciona excelente aderência das argamassas aos mais diversos substratos. Confere maior plasticidade, aumenta a impermeabilidade e evita a retração das argamassas.
- Aditivo impermeabilizante: é um aditivo para concretos e argamassas, que age por hidrofugação do sistema capilar e permite a respiração dos materiais, mantendo os ambientes salubres.
- Água: confere continuidade à mistura, permitindo a ocorrência das reações entre os diversos componentes, sobretudo as relacionadas com a química do cimento.

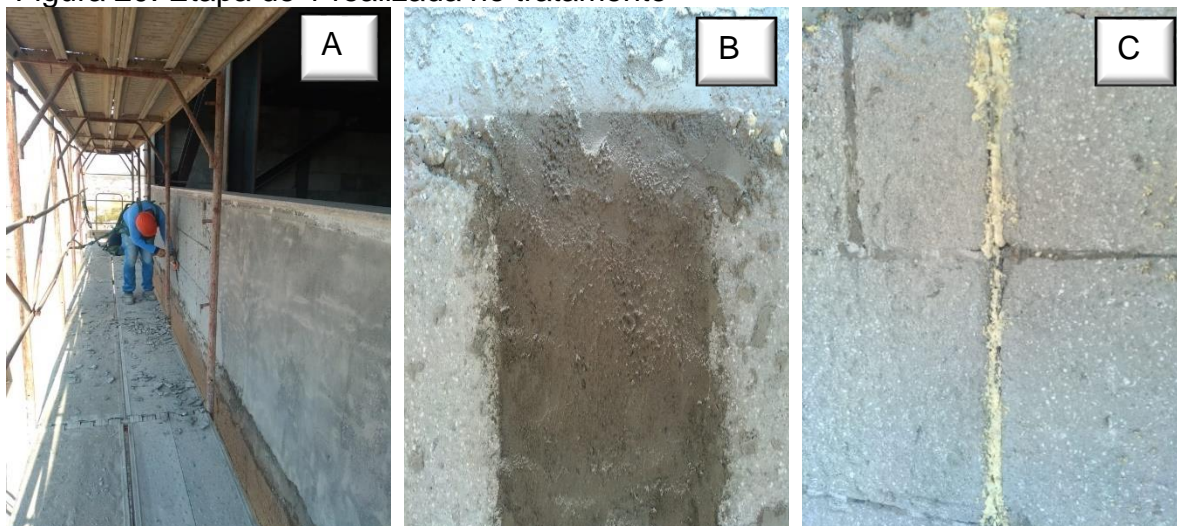
A composição e traço de cada um dos materiais heterogêneos utilizados são descritos a seguir:

- *Argamassa de preenchimento*: argamassa cimentícia com traço 1:3 (cimento:areia média) aditivada com resina a base do copolímero vinílico no traço 1:2 (resina:água);
- *Chapisco de alta aderência*: argamassa cimentícia com traço 1:3 (cimento:areia média) aditivada com resina a base do copolímero vinílico no traço 1:2 (resina:água);
- *Tela de aço*: tela hexagonal de aço produzida com fio galvanizado a fogo de 0,56 mm de espessura e malha de 12,5 mm fixada por grampeamento em toda a extensão do pano externo;
- Revestimento externo impermeável em camada única: emboço/reboco com argamassa cimentícia no traço 1:3 (cimento:areia) aditivado em sua mistura com 2 L de impermeabilizante e 100 mL de plastificante para cada 50 kg de cimento, obtendo uma espessura de pelo menos 2,0 cm de revestimento (NBR 7200/1998 e NBR 13749/2013)

A primeira etapa transcorreu de maneira satisfatória com a remoção do antigo revestimento (Figura 20-A), preenchimento de todas as aberturas entre blocos

(Figura 20-B). O uso da espuma expansiva (Figura 20-C) garante uma absorção da movimentação reduzindo os esforços transmitidos à alvenaria (THOMAZ, 2020).

