

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CÍVIL

CÁSSIO BRUNO DA SILVA FERREIRA
DANILO CEZAR DA SILVEIRA LEITE
JOÃO EDVALDO DE SANTANA LIMA
KEVIN JOSÉ RAMOS DOS SANTOS

**PATOLOGIAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE RECIFE-PE**

RECIFE

2022

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CÍVIL

CÁSSIO BRUNO DA SILVA FERREIRA
DANILO CEZAR DA SILVEIRA LEITE
JOÃO EDVALDO DE SANTANA LIMA
KEVIN JOSÉ RAMOS DOS SANTOS

**PATOLOGIAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO NA
CIDADE DE RECIFE-PE**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à disciplina TCC II do curso
de Engenharia Civil do Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA, como parte dos
requisitos para conclusão do curso.

Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Fernando
Silva Sousa

RECIFE

2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

P312 Patologia em fachadas de edificações: estudo de caso na cidade do Recife-PE / Cássio Bruno da Silva Ferreira [et al]. - Recife: O Autor, 2022. 38 p.

Orientador(a): Dr. Paulo Fernando Silva Sousa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

Inclui Referências.

1. Patologias. 2. Fachadas. 3. Revestimentos. I. Leite, Danilo Cezar da Silveira. II. Lima, João Edvaldo de Santana. III. Santos, Kevin José Ramos dos. IV. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. V. Título.

CDU: 624

RESUMO

Nos últimos anos, há um crescimento acelerado da construção civil, em contrapartida é crescente o desenvolvimento de manifestações patológicas onde as edificações exigem um maior cuidado e atenção durante o projeto e execução, para diminuir a ocorrência dessas patologias. Dessa forma, as manifestações patológicas podem ser causadas por inúmeros fatores, dos quais, estão a qualidade dos materiais utilizados, a ausência de mão de obra especializada, assim como, os fatores climáticos que atuam diretamente sobre a edificação. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar os principais problemas patológicos encontrados em fachadas de edifícios. Tratou-se de um estudo de caso de uma edificação localizada na cidade do Recife. Os resultados do estudo apresentaram os danos decorrentes da carbonatação, entre outras patologias presentes na fachada constituída por revestimento argamassado. Foram encontrados o deslocamento do revestimento argamassado do edifício, carbonatação da armadura, entre outros. A partir deste estudo de caso serão abordadas soluções para os tipos de patologias nele apresentado. Por fim, essas patologias são uma problemática recorrente em edifícios localizados na região estudada.

Palavras-chave: Patologias; fachadas; revestimentos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	06
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	09
3. METODOLOGIA.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado da construção civil, houve a necessidade de trazer inovações para o setor, aceitando certos riscos presentes nas construções que demandam um maior investimento em estrutura e materiais na construção Civil.

Para Padilha, *et al.*, (2007) os revestimentos da fachada têm propriedades como a proteção e vedação da edificação contra a ação de agentes externos agressivos, e também tem a sua finalidade quanto ao efeito estético e de valorização patrimonial, compatíveis com a nobreza e o custo do material. Cerqueira (2018) afirma que, as exigências quanto à durabilidade das construções aumentam ao longo dos anos, e a construção civil vêm buscando evoluir nas técnicas inerentes aos processos construtivos com o intuito de atender às exigências dos consumidores e manter a competitividade no mercado. Porém, as edificações estão apresentando um desempenho muito baixo do qual se é esperado pelos consumidores, e observa-se um aumento significativo de estruturas em processo de deterioração em diferentes idades.

Segundo Pereira (2008), patologia é qualquer desvio das condições normais de funcionamento e eficiência do edificado ou dos seus elementos constituintes. Conforme De Miranda *et al.*, (2021) a durabilidade das estruturas em concreto armado, possui um fator importante onde muitas vezes são negligenciadas, que são as fiscalizações de todo o processo construtivo. A classe de agressividade ambiental, espessura mínima de cobrimento, qualidade do concreto, o uso de materiais que não são de boa qualidade, a falta de mão de obra especializada, e a ausência de manutenções periódicas durante o uso, são fatores que podem desencadear manifestações patológicas (GURGEL *et al.*, 2017).

O fenômeno da corrosão de armaduras ocorre segundo vários fatores que agem simultaneamente, devendo sempre ser analisado com uma visão sistêmica (ROCHA, 2015). Este fenômeno é uma das manifestações patológicas mais críticas, pois não só causa a deterioração do próprio aço em si, como também pode comprometer a estabilidade e a durabilidade da estrutura (ALVES *et al.*, 2012).

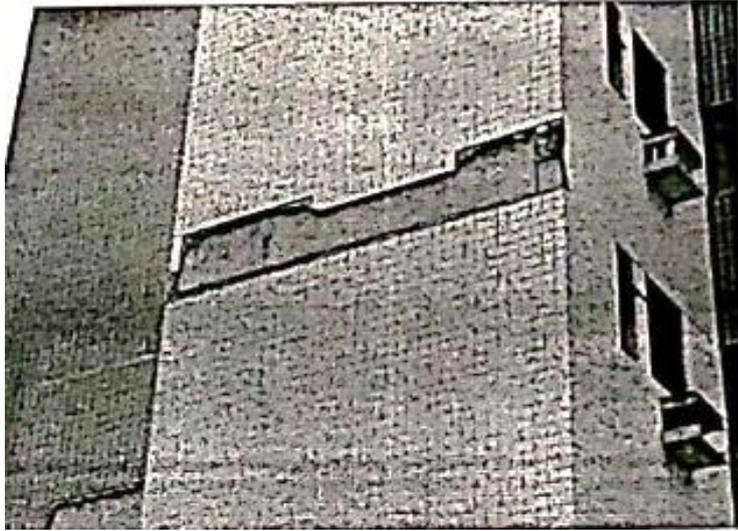
De acordo com Antunes (2010), mesmo com toda essa evolução tecnológica, verifica-se a incidência cada vez mais das manifestações patológicas no revestimento de fachada tendo suas origens as mais diversas causas. Dentre os quais se pode citar a omissão de elementos construtivos, execução inadequada, omissão ou, não seguimento das especificações estabelecidas em projeto, mão-de-obra não qualificada que acarreta na execução inadequada e etc.

A fase do planejamento das obras corresponde a 45% das patologias encontradas nas edificações. De acordo com De Oliveira (2021), isso significa dizer que, o acompanhamento da obra faz toda diferença para evitar falhas no projeto que venham a acarretar nestas patologias.

