

RESUMO

Atualmente manifestações patológicas como exposição e corrosão de armaduras de concreto armado, carbonatação do concreto, fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações, pulverulência em argamassa de revestimento, recalques diferenciais, deficiência no sistema de drenagem, deficiência de impermeabilização, são facilmente encontradas em diversos edifícios. O objetivo deste trabalho será de identificar, determinar origem e analisar as principais e mais frequentes manifestações patológicas encontradas em uma amostragem de edificações com até 30 anos de duas cidades brasileiras, a partir de uma pesquisa realizada com profissionais peritos, que atuam na região. A pesquisa contemplou 114 edificações, o que permitiu o mapeamento das principais manifestações patológicas encontradas, sua origem e frequência, associando ainda a idade, localização, tipo de estrutura das edificações e padrão construtivo. Com isso, pode-se demonstrar a situação das edificações em uso, bem como, as consequências do não cumprimento de práticas recomendadas por normas técnicas, que poderiam ser evitadas se for correlacionado projeto/execução *versus* manifestações patológicas.

Palavras-chave: Edificações. Manifestações patológicas. Normas técnicas.

ABSTRACT

Currently, pathological manifestations such as exposure and reinforcement corrosion of reinforced concrete, concrete carbonation, fissures, cracks, infiltrations, coating mortar dustiness, differential settlements, drainage system and waterproofing deficiency, are easily found in several buildings. The objective of this work is to identify, determine the origin and analyze the main and most frequent pathological manifestations found in a sample of buildings with up to 30 years in two Brazilian cities, based on a survey carried out with expert professionals, who work in the region. The research included 114 buildings, which allowed the mapping of the main pathological manifestations found, their origin and frequency, also associating age, location, type of building structure and constructive standard. With this, was possible to demonstrate the situation of buildings and standard as the consequences of non-compliance with recommended practices by technical standards, which could be avoided if design/execution is correlated with pathological manifestation.

Keywords: Buildings. Pathological manifestations. Technical standards.

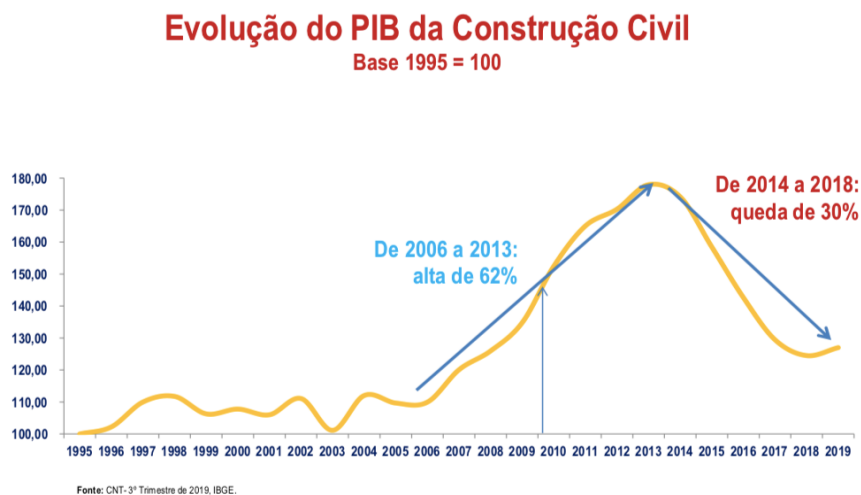
1. INTRODUÇÃO

O Edifício Joseph Gire (A Noite), localizado na Praça Mauá no Rio de Janeiro, inaugurado em 1927 com 102 m de altura, foi o primeiro arranha-céu da América Latina, até a chegada de outros ícones na história das grandes edificações, como o Edifício Martinelli em 1929 em São Paulo, Edifício Acaiaca em 1943 em Belo Horizonte, assim como tantos outros que iniciaram o processo de verticalização do país. A partir da implantação da Companhia Brasileira de Cimento Portland Perus em 1924 e da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, com a fabricação de aço, em 1946 foi possível ampliar o número de pavimentos das edificações com o uso do concreto armado. Apesar da construção civil no século passado ter privilegiado o concreto e a alvenaria, o crescimento era tímido e conservador.

A partir de 2005 houve um grande crescimento da construção civil brasileira, e de acordo com Paixão *et al.* (2016, p. 1), a valorização do mercado imobiliário cresceu em marcha acelerada, em todos os segmentos.

A construção civil tem um impacto econômico importante no País, com sua capacidade de geração de empregos e renda, impulsionando diversos setores da economia. Na figura 1 é possível observar a evolução do PIB da construção civil de 1995 a 2019, onde, houve alta de 62% entre 2006 e 2013 e queda de 30% entre 2014 e 2018.

Figura 1 – Evolução do PIB da Construção Civil de 1995 a 2019



Fonte: Informativo CBIC, fev/20, p. 4.

“As conjunturas sócio-econômicas de países em desenvolvimento, como o Brasil, fizeram com que obras fossem sendo conduzidas com velocidades cada vez maiores, com poucos rigores nos controles dos materiais e dos serviços; tais conjunturas criaram ainda condições para que trabalhadores mais qualificados fossem paulatinamente se incorporando a setores industriais mais nobres, com melhor remuneração da mão-de-obra, em detrimento da indústria da construção civil” (THOMAZ, 2014, p. 15).

Com o aquecimento acelerado, o mercado sofreu exigências e adaptações para entregar o maior número de obras com excelência em qualidade, aumentando assim o custo da mão de obra especializada e disponível, contratação de mão de obra com pouca ou nenhuma experiência, edificações construídas a fim de serem entregues no menor prazo possível, dentre outros. Fatores estes que podem ter culminado em uma avalanche de manifestações patológicas construtivas observadas em recentes trabalhos periciais em imóveis de duas cidades brasileiras, sendo uma capital e uma da região metropolitana.