Figura 20: Etapa de 1 realizada no tratamento



Fonte: Arquivo pessoal (2021),

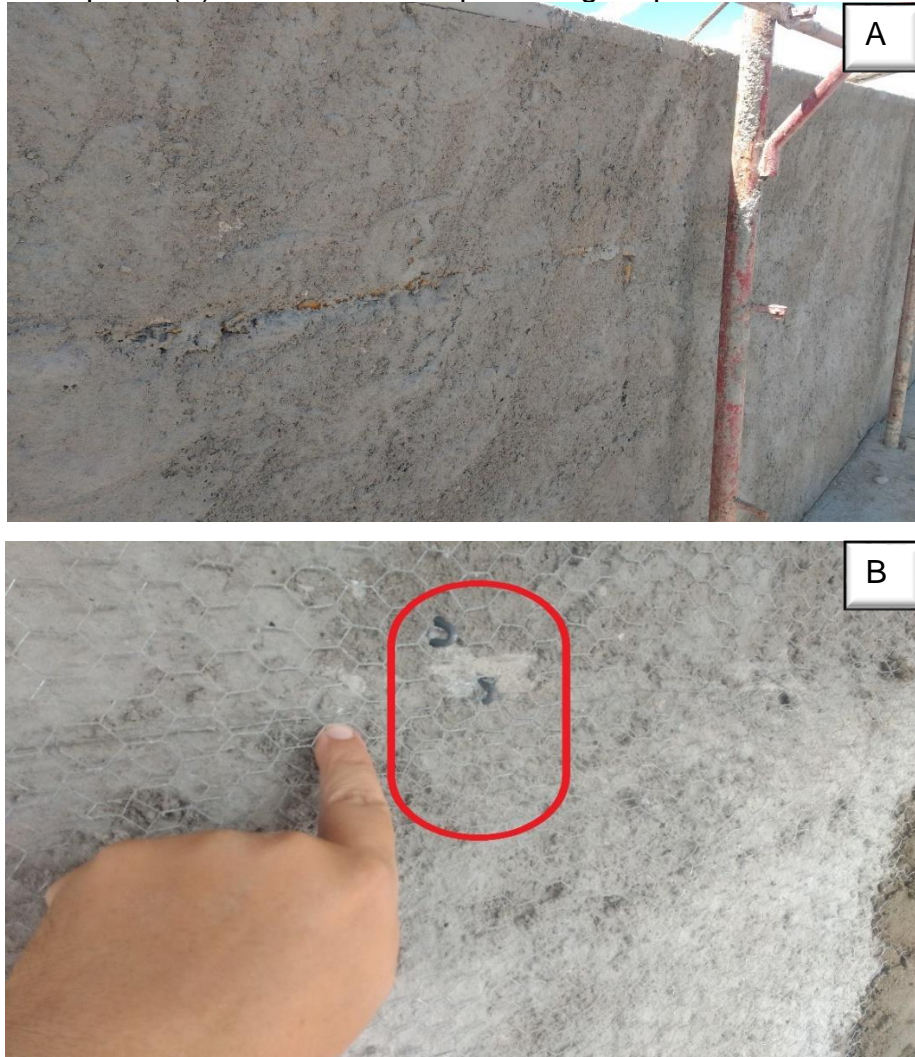
Findado a primeira etapa, aguardou-se um período de 7 dias para averiguação de possíveis novas fissuras em decorrência da movimentação do edifício não sendo diagnosticada nenhuma anomalia. Ressalta-se que cada etapa aconteceu de forma sucessiva em cada pavimento, iniciando no último e passando para o imediatamente abaixo logo após a conclusão da etapa, assim mantivemos um fluxo constante de trabalho entre os colaboradores.

A segunda etapa iniciou-se com o chapisco da alvenaria sendo realizado a fixação e grampeamento das telas de aço galvanizado após 3 dias do início do processo (Figura 21). Os grampos utilizados foram do tipo aresta e buscou-se realizar os seguintes procedimentos:

- A tela era fixada primeiramente na parte superior da parede de alvenaria e, logo após, era exercida uma tensão mecânica manual para garantir a máxima aproximação da mesma no sentido vertical;
- Após sua extensão na vertical, o mesmo procedimento era executado na horizontal com o grampeamento nos dois momentos a cada 50 cm de extensão nos dois sentidos.

- Como a direção vertical dos panos de alvenaria era maior de 1,0 m, optou-se por realizar um traspasse de 15 cm entre as telas que iriam ficar nas partes superior, média e inferior da parede externa.