O deslocamento do revestimento cerâmico é uma das patologias que acontece em fachadas de edifícios e ocorre por diversos motivos e alguns deles estão relacionados aos materiais utilizados nas placas cerâmicas. De acordo com De Lima (2015) problemas como deterioração das juntas, destacamento de placas e defeitos nos assentamentos das peças é comum no tocante ao revestimento cerâmico.

O desempenho do processo de revestimento cerâmico de um empreendimento depende da relação de todos os materiais e suas técnicas de aplicação específica, para aquela situação de projeto. A ocorrência de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos pode se originar na fase de projeto, quando são escolhidos materiais inadequados para as características de uso da edificação ou quando são desconsideradas as interações dos revestimentos com outros elementos da edificação (DE LIMA, 2015).

Figura 1. Deslocamento de cerâmicas na parte externa do edifício morada do himalaia



Fonte: Laudo de Vistoria – TECOMAT (2013)

De acordo com Ribeiro (2006) o sistema de revestimento deve ser empregado cumprindo funções e requisitos de desempenho importantes. Para a manutenção do edifício, entre essas funções, estão: proteger edificação, auxiliar as funções do vendedor, proporcionar acabamento final a edificação. Além disso, o revestimento de fachadas realizado com placas cerâmicas tem uma maior durabilidade por causa da resistência contra ação dos agentes agressivos ambientais dessas placas.

Manifestações patológicas em fachadas exteriores podem ser causadas pelas condições atmosféricas que vão desde comprometimento estético sem grandes riscos, pelas frestas, penetração e manchas mais visíveis alcançando assim uma situação mais crítica de deslocamentos e deslocamentos de revestimentos externos.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo de caso em edificação da cidade de Recife-PE, consiste em analisar os principais problemas patológicos encontrados em fachadas de edifícios, identificando as manifestações patológicas existentes nas fachadas dos edifícios da região determinada e análise das possíveis causas relacionadas às manifestações patológicas aparentes com o emprego de inspeções visuais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

- **Desplacamento**

Essa patologia denominada deslocamento é caracterizado pela ruptura de uma parcela da argamassa em relação ao todo, levando ao seu colapso localizado, ou seja, um trecho da argamassa (já seca) separa-se do substrato, deixando exposto o local que estava aderido (Machado, 2013).

O Desplacamento na construção civil, pode ser ocasionado pelo desprendimento da argamassa ou cerâmica por toda extensão da superfície da estrutura de concreto com ruptura e pode ser ocasionado principalmente pelas variações térmicas ou alívios de tensões.

De acordo com Bauer (1997) o deslocamento é a separação da argamassa que além de sofrer o descolamento, tem dimensões suficientes para ocasionar um alto impacto onde cair, devido ao seu desprendimento da superfície de aderência inicial e sua massa considerável.

O deslocamento pode ocorrer por diversos motivos, abrangendo projeto, execução, materiais e mão de obra. No entanto, na maioria das vezes, um problema não é causado por um único fator, mas pela interação de diversos aspectos atuando simultaneamente.

Nesse contexto Fiorito (1994) destaca que as prováveis causas do deslocamento são a falta de aderência entre as camadas, à expansão da cerâmica em virtude da umidade, a retração excessiva da argamassa e, sobretudo, o aparecimento de tensões cíclicas decorrentes do efeito térmico que pode levar o sistema de revestimento cerâmico à ruptura por fadiga.

As variações térmicas, aliadas à umidade, provocam esforços higrotérmicos que atuam diretamente sobre os acabamentos, provocando uma dilatação das unidades construtivas em função dos seus coeficientes de dilatação potencial (devido às variações negativas) e de sua técnica construtiva. Essas variações provocam o surgimento de gretas e fissuras (SILVA, 2014).

Uma fissura em uma laje ou viga, por exemplo, pode levar a uma infiltração ocasionando a oxidação do elemento estrutural fazendo com que o aço se expanda e empurre uma parte do concreto ocasionando o deslocamento.

A figura 2 mostra o deslocamento do concreto provocado pela corrosão da armadura, já que o processo de oxidação aumenta o volume do aço, ocasionando tensões de tração no cobrimento de concreto.

Figura 2. Deslocamento do concreto em viga.



Fonte: Miranda *et al*, (2021)

A inexistência do projeto de fachadas pode fazer com que apareçam algumas manifestações patológicas, entre elas estão, a oxidação da armadura, carbonatação, segregação do concreto, aderência de substratos, ataque de cloreto, entre outras.

- **Ausência/falha de projetos de fachadas**

Quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e falhas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução. Isso é comprovado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto (Callegari, 2007).

O projeto de revestimento de fachada é obrigatório e, pela sua característica, deve ser desenvolvido por profissional legalmente habilitado e pode ser subcontratado

ou desenvolvido internamente pela construtora, na forma de procedimentos (NBR 13755, 2017)

De acordo com Callegari (2007), deve-se conscientizar de que o projeto tem autossuficiência e informação de alto nível para permitir eficientes planejamentos e programações, controle de materiais, execução, tempo, mão-de-obra, bem como a qualidade destas, para subsidiar as atividades de produção em canteiro.

No estudo de Gomes (2018), foi realizada uma entrevista pessoal com 25 (vinte e cinco) profissionais da área da construção, engenheiros, arquitetos, técnicos em edificações e técnicos de segurança do trabalho. Foi questionado aos participantes se eles já possuíam experiência trabalhando em projetos ou em construções que adotassem os novos requisitos normativos dos projetos de fachada com revestimento cerâmico NBR 13755, revestimento de paredes externas e fachadas com placas de cerâmicas.

Dentre os profissionais entrevistados, cerca de 56% dos profissionais já trabalharam em projetos utilizando a nova norma e 44% ainda não haviam tido a experiência de atuar em construções com a nova norma.

Costa (2019), em seu trabalho mostrou que quando a obra possuir um projeto bem definido atendendo as normas padrões brasileiras (NBR) o prejuízo será quase nulo pois terá um melhor planejamento, maior segurança, melhor qualidade e ganhará uma maior velocidade na execução, além do tempo de vida útil que irá aumentar consideravelmente.

Segundo PICCHI (1993) o projeto tem grande influência sobre os custos do edifício, através da grande possibilidade de alternativas, existentes nesta fase, onde poucas despesas foram realizadas, a medida que o empreendimento evolui, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem sensivelmente. O custo de reparo de uma estrutura é bem maior do que quando se constrói com projeto.