O termo “patologia” utilizado na medicina e em diversas outras áreas como na engenharia civil e arquitetura, vem do grego e significa estudo das doenças, no caso deste estudo, das doenças construtivas.

Nas duas cidades brasileiras onde houveram as pesquisas, foi possível observar uma série de manifestações patológicas construtivas em edificações novas, que há alguns anos só eram relacionadas a imóveis mais antigos, com deficiência de manutenção ou em ambientes mais agressivos que o ambiente urbano. Devido a essas características e somada ao grande e rápido adensamento a partir de 2006, com construções de padrão médio a alto, a cidade da região metropolitana foi considerada uma localização com boa amostragem.

Atualmente, manifestações patológicas como deficiência de cobrimento, exposição e corrosão de armadura, carbonatação, fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações, pulverulência em argamassa de revestimento, recalque, corrosão de tubulação hidráulica de cobre por pit, deficiência no sistema de drenagem, deficiência de impermeabilização, são facilmente encontradas em diversas construções. E o entendimento e análise das manifestações patológicas mais frequentes ajudaria a apresentar no meio acadêmico e profissional, que a durabilidade das estruturas depende de um conjunto de ações a fim de que a edificação satisfaça completamente os critérios técnicos a qual foi estabelecida.

Em trabalhos periciais é possível observar que quando as boas práticas da arquitetura e/ou da engenharia civil são negligenciadas, seja na elaboração do projeto ou na execução da obra, o desempenho pleno da edificação fica comprometido. Portanto, há necessidade de demonstrar de modo real, através da pesquisa dos resultados de vistorias nas edificações em uso, quais as consequências do não cumprimento de práticas regulamentadas recomendadas por Normas Técnicas, juntamente com as teorias aprendidas nas universidades, como por exemplo:

- O não respeitar o tempo de cura para concreto, para chapisco e para reboco/emboço;
- O não observar que tanto o excesso como a falta de água ocasionam problemas na argamassa;
- O não proceder o cobrimento mínimo da armadura, a fim de se evitar ataques por gás carbônico, cloretos, sulfatos;
- O não detalhamento e/ou a ausência de conhecimento de manifestações patológicas durante a elaboração do projeto, onde um recorte na fachada poderá ser porta de entrada de percolação de água para o interior da edificação;
- Dentre outros problemas que poderiam ser evitados correlacionando-se projeto/execução *versus* manifestações patológicas. O resultado final do trabalho

objetivou apresentar ao meio acadêmico e profissional a importância do bom desempenho técnico construtivo, para garantir a durabilidade das edificações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito de patologia

Na engenharia, o termo patologia trata da percepção de uma edificação como um organismo vivo que interage com o ambiente e o usuário. O termo “patologia” vem do grego e significa estudo das doenças, muito utilizado na medicina e em diversas outras áreas, especialmente na Engenharia Civil.

Segundo Helene (2007, p. 19), “a patologia pode ser definida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das obras civis”.

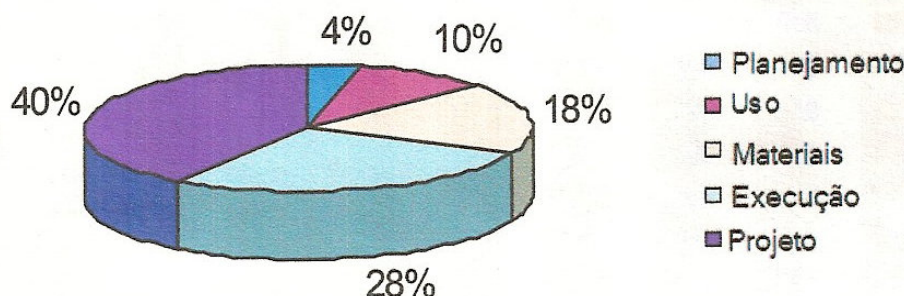
As patologias em uma edificação podem ser definidas como todas as manifestações cuja ocorrência em seu ciclo de vida possam prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes). Assim as manifestações patológicas podem ocorrer na estrutura, nos revestimentos, nas vedações, nos componentes de abastecimento (dutos elétricos, hidráulicos). Então a patologia estuda: manifestação, mecanismo de ocorrência, causa, natureza, origens e consequências.

As manifestações patológicas que têm origem nas etapas de planejamento e projeto são mais graves do que as que ocorrem na falha de qualidade dos materiais ou má execução, por isso é mais do que necessário investir mais tempo no detalhamento e estudo da estrutura, do que adaptá-las durante a execução.

Os agentes causadores das manifestações patológicas podem ser: cargas e sobrecargas; variação de umidade; variações térmicas intrínsecas e extrínsecas ao concreto; agentes biológicos; incompatibilidade de materiais; agentes atmosféricos, entre outros.

Por outro lado, observa-se na figura 2, que as etapas de planejamento, projeto e execução (incluindo a escolha, dimensionamento e aplicação dos materiais) são responsáveis por 90% das manifestações patológicas nas edificações, enquanto o uso (ou mau uso) representam 10%.

Figura 2 – Gráfico de origem das manifestações patológicas com relação às etapas de produção e uso das obras civis



Fonte: HELENE, 2003, p. 22.

2.2. Infiltração de água

As infiltrações são deficiências nos materiais e componentes das edificações que possibilitam a percolação de água através de fissuras ou da absorção de água por capilaridade pelas estruturas porosas