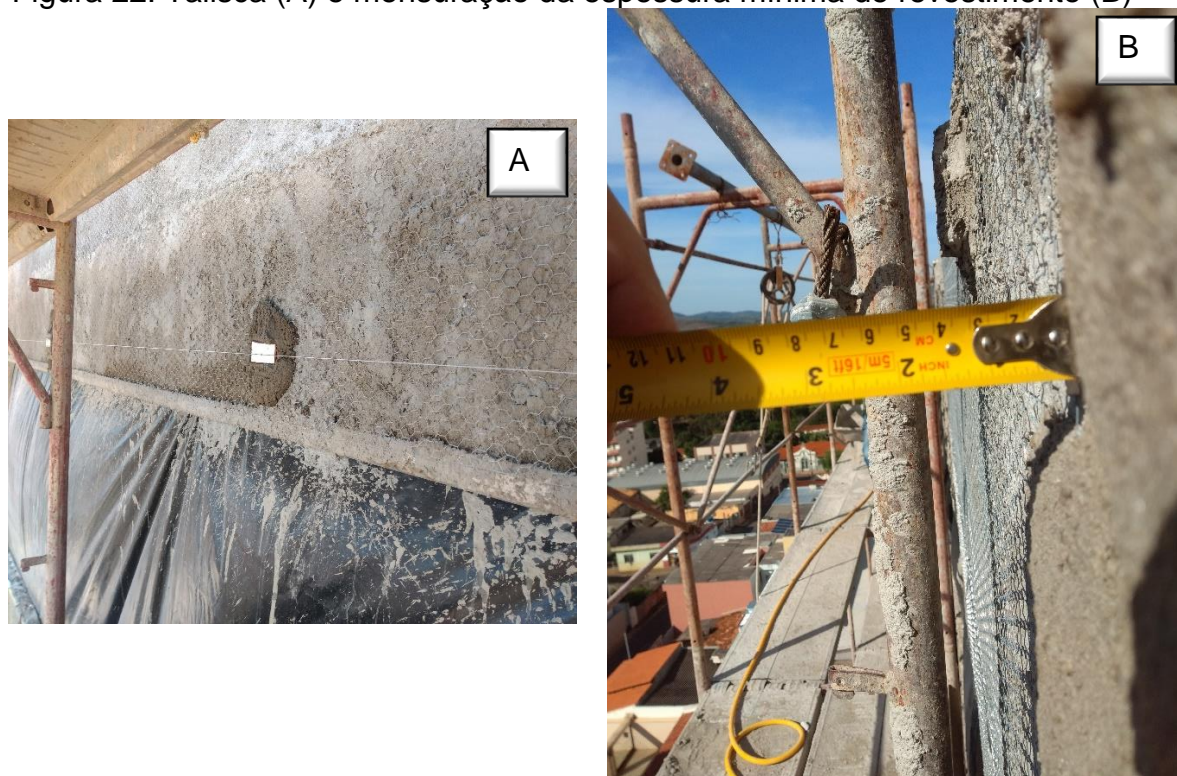
Figura 21: Chapisco (A) e detalhe do traspasse e grampeamento da tela de aço (B)



Fonte: O próprio autor (2021).

Logo após a fixação das telas de aço iniciou-se a execução do revestimento externo impermeável em camada única onde primeiramente foi realizado a execução das taliscas e mestras garantindo a espessura mínima de 2,0 cm segundo a NBR 7200/1998 (Figura 22).