Costa (2019) apresentou em sua pesquisa que a ausência de projeto de fachada pode causar muitos prejuízos, tais como;

- Deslocamento cerâmico – Figura (3) e Figura (4)

- Fissura devido à falha no processo de assentamento na fixação de grades de proteção e falta de pingadeira do aparelho de ar - Figura (5)
- Infiltrações devido à falta de pingadeira. - Figura (6)

Hard (2019), estimou que 40% a 46% das patologias encontradas nas fachadas ocorrem em função de não haver um projeto detalhado para essa etapa da obra. O ideal é haver uma planta detalhada dos materiais e de seus componentes, conforme indica a **NBR 13.531**.

Figura (3)



Figura (4)



As fachadas tem grande probabilidades de reter água, por conta da natureza dos materiais porosos advinda dos fatores: penetração de água de chuva, retenção de umidade e principalmente com a ausência de barreiras contra a introdução da água. (SILVA, 2014)



Figura (5)



Figura(6)

De acordo com Costa (2019), possíveis soluções são: barreiras contra umidade, como, pingadeiras, frisos, molduras, aplicação adequada dos peitoris esquadriais, aplicação de juntas de dilatação e impermeabilização, dificultando a presença de umidades e proporcionando a movimentação das placas devido às tensões no revestimento, assim, evitando o deslocamento.

Segundo Duarte (1998), a variação térmica proporciona movimentação das placas nas fachadas e com a existência das juntas de dilatação, seria possível combater as tensões no revestimento evitando o aparecimento de fissuras.

- **Oxidação da armadura**

A oxidação da armadura é o início do processo de degradação do metal e deve ser tratada logo que surgir, para não dar origem à corrosão e à ferrugem. São diversos os processos que originam a corrosão e em muitas situações não é fácil, nem rápido, justificar e explicar o porquê de uma estrutura corroída. A justificativa mais cômoda, em geral, é atribuir o fato à falta de cobrimento adequado de concreto, tomando-se como referência as recomendações de normas e regulamentos oficiais. No caso brasileiro, geralmente, recorre-se às recomendações da NBR-6118 (NB-1) “Projeto e execução de obras de concreto armado”. Publicada em 1978, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A oxidação em metais começa quando a superfície desprotegida após avarias tipo fissuras na estrutura, entra em contato com o ar, vapor d’água ou água. Helene P. (1986), define a corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química ou eletroquímica. Afinal, trata-se de um processo de oxidação, ou seja, decorrosão, que representa a lenta destruição do metal no concreto.

Como danos estruturais entenderam a diminuição da área de seção transversal, fissuração do concreto provocada pelo acúmulo de produtos de corrosão junto às barras de armadura e a perda de aderência entre o concreto e ferrugem, que podem levar ao deslocamento do concreto nos estágios mais avançados.

- Oxidação da Armadura em Sacadas - Figuras (7)
- Oxidação da Armadura em Viga - Figura (8)

Figura (7)



Figura (8)



De Miranda *et al.*, (2021) apresenta como possível solução em seu estudo a utilização de uma técnica de reparo tradicional, para recuperação dos trechos onde houver corrosão de armaduras. Esta técnica segue a seguinte sequência:

- Remoção de todo concreto desagregado, descobrindo toda armadura em todo seu perímetro;
- É essencial lixar toda a armadura de aço utilizando uma lixa de ferro ou escova de aço, removendo assim toda a crosta de óxido de ferro formada a seu redor;
- Aplicação de primer inibidor de corrosão em toda a área de aço recuperada;
- Reconstituição da seção de concreto com aplicação de graute.

É de fundamental importância à avaliação do comprometimento da armadura, como também das causas e agentes responsáveis, pois a correção da situação em estudo irá depender do nível de oxidação do aço. Vale ressaltar que nem sempre o problema se encontra em toda armadura e sim em alguns trechos (GURGEL *et al.*, 2017).

- **Aderência em Substratos**

A resistência de aderência do sistema de revestimento cerâmico é uma das propriedades mais importantes deste tipo de acabamento. A compreensão das propriedades do substrato e da argamassa e a capacidade de avaliar adequadamente a interação dos elementos são diretrizes fundamentais para a construção de revestimentos duráveis (BERNARDO *et al.*, 2020).

De acordo com Pereira, Silva e Costa (2013) nos últimos anos foi verificado um

aumento significativo nas manifestações patológicas de descolamento da placa cerâmica, que pode ser resultado de diferentes materiais e técnicas utilizadas recentemente.

Diante disto, é importante destacar que, a aderência se constitui como um sistema de interligação com natureza atômica ou molecular e que se encontra na interface entre um sólido e qualquer outro objeto, essa ligação pode ser tanto física, obtida pela cura entre o substrato e o adesivo, ou química, pela força eletrostática de Van Der Waals (THURLER; FERREIRA, 1995 *apud* Pereira, Silva e Costa, 2013).

De acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010) a aderência pode ser definida como a propriedade de um revestimento necessário para resistir a tensões normais e tangenciais e que atuam na interface com o substrato. A norma cita ainda que a aderência não é uma propriedade exclusiva da argamassa, mas da interação entre as camadas do sistema, sendo necessário especificar o substrato em que a argamassa será assentada.

Diversos ensaios de aderências já foram realizados anteriormente, a partir de orientações da NBR 13528 (ABNT, 2010) com o intuito de observar a combinação do tipo de chapisco com o substrato, como pode ser observado na figura 09.

Figura 09 - Resistência de aderência à tração



Fonte: Becker; Andrade (2017)

É possível observar na figura 09, o resultado a extração das pastilhas, e o rompimento na interface chapisco/substrato (esquerda) e rompimento na argamassa de chapisco (BECKER; ANDRADE, 2017).

Além disso, segundo Pereira, Silva e Costa (2013) o método de assentamento do revestimento cerâmico sobre o piso precisa ser analisado, com o intuito de possibilitar a aderência do substrato.

Figura 10 - Sistema de Revestimento cerâmico assentado piso sobre piso



Fonte: PEREIRA, SILVA E COSTA (2013).

Com objetivo de melhorar o desempenho da contribuição do chapisco no sistema de revestimento, é importante destacar a influência da camada de preparo na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. Tendo em vista que, a adesão corresponde a capacidade de umectação e afinidade de um adesivo ou selante a um ou mais substratos, é indispensável compreender a como a força de adesão, baseada nas forças de atração entre as moléculas do adesivo ou selante e das superfícies a serem coladas, é importante para a resistência interna oferecida a esforços do adesivo ou selante (BECKER; ANDRADE, 2017).

Nesse sentido, a adesão entre o substrato poroso e a argamassa ocorre principalmente por fenômenos mecânicos. De acordo com Bernardo *et al.*, 2020 esse fenômeno também pode ser caracterizado pela mudança que acontece entre a água, a argamassa e o substrato, tornando possível assim, o acesso da pasta de cimento nos poros do substrato.

Ainda de acordo com o método disposto na NBR 13528 (ABNT/2010) a adesão ao substrato é uma das propriedades mais importantes em revestimentos de argamassa. Assim, para aumentar essa adesão, geralmente é usada uma camada de preparação chamada chapisco entre as duas, substrato e argamassa de revestimento.

Além disso, dentre os fatores que condicionam os mecanismos de aderência estão aqueles que os afetam diretamente, como a capacidade de absorção do substrato, a estrutura de poros do mesmo, a composição da argamassa de revestimento e sua capacidade.

- **Ataque de Cloreto**

O ataque de cloreto corresponde à ação de íons cloretos (Cl-) nas estruturas de concreto, bem como pode provocar a despassivação do aço muito mais rápida, assim também como a corrosão localizada, com surgimento de trincas e deslocamento do concreto (GUIMARÃES; CASTAGNO JUNIOR; HELENE, 2003).

As estruturas de concreto armado em sua maioria costumam estar sob a ação combinada de vários tipos de ataque, seja eles físicos ou químicos. Essa ação combinada intensifica a deterioração dos elementos. Nesse sentido, a combinação de qualquer ataque físico em estruturas submetidas à ação de cloretos, ou qualquer outro ataque químico, atua sempre no aumento da porosidade que permite maior ingresso de agentes agressivos. Quando o concreto armado foi desenvolvido, ele se transformou em um dos materiais mais utilizados na construção, seja construindo edifícios ou erguendo obras de arte (COSTA, 2019). Muito do sucesso dessa combinação se deve ao fato de que o reforço utilizado não requer tratamento anticorrosivo. Além disso, a alta alcalinidade do concreto, facilita a formação de um filme de óxido estável que evita a progressão da corrosão (MELO; COMPARSI; BONSEMBIANTE, 2020).

Ainda de acordo com Costa (2019), o acontecimento frequente de ataque de cloretos está associado a carbonatação, que é uma situação muito comum em regiões marítimas, principalmente nas zonas de flutuação de maré, respingos, visto que nessas localidades os poros não estão saturados com água permitindo a entrada do CO₂.

Em áreas litorâneas, por exemplo, as estruturas sofrem com a ação de cloretos e sulfatos. Até mesmo em ambientes agressivos, a durabilidade pode ser garantida com cobrimentos maiores das armaduras e concretos menos permeáveis (MELO; COMPARSI; BONSEMBIANTE, 2020). Maiores coberturas das armaduras, como preconiza a NBR 6118, e controle da relação água- cimento garantem concretos mais duráveis. A figura 11 demonstra como a falta deste controle pode ser prejudicial,

acarretando na armação exposta.

Figura 11 - Estrutura de Concreto armado sob ataque de cloreto



Fonte: ASOPE Engenharia (2012).

Além disso, no momento em que o concreto está contido pela carbonatação e penetração de cloretos, ocorre a corrosão da armadura muito mais rápida. Outro aspecto importante é que através da alta alcalinidade do concreto, também pode favorecer a formação de uma película de óxido estável que passiva o aço e impede a progressão da corrosão. Na prática, manifestações patológicas podem ocorrer quando há vulnerabilidades no sistema, resultantes principalmente de falhas durante a execução e na especificação do concreto (FONSECA, 2020).

Na prática, patologias podem surgir quando há vulnerabilidades no sistema, principalmente devido a falhas durante a execução e em especificações específicas. Algumas das substâncias mais agressivas às estruturas de concreto estão presentes na atmosfera marinha, onde o cloreto de sódio e o cloreto de magnésio ficam suspensos no ar (MELO; COMPARSI; BONSEMBIANTE, 2020).

- **Carbonatação**

A carbonatação, geralmente encontrada em estrutura de concreto armado, caracterizada por um fenômeno físico químico onde provocam mudanças na microestrutura do concreto, responsável também pela diminuição do pH, assim como, pela degradação do aço existente no concreto armado por meio da corrosão. (PAPADAKIS; VAYENAS; FARDIS, 1991; LEVY, 2001; KULAKOWSKI, 2002; KIRCHHEIM, 2003; KATZ, 2003; MASCE; MIYAZATO; YODSUDJAI, 2003; PAULETTI, 2004, 2009; HUI-SHENG; BI-WAN; XIAOCHEN, 2009).

De acordo com Da Cunha, Helene (2001) como descrito esse processo pode ter início pelas reações químicas procedente da interação do gás carbônico (CO₂),

gás presente na atmosfera com os produtos da hidratação do cimento, que se encontram no líquido intersticial dos poros. Bary e Sellier (2004) afirmam que essa reação acontece com os íons de cálcio, presentes em solução aquosa dos poros em equilíbrio com os produtos de hidratação do cimento, um exemplo, é o silicato de cálcio hidratado (tombermorita C-S-H).

Segundo Bauer *et al.* (2005), a cal é um ligante que desenvolve o seu endurecimento através da sua transformação em carbonato de cálcio, por fixação do gás carbônico existente no ar, processo de carbonatação, sendo desta forma, classificada como um aglomerante aéreo. Ademais, existem dois tipos de cal são elas: a cal virgem que é o óxido de cálcio (CaO), anteriormente utilizada nos canteiros de obras, onde para ser realizada a hidratação é necessário a queima no próprio local, assim, ocorrendo uma reação exotérmica muito forte e consequentemente ocasionando acidentes nas obras.

A cal virgem obtida a partir de um processo de cozimento do calcário, não é encontrada na natureza. É utilizada como matériaprima para a fabricação da cal hidratada (Ca(OH)₂), que é utilizada com frequência na construção civil, em argamassa de assentamento e argamassa de revestimento, quando adicionadas as argamassas apresenta a conclusão do ciclo de reações da hidratação do cimento favorecendo para a qualidade do produto após a cura (CAPORRINO, 2018).