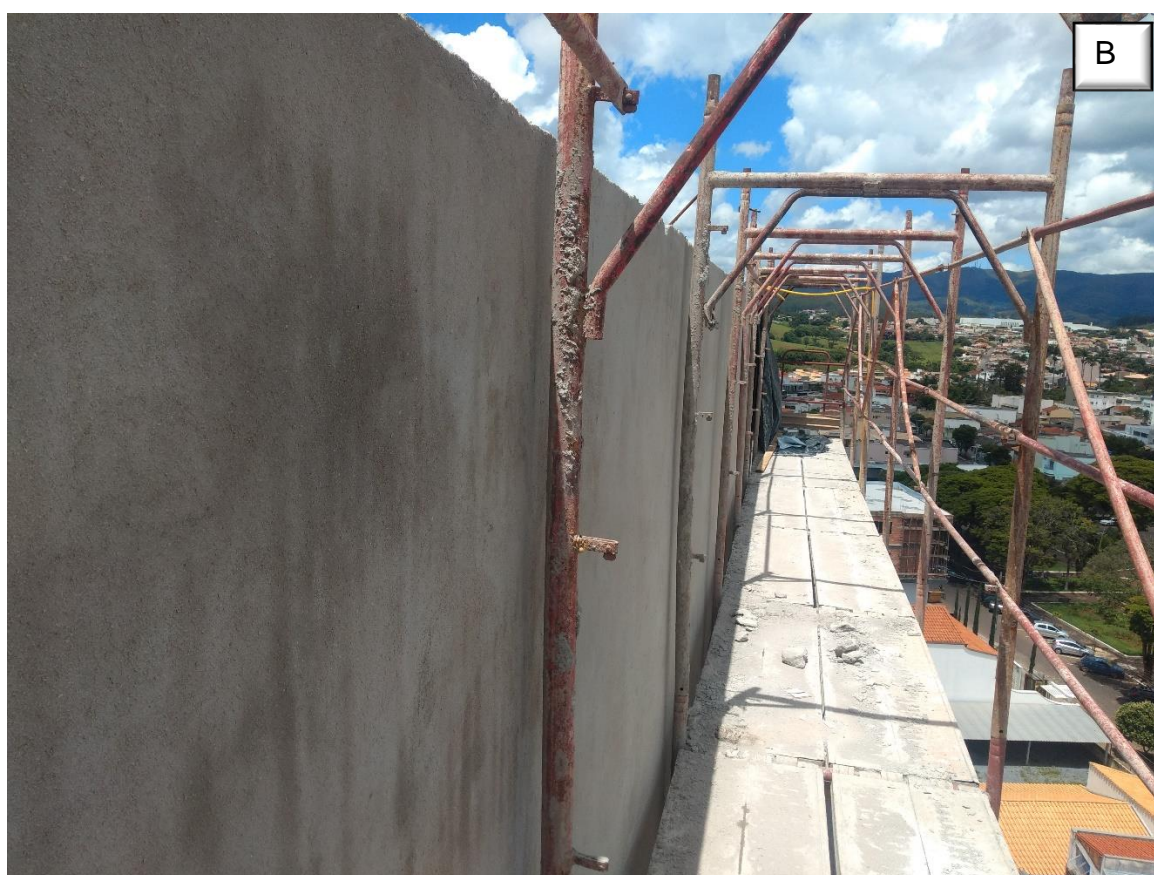
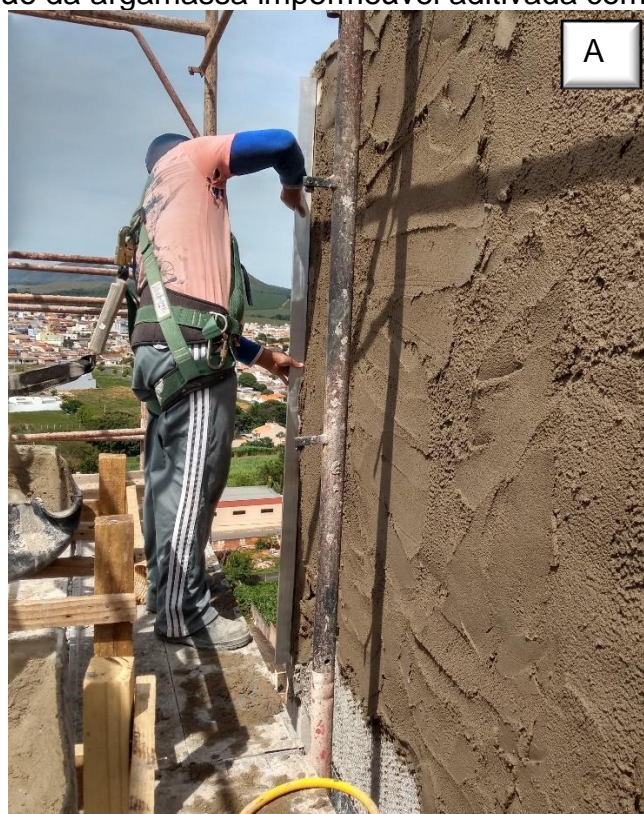
Figura 22: Talisca (A) e mensuração da espessura mínima de revestimento (B)



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Desta forma garantiu-se um revestimento nivelado pano a pano e uma linearidade em toda a extensão das paredes. Em seguida procedeu-se a aplicação da argamassa impermeável aditivada com plastificante (Figura 23-A) finalizando a segunda etapa tendo ao final um revestimento externo impermeável em argamassa armada (Figura 23-B).