Por conseguinte, o uso desse componente deve ser cuidadosamente avaliado visto que o uso do calcário em elevados níveis pode comprometer negativamente no desempenho do sistema de revestimento, ocasionando o surgimento de fissuras (FERNANDES, 2021). Thomaz (2020), afirma que a retração é decorrente do processo de carbonatação, causada pela reação de cal hidratada, onde são liberados gás carbônico presente no ar e, formando carbonato de cálcio + água livre, quando evaporada também causa retração, sendo assim, ocasionadas fissuras e facilitando o surgimento de novas patologias na fachada.

3. METODOLOGIA

O trabalho consiste em um estudo de caso de um edifício comercial, localizado na cidade do Recife-PE, onde foram detectadas várias patologias na sua fachada, entre elas, se destacou o deslocamento de revestimento argamassado.

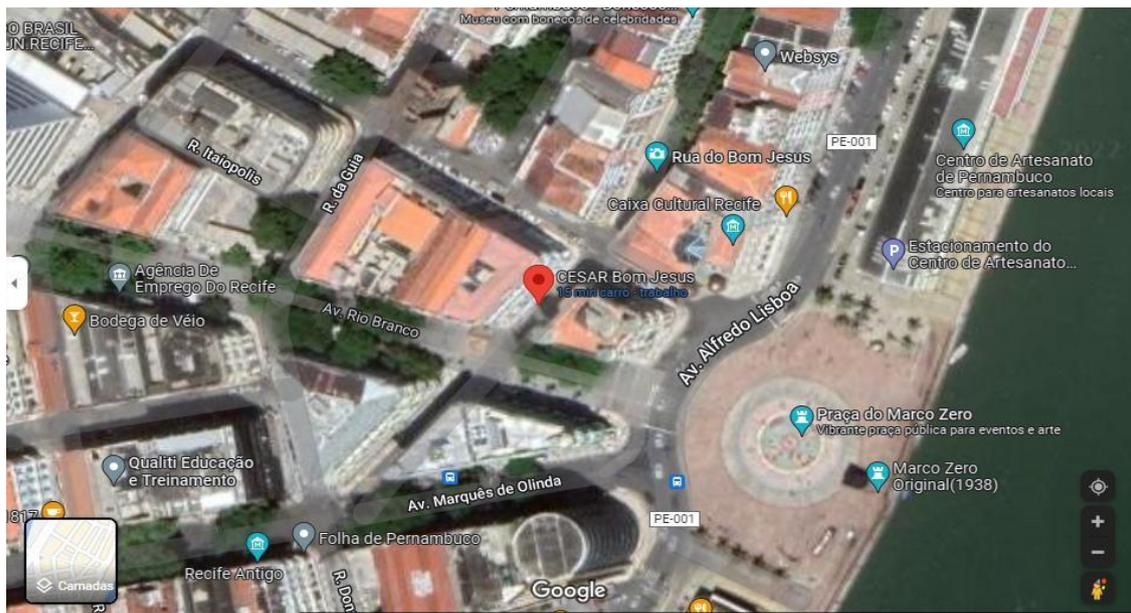
Para identificação das patologias na fachada foi utilizado o método de inspeção visual, onde foi feito um levantamento fotográfico, detectando os pontos onde visivelmente ocorria o deslocamento do revestimento argamassado.

Após a vistoria fotográfica foi elaborado um laudo de vistoria técnica identificando a causa do problema, apresentando os pontos críticos a serem reparados e indicando o método mais adequado a ser executado para esse tipo de patologia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo de caso presente, efetuado em um edifício localizado numa região próxima a maré. O imóvel está situado na Av. Rio Branco, nº 50, compõe o conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico do bairro do Recife como um imóvel de destaque. Encontra-se em um bairro bastante popular, uma região muito frequentada por turistas, onde fica localizado próximo ao centro histórico da cidade. É evidente que o edifício possui mais de 25 anos, com características ecléticas com 03 pavimentos demarcados em sua fachada (com o seu restauro o imóvel passou a possuir internamente 06 pavimentos) que foi construído com finalidades residenciais, hoje trata-se de uma escola.

Figura 12. É possível observar a localização exata do edifício, situado na cidade do Recife- PE.



Fonte: Google Maps

Por ser um edifício onde a região possui uma classe de agressividade ambiental muito forte em função da sua localização bastante próxima ao litoral, a fachada se encontrava bastante danificada e com a aparência de velha, de acordo com o item 6.4.2 da norma NBR 6118: 2014, construções próximas a locais sujeitos a respingos de maré sofrem mais ações de agressividade ambiental. Esta classificação está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as construções.

Tabela 1. Classes de agressividade em que os materiais estão sujeitos.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: ABNT NBR 6118.

Figura 13. A partir da visualização das fachadas do edifício, as suas posições são de grande importância para a identificação e análises das ações advindas da natureza que podem ser: direção da chuva, incidência e pressão dos ventos.



Fonte: Google Maps

Figura 14. O levantamento fotográfico mostra os pontos onde foram mais afetados devido a agressividade ambiental. Os pontos destacados em laranja nas imagens abaixo indicam os locais que precisaram de manutenção.



Fonte: Autor (2021)

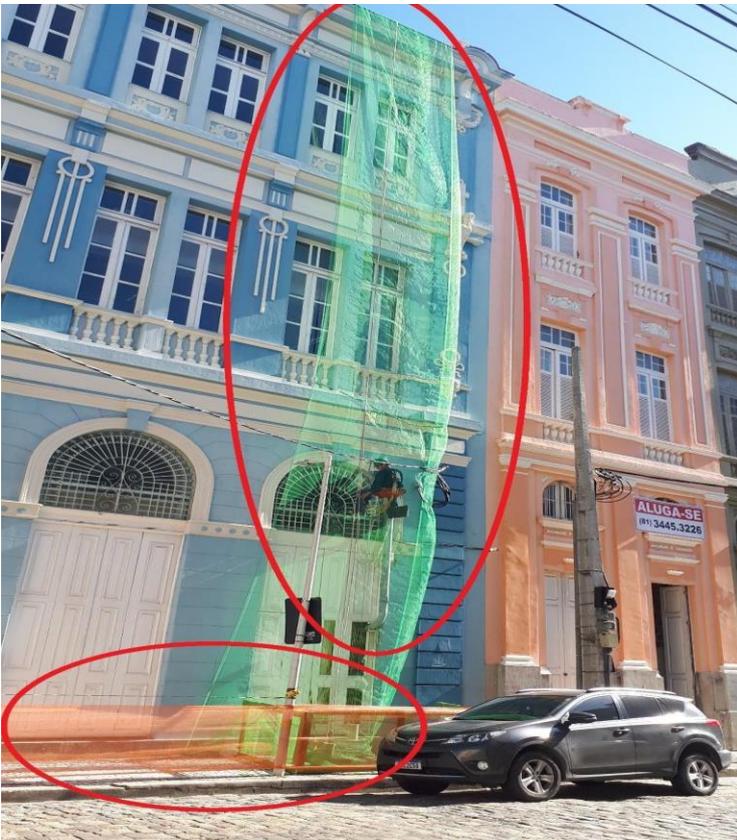
As fachadas caracterizadas como norte, leste e sul apresentaram diversas manifestações patológicas, incluindo, deslocamento do revestimento argamassado e a presença de fissuras nas janelas, ocasionando infiltrações nas paredes internas e corrosão da armadura em elementos das fachadas.

FACHADA NORTE	FACHADA LESTE
	
<p>Análise: Figura 15. Ponto onde ocorreu deslocamento devido ao processo de corrosão e consequente expansão do aço que constitui o elemento da fachada.</p>	<p>Análise: Figura 16. Ponto onde ocorreu deslocamento devido ao processo de corrosão e consequente expansão do aço que constitui o elemento da fachada.</p>
FACHADA SUL	FACHADA LESTE
	
<p>Análise: Figura 17. Ponto onde ocorreu deslocamento devido ao processo de corrosão e consequente expansão do aço que constitui o elemento da fachada.</p>	<p>Análise: Figura 18. Ponto onde ocorreu infiltração devido a trincas erachaduras na janelas.</p>

Após a identificação das patologias, o engenheiro responsável pela execução da obra, o mesmo que elaborou o laudo de vistoria técnica, foi realizado um plano de manutenção das fachadas. E, foram divididas em várias etapas: remoção da argamassa desagregada, tratamento da ferragem, aplicação da argamassa (reboco), restauração das molduras e por fim, a pintura das fachadas.

Atualmente, o edifício é comercial, os reparos foram realizados por etapas, isolando a área com tela de sinalização, tela fachadeira e uma estrutura estilo guarda corpo revestido de tela fachadeira para maior segurança dos transeuntes e carros. A manutenção se iniciou na fachada norte e se encerrou na fachada sul.

Foram necessários **(Figura 19)** o uso dos seguintes equipamentos, como: tela fachadeira evitando com que os resíduos atingissem as áreas vizinhas ao edifício, como fragmentos da argamassa desagregada e do reboco, tela tapume sinalizando e isolando a área de risco, kit cadeira suspensa (cinto de segurança, trava-quedas, linha de vida e o talabarte) para que o profissional executa-se o serviço nas partes mais altas da fachada, onde para a execução desse serviço em alturas, é necessário o certificado de conclusão do curso da NR- 18.



Fonte: Autor (2021)

- **Etapas da Obra**

Remoção da argamassa desagregada. Na imagem (**Figura 20**) a seguir apresenta a remoção de toda argamassa desagregada, descobrindo toda a armadura.



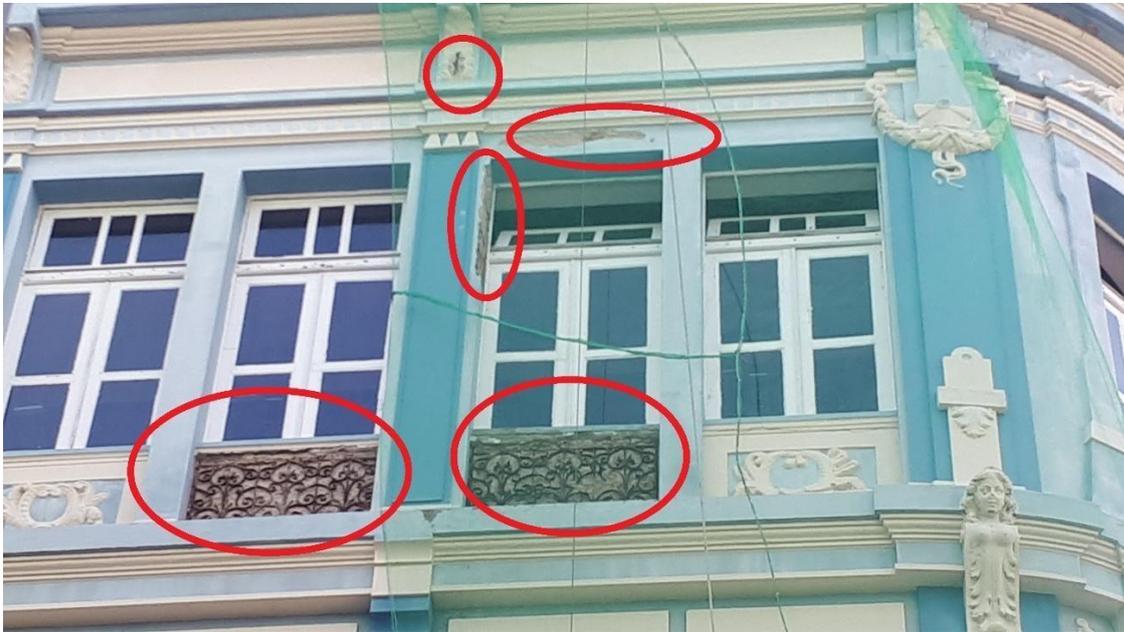
Fonte: Autor (2021)

Motivos que ocasionaram a desagregação do revestimento argamassado:

A desagregação do concreto foi ocasionada devido a expansão do aço que após sofrer com o processo de oxidação se expandiu empurrando uma parte do revestimento argamassado. Outro fator que influenciou bastante na deterioração do concreto foi a exposição a uma névoa fina e úmida, conhecida como maresia, formada por várias partículas de água salgada devido a agitação do mar sendo altamente corrosiva, os sais presentes no ar penetram os poros do concreto reagindo com alguns elementos encontrados na pasta do cimento fazendo com que a argamassa perca as suas propriedades.

- Tratamento da armadura de aço

Conforme a imagem a seguir (**Figura 21**), foi necessário lixar a armadura com a escova de aço a ser recuperada, após aplicação do neutralizador, foi aplicado o protetor anticorrosivo a base de zinco para a total proteção da armadura.



Fonte: Autor (2021)

Motivos que levaram a oxidação das armaduras:

O concreto está passível de sofrer com as manifestações patológicas, dependendo das condições que se encontra acomodado. É válido ressaltar que a região onde o imóvel está localizado possui níveis de umidade maiores devido a sua proximidade ao mar. As trincas e infiltrações presentes em alguns pontos da fachada resultaram na oxidação de grandes partes das armaduras de aço e a presença de cloretos de sódio e magnésio aumentaram a velocidade da corrosão.