Figura 23: Aplicação da argamassa impermeável aditivada com plastificante



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Durante a execução dos revestimentos foi realizado a abertura, com gabarito próprio em alumínio, de juntas de dilatação com 5 mm de espessura e 5 mm de profundidade no alinhamento vertical aos pilares garantindo a dissipação de energia de movimentação segundo a NBR 13755/2017.

Findado a etapa 02 aguardou-se um período de 30 dias para cura completa do revestimento externo impermeável em argamassa armada para verificação de possíveis reincidências de anomalias, não foi detectado nenhuma em todos os pavimentos aplicados. Assim, liberou-se a fachada para início da aplicação de fundo polimérico (Figura 24-A) e posterior pintura (Figura 24-B).

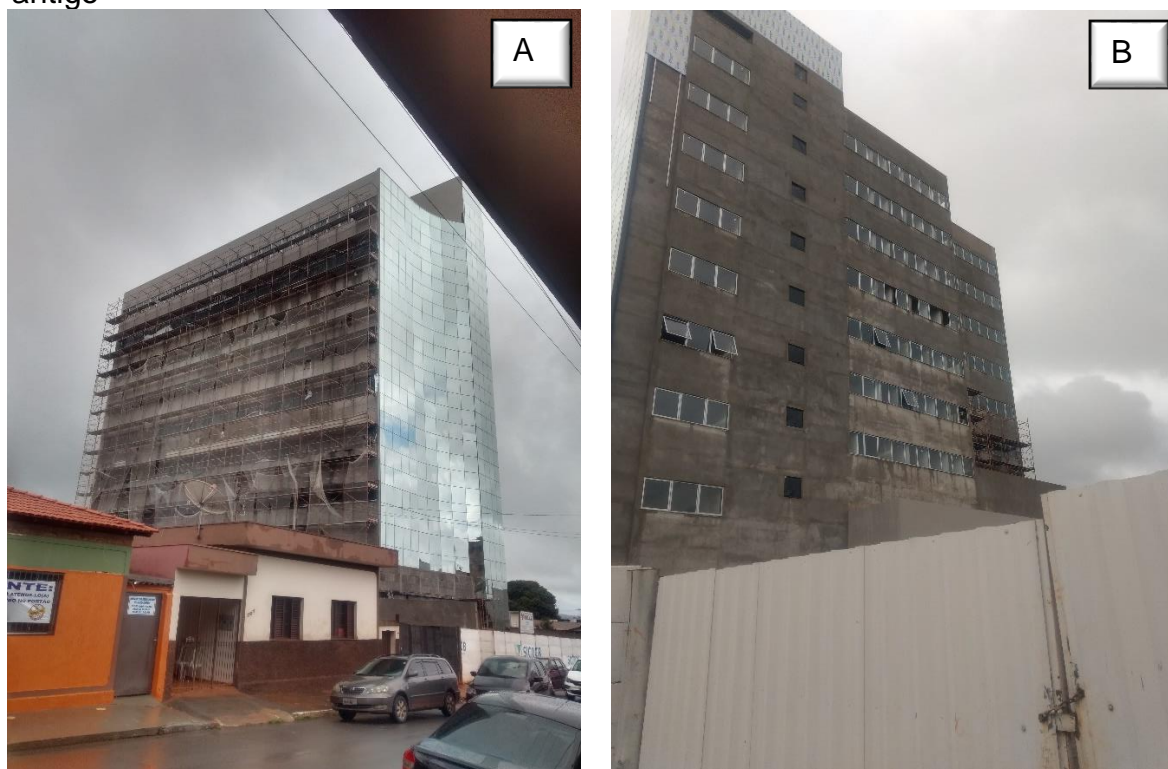
Figura 24: Aplicação de fundo polimérico e pintura



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Durante os dias de aplicação da pintura pode-se observar a eficiência do revestimento externo impermeável em argamassa armada em comparação com a outra face do edifício sem tratamento e como revestimento antigo em argamassa ACIII (Figura 25).

Figura 25: Eficiência hidrofugante do novo revestimento externo vs revestimento antigo



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Percebe-se nitidamente no topo do edifício que o local com o tratamento finalizado (Figura 31-A) não demonstrou absorção de água em função da chuva, ressaltando que a direção dos ventos estava contra esta face, enquanto as paredes da face oposta (Figura 31-B) apresentaram umidade praticamente em toda sua extensão. Este evento comprovou em campo o que a literatura traz sobre a eficiência de argamassa hidrofugante na prevenção de umidade (GOMIDE, 2020; MACEDO, 2018; OLIVEIRA, 2001, SAHADE, 2005).

#### **4.2. Análise das manifestações patológicas em vigas e pilares da estrutura metálica**

Passemos a analisar as manifestações patológicas ocorridas nas estruturas metálicas do empreendimento visando obter um diagnóstico em como a proposta de tratamento para contenção e tratamento das afecções construtivas.

#### **4.2.1. Diagnóstico das manifestações patológicas nas estruturas metálicas**

Nas vergas, vigas e pilares em todos os pavimentos pode-se notar o fenômeno de deterioração e perda de material metálico devido a reações químicas, eletrônicas e elétricas com o meio ambiente. É um processo espontâneo que causa alterações nas estruturas dos materiais gerando perda de resistência e possibilidade de ruptura (GENTIL, 2011) (Figura 26).

Figura 26: Corrosão em ponto de solda de vergas (A), pilares (B) e vigas estruturais (C)



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

O processo de corrosão é lento e por vezes negligenciado em diversas ocasiões por não gerar um colapso imediato da estrutura, porém, se não tratado ocasiona a perda da integridade e fatalmente a ruptura das peças metálicas (KASSIMALI, 2015).

#### **4.2.2. Tratamento das manifestações patológicas nas estruturas metálicas**

Como forma de correção e tratamento de eventos corrosivos na estrutura metálica do edifício realizou-se os seguintes procedimentos (GENTIL, 2011):

- Limpeza das superfícies de aço com escova de aço e posteriormente lixa com gramatura nº320 (320 grãos de areia por cm<sup>2</sup>);
- Aplicação de fundo preparador (prime);
- Revestimento por pintura em tinta à base de poliuretano.

O tratamento desta manifestação patológica foi o primeiro a ser realizado obtendo resultados positivos como o demonstrado na Figura 27.

Figura 27: Limpeza, correção e pintura das estruturas metálicas



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Desta forma a contenção e prevenção da propagação da corrosão em todos os pavimentos foi controlada evitando a propagação da manifestação patológica e garantido a longevidade da estrutura no que tange a manifestações corrosivas.

Durante um período de 6 meses, findados a intervenção proposta na contenção das anomalias que acometiam o edifício, foram realizadas inspeções ao local não sendo encontrado nenhuma reincidência das manifestações patológicas.

## 5. CONCLUSÕES

O surgimento de manifestações patológicas na construção civil é um processo resultante de diversos possíveis fatores sendo, portanto, necessário uma investigação aprofundada de todo o contexto para somente após uma análise minuciosa emitir um parecer técnico da origem das manifestações patológicas e seu tratamento.

O presente trabalho objetivou realizar uma análise diagnóstica no revestimento da face externa direita e estruturas metálicas do edifício *Sicoob Credialto* visando estabelecer as causas do surgimento de afecções construtivas bem como desenvolver o tratamento e recuperação destas estruturas.

Diagnosticou-se duas principais anomalias que acometiam o edifício tendo seu tratamento efetivamente aplicado; sendo:

- Início de processo de corrosão nas vergas, pilares e vigas metálicas sendo o tratamento executado com limpeza e pintura das mesmas obtendo resultados satisfatórios na contenção e eliminação da ação corrosiva.
- Deslocamento de revestimento externo com o surgimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas na face direita do edifício cujo tratamento aplicado foi o fechamento das aberturas com espuma expansiva e argamassa cimentícia aditivada com copolímero vinílico, aplicação de argamassa armada hidrofugante com posterior pintura impermeabilizante.

Através de vistas técnicas durante um período de 6 meses posteriores ao tratamento buscou-se verificar a reincidência dos problemas, e, como esperado, não foram diagnosticados mais nenhum surgimento de ações corrosivas nas estruturas metálicas e nenhum surgimento de novas manifestações patológicas no revestimento externo da face direita do edifício.