Como também quando a proteção é insuficiente em relação a agressividade de um ambiente, conseqüentemente, as manifestações patológicas surgem em poucos anos, levando ao deslocamento do cobrimento, a fissuração intensa, ao desaparecimento das armaduras e, em último grau, a deformação e ao colapso da estrutura.

Tabela 2. Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{mm}$.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Lajes	20	25	35	45
	Viga / Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30		40	50

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118:2014

Na figura a seguir, **Figura 22** apresenta o processo após o tratamento da ferragem, aplicação da argamassa, restaurando assim, a área onde foi removido a argamassa desagregada.



Fonte: Autor (2021)

A imagem abaixo, mostra o processo de restauração das peças ornamentais, a expansão do aço gerou a desagregação da argamassa danificando as molduras. Foi necessário realizar a restauração das molduras por se tratar de um prédio histórico, onde a moldura faz parte da sua composição arquitetônica.

Figura 23. Restauração das molduras.



Fonte: Autor (2021)

No processo de restauração das peças ornamentais, os materiais utilizados para refazer as molduras foram, silicone líquido, óleo diesel, sabão em barra e graute. Na sua execução, foi necessário retirar a ornamentação menos danificada e em seguida, foi aplicado o silicone líquido, extraíndo o molde da ornamentação criando assim a forma, também utilizado o óleo diesel e sabão em barra na forma para evitar que o material grudasse. E, por fim a aplicação do fluido líquido graute devido a sua alta resistência quando atinge a sua forma sólida. Não foi utilizado a argamassa, pois na sua forma líquida a mesma iria perder as suas propriedades.

- Pintura da fachada

Para a sua finalização, a pintura foi realizada com tinta acrílica indicada para pintura interna/externa devido as suas propriedades, são elas: resistência á radiação ultravioleta, apresentam menos calcinação e tendência ao envelhecimento, maior resistência a água, menos formação de bolhas, resistência ao mofo e ao acúmulo de sujeira.

A fachada é um dos principais sistemas de uma edificação que além da estética, visa protegê-la das intempéries aumentando seu desempenho e vida útil. Apesar da sua importância, o revestimento de fachada deve ser executado com os devidos cuidados técnicos. Esse trabalho tem por finalidade demonstrar diversos danos devido à carbonatação entre outras manifestações patológicas presente na fachada constituída de revestimento argamassado.

A partir desta pesquisa espera-se contribuir para os estudos ou pesquisas futuras, tais como: análises referentes a anomalias presentes em fachadas de revestimento argamassado como, por exemplo, carbonatação, deslocamento entre outras. Já que esse tipo de irregularidade é causado por diversos fatores.

Como mostram as figuras foi necessário realizar uma vistoria in loco e executar um levantamento fotográfico das manifestações patológicas presentes. Na qual de acordo com a figura 24, 25 e 26 a patologia mais recorrente foi o deslocamento do revestimento argamassado. Já na figura 27 foi a carbonatação da armadura. Por fim, na figura 28 podemos visualizar a presença de fissuras devido à carbonatação da armadura.

FIGURA 24



Fonte: Autor (2021)

FIGURA 25



Fonte: Autor (2021)

Figura 26. Deslocamento do revestimento argamassado do edifício



Fonte: Autores (2021)

Figura 27



Fonte: Autores (2021)

Figura 28



Fonte: Autores (2021)

Conforme mostra a figura 29, o edifício se encontra no centro do Recife a menos de 5 km de distância da maré, o que influencia bastante na degradação da fachada devido à maresia que pode ocasionar a carbonatação no concreto e oxidação da estrutura metálica.

Figura 29. Imagem contendo a localização do edifício.



Fonte: Google maps, (2021)

Figura 30. Concreto desagregando do aço



Fonte: Autor (2021)

As imagens abaixo descrevem as técnicas utilizadas para que a estrutura fosse recuperada. Foi necessário executar a remoção de todo concreto desagregado como mostrado na figura 30, logo após foi efetuado a aplicação do neutralizador de ferrugem que tem a propriedade de transformar a ferrugem em um fundo protetor que serve de base para pintura, logo após esse processo foi aplicado um protetor anticorrosivo a base de zinco para metais, esse produto tem a propriedade de oferecer um alto poder inibidor de corrosão, proporcionando a proteção de metais de forma eficaz. Após os processos citados anteriormente foi realizado a restauração da fachada utilizando a argamassa (cimento + areia) conforme as figuras 31, 32 e 33. Dessa forma esperamos que os resultados dessa pesquisa possam ajudar na identificação das patologias e aperfeiçoar as técnicas de reparos desse tipo de patologia existente na fachada.

Figura 31. Região da fachada onde foi realizado o restauro das partes em deslocamento.



Fonte: Autor (2021)

Figura 32. Região da fachada onde foi realizado o restauro das partes em deslocamento.



Fonte: Autor (2021)

Figura 33. Região da fachada onde foi realizado o restauro das partes em deslocamento.



Fonte: Autor (2021)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o trabalho em questão teve por finalidade demonstrar os diversos tipos de patologias apresentadas em fachadas, já que a mesma é o cartão de visita de uma edificação, onde uma fachada apresentável faz com que o seu usuário se sinta confortável e seguro, além da estética que tem como objetivo valorizar o imóvel.

A partir desse estudo, conclui-se que a falta de planejamento, a qualidade dos materiais escolhidos na obra, a falta de mão de obra especializada, a ausência de manutenção, a falta de fiscalização no processo construtivo e os fatores climáticos são elementos de suma importância na qual irá definir o tempo de vida útil de uma fachada, pois esses fatores interferem bastante na durabilidade da estrutura, fazendo com que as anomalias presentes ocorram antes do previsto. Segundo a NBR 15575-1 (ABNT 2013), o tempo de vida útil de uma vedação vertical externa (fachada) é de no mínimo 40 anos.

No edifício Cesar Bom Jesus, foram encontradas a presença de diversas patologias como: fissuras, infiltrações da edificação, presença de umidade na fachada, carbonatação e deslocamento do revestimento argamassado. A falta de barreira contra umidade fez com que a estrutura fosse exposta a infiltrações de água, porém, o principal fator que influenciou na degradação da fachada foi a agressividade ambiental devido ao local onde o edifício é localizado, uma região cercada por maré.