Assim, conclui-se o êxito na aplicação dos conhecimentos adquiridos em “Patologia das Construções” em um edifício comercial acometido, durante seu processo de construção, por manifestações patológicas que agrediram a sua estética e segurança.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, H. R. **Proposta de diretrizes para verificação e controle dos requisitos técnicos dos sistemas de revestimento em argamassa estabilizada**, Brasília-DF, 2019. 147p. Dissertação. (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37443> . Acesso em: 23 nov. 2021.
- ALEXANDRE, A. D. A.; BARBOSA, F. R.; MOTA, J. M. F.; SILVA, A. J. C.; SILVA, G. A.; SANTOS, T. A. L. **Avaliação da absorção de água em corpos de prova de concreto de cimento Portland com o uso de diferentes tipos de impermeabilizantes**. Anais do 58º Congresso Brasileiro do Concreto (CBC), 2016.
- ANTUNES, G. R. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148684/001001872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa. Projeto revestimentos de argamassa – Comunidade da Construção**. 2002. Disponível em: <https://bit.ly/2NbY2vG> . Acesso em: 20 out. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**: Referências. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas**: Referências. Rio de Janeiro. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**: Referências. Rio de Janeiro. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação**: Referências. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia**: Referências. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento**: Referências. Rio de Janeiro. 2017.

BAUER, L. A. F. **Materiais da Construção**. 1ª edição. Vol. 01. São Paulo/SP: Editora LTC, 2019.

BAUER, L. A. F. **Materiais da Construção**. 2ª edição. Vol. 01. São Paulo/SP: Editora LTC, 2019.

CALISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. 10ª edição. Barueri/SP: Editora LTC, 2021.

CARVALHO, R. C. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado – segundo a NBR6118 2014**. EDUFSCAR. São Carlos – SP. 2021.

COELHO, G. M.; BARROS, N. R. da S. **Estudo de reforço a tração em argamassas com utilização de telas**. TCC, Publicação 14 2021/2 Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, Goianésia, GO, 55p. 2021.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M.; LIMA, N. A. **Acidentes estruturais na construção civil**. 1ª edição. Volume 1. São Paulo/SP: Pini, 1996.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M.; LIMA, N. A. **Acidentes estruturais na construção civil**. 1ª edição. Volume 2. São Paulo/SP: Pini, 1998.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6ª edição. Barueri/SP: Editora LTC, 2011.

GOMIDE, T. L. F. et. al. **Manual de Engenharia Diagnóstica: desempenho, manifestações patológicas e perícias na construção civil**. 2ª edição, São Paulo/SP: Editota Leud, 2021.

GOMIDE, T. L. F.; GULLO, M. A.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; FLORA, S. M. D. **Inspeção predial total**. 3ª edição. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2020. International Zinc Association. **Annual Report 2015**. Disponível em: [www.zinc.org/](http://www.zinc.org/) . Acessado em 21/07/2023.

JUNGINGER, M.; JOHN, V. M.; FRANÇA, R. L. S.; MONTE, R. **Avaliação da influência de telas de reforço de revestimentos de argamassa no controle da fissuração estrutural**. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 22/24, ago. 2017, São Paulo. Anais [...] São Paulo, SP: SBTA, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319307513> . Acesso em: 20 out. 2021.

KASSIMALI, A. **Análise Estrutural**. 5ª edição. São Paulo/SP. Editora Cengage, 2015.

KROON, D. H., BOWMAN, E., & JACOBSON, G. **Corrosion Management Can Save Water and Wastewater Utilities Billions of Dollars Annually**. *Journal: American Water Works Association*, 111(1). 2019.

LETA, F. R.; MAINER, F. B. **“O ensino de Corrosão e de Técnicas Anticorrosivas Compatíveis com o Meio Ambiente”** Notas de aula - Universidade Federal Fluminense, 2020.

LICHTENSTEIN, N. B. Boletim Técnico 06/86: **Patologia das Construções**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1986.

MACEDO, A. T. **Avaliação do tratamento de trincas na recuperação de revestimentos de fachada**. Dissertação – Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) – Pós Graduação Stricto Sensu em Projeto, execução e manutenção de edificações. Brasília/DF, 2018.

MACIEL, L.L.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Recomendações para a execução de revestimento de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. 1998. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5075717/mod\\_resource/content/1/Apostila\\_Revestimento%20Argamassa.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5075717/mod_resource/content/1/Apostila_Revestimento%20Argamassa.pdf) . Acesso em: 26 nov. 2021.

MORAES, M. S. L.; PORTILHO, S. K. M. S.; ROSA, C. C.; OLIVEIRA, A. M. **Avaliação da incorporação de aditivos químicos plastificantes em argamassas sem cal para revestimentos de parede**. REUCP, Petrópolis, Volume 16, nº 2, P. 14-28, 2022.

NEVES, C. M. M. **Projeto para execução do sistema de revestimento**. Salvador: Comunidade da Construção - Sistemas à base de cimento, 2011.

OLIVEIRA, F. L. DE. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada**, 2001. 203p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PCA, Portland Cement Association. **Corrosion of embedded metals**. 2013.

REYGAERTS, J. et al. **Comment éviter les dégats**. CSTC Revue, n.3, p.3-10, sept. 1978.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

SCHIMELFENIG, B., PADILHA, F., BORDIN, J. D., SILVA, C. V. **Análise da influência de telas utilizadas como reforço em revestimento de argamassa de fachada frente a esforços de tração**. Revista Matéria, v.23, n.3, 2018.

SENA, G. O.; NASCIMENTO, M. L. M.; NABUT NETO, A. C.; LIMA, N. M. **Patologia das construções**. 1ª edição. Salvador/BA: Editora 2B Ltda, 2020.  
SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

**SPECK, J. A. Análise do desempenho de placas cimentícias através da adição de fibras e telas, visando a redução de deformações térmicas.** 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

**THOMAZ, E. Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

**VIEIRA, J. K.; SILVA, M. C. R.; DONATONI, J. B.; TORALLES-CARBONARI, B. M. Argamassas colantes – características, propriedades e cuidados na aplicação.** In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 4., 2003.

## APÊNDICE

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM, VOZ E DADOS DIGITAIS E RESPECTIVA CESSÃO DE DIREITOS

Eu, abaixo identificado, na melhor forma de direto, autorizo, para fins acadêmicos e de pesquisa científica, de forma gratuita e sem qualquer ônus, ao pesquisador e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), a utilização do nome de nossa instituição cooperativa de crédito SICOOB CREDIALTO, imagens e arquivos fotográficos de nossa empresa, relacionados ao material descrito neste termo, no sistema de arquivos de biblioteca (físico e virtual), e em todos os meios de divulgação possível, quer sejam na mídia impressa (livros, catálogos, revistas, jornal, entre outros), televisiva (propagandas para televisão aberta e/ou fechada, vídeos, filmes, entre outros), radiofônica (programas de rádios/podcasts), escrita e fala, internet, Banco de Dados informatizados, Multimídia, "home video", DVD, entre outros, e nos meios de comunicação interna, como jornal e periódicos em geral, na forma de impresso, voz e imagem, sem ônus ou ressarcimento dos direitos autorais e de acordo com a Lei nº 9.610/1998, a Lei nº 10.406/2002 e a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

A presente autorização e cessão são outorgadas livres e espontaneamente, em caráter gratuito e universal, não incorrendo a autorizada em qualquer custo ou ônus, seja a que título for, sendo que estas são firmadas em caráter irrevogável, irretroatável, e por prazo indeterminado, obrigando, inclusive, eventuais herdeiros e sucessores outorgantes, produzindo seus efeitos não só no Brasil, mas em qualquer lugar situado fora das fronteiras nacionais.

#### Identificação:

Nome do Cedente: Dalila Silva Miranda Ferreira  
RG: 37.271.191-6 CPF: 341.533.728-62  
Telefone: (37) 9 9999-3741 e-mail: dalila.ferreira@sicoobcredialto.com.br

Título da obra: **DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL IDENTIFICADAS EM EDIFÍCIO COMERCIAL NA CIDADE DE PIUMHI/MG**

Autor da obra: **AGUINALDO MANOEL DA SILVA JUNIOR**

Piumhi, 03/09/2023

Local e data

  
Dalila Ferreira  
DIRETORA ADMINISTRATIVA  
SICOOB CREDIALTO

Assinatura do Cedente