O fato da edificação estar bem próximo a maré, influenciou de forma intensiva na degradação do edifício, a salinidade e a temperatura influenciaram diretamente nas características físico-químicas do edifício que apesar de não estar em contato direto com a água do mar, a presença do vento fez com que uma quantidade razoável de sais fosse transportado até a fachada, capazes de produzir depósitos salinos na superfície, facilitando a penetração de agentes agressivos. Os ventos podem carregar os sais na forma de partículas sólidas ou como gotas de solução salina contendo vários outros constituintes.

A agressividade do ambiente marinho na fachada foi dividida em dois aspectos completamente diferentes, com características de ataques distintos, uma relativa degradação do concreto, pela ação dos sais agressivos, outra pelo processo de corrosão de armaduras, devido a presença de íons cloreto e a alta umidade do ambiente. Por fim, as patologias mais frequentes na edificação foi a corrosão da armadura de aço o que ocasionou o deslocamento do revestimento argamassado em diversos pontos da fachada evidenciando a importância de um projeto para essa parte das edificações.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Helton G. *et al.* Aplicação da técnica de polarização linear para detectar corrosão em concreto armado atacados por SO e Cl 4. **Revista de Química Industrial**. Campina Grande, v. 736, p. 18-23, 2012.
- ANTUNES, Giselle Reis. Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília - Sistematização da incidência de casos. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- BAUER, E. *et al.* Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. LEM - UNB, Brasília, 2005.
- BAUER, Roberto José Falcão. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. **II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador**, p. 321-33, 1997.
- BECKER, Felipe Allebrand; ANDRADE, Jairo José de Oliveira. Avaliação da influência do substrato de concreto na resistência de aderência à tração de diferentes tipos de chapisco. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, Jun, 2017.
- BERNARDO, Heitor Montefusco *et al.* Efeito da absorção de água e do tipo de substrato no desempenho de argamassa de revestimento nos estados fresco e endurecido. **Ambiente Construído**, v. 20, p. 493-511, Jul- Set, 2020.
- CALLEGARI, Simara *et al.* Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares. 2007.
- CAPORRINO, C. F. Patologias em Alvenarias. Oficina de Textos, 2 ed., São Paulo, 2018.
- COSTA, Laís Cristina Barbosa. Desempenho de concretos de escória de aciaria frente a ataque de cloretos. **Universidade Federal de Ouro Preto**. Fev, 2019.
- DA CUNHA, Ana Carla Quintas; HELENE, Paulo RL. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação**. EPUSP, 2001.
- DE LIMA, Bruno Santos. Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares. Graduação em Engenharia Civil, Santa Maria, Dez, 2015.
- DE MIRANDA, José Américo Torres *et al.* Estudo de Caso: Recuperação e reforço estrutural em edifício empresarial no meio urbano Case Study: Recovery and structural reinforcement in business building in the urban environment. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 74509-74523, Jul, 2021.
- DE OLIVEIRA, Kelly Aparecida; DE OLIVEIRA, Ricardo Fonseca. Análise das patologias em imóveis residenciais. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 26, Abr, 2021.

DUARTE, R. B.. Fissuras em Alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Publicação CIENTEC - Boletim Técnico 25. Fundação de Ciência e Tecnologia, Porto Alegre, 1998.

FERNANDES, Matheus Cunha *et al.* Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas–sistematização dos casos e propostas de intervenção. Jun, 2021.

FIORITO, A. J. S. L. Manual de argamassa e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. São Paulo, 1994.

FONSECA, Kaio Henrique Frutuoso da *et al.* Estudo do ataque por cloreto de sódio em concreto convencional. Fev, 2020.

GOMES FILHO, Jose Alberto de Araujo. Atualizações da norma de revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante frente às principais patologias dos sistemas de fachadas. Nov, 2018.

GUIMARÃES, André Tavares da Cunha; CASTAGNO JUNIOR, Roger; HELENE, Paulo Roberto do Lago. Intensidade de ataque de cloretos: considerações sobre a distância do concreto em relação à água do mar. Jun, 2003.

GURGEL, Bruna *et al.* Análise das manifestações patológicas causadas por corrosão nas estruturas de concreto armado do setor III da UFRN. Conferência nacional de patologia e recuperação de estruturas–CONPAR. Recife. Ago, 2017.

Hard, Grupo. Qual a importância das juntas de movimentação em fachadas?. Disponível em: < <https://blog.hard.com.br/qual-a-importancia-das-juntas-de-movimentacao-em-fachadas/>>. Acesso em: 22, de abr 2022.

HELENE, Paulo R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Editora – Pini, 1986. 46p.

MACHADO, Márcio. Patologias: deslocamento de reboco e argamassas. Disponível em: < <https://www.aegrupo.com.br/single-post/patologias-deslocamento-de-reboco-e-argamassas/>>. Acesso em: 21, de Abr 2022.

MELO, Rodrigo Henryque Reginato Quevedo; COMPARSI, Taís Damian; BONSEMBIANTE, Francieli Tiecher. Análise de resistência e ataque por cloretos em concretos com adição de metacaulim. **Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído**, p. 1-8, Nov, 2020.

PADILHA, M. *et al.* Levantamento quantitativo das anomalias em revestimentos cerâmicos em fachadas de edificações verticais na cidade de João Pessoa. **II Congresso de Pesquisa e Inovação de Rede Norte/Nordeste de Educação Tecnológica**. 2007.

PEREIRA, Eduardo; SILVA, Isac José da; COSTA, Marianne do Rocio de Mello Maron da. Avaliação dos mecanismos de aderência entre argamassa colante e substrato não poroso. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 139-149, Jun, 2013.

PEREIRA, José. Patologias em Edifícios. **Instituto de estudos superiores militares**. 2008

PICCHI, Flávio Augusto. Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

RIBEIRO, Fabiana Andrade. Edificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios: Levantamento do estado de arte. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Jul, 2006.

ROCHA, Ivan. Corrosão em estruturas de concreto armado. Goiânia. 2015.

SILVA, Maria de Nazaré Batista da. Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: aplicação ao caso de Brasília/DF. Mar, 2014.

TÉCNICA, Normas. Projeto de estruturas de concreto - procedimento. **ABNT NBR**. 6118:2014.

TÉCNICA, Normas. Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - determinação da resistência de aderência à tração. **ABNT NBR**. 13528:2010.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. Oficina de Textos, 2. ed., São Paulo, 2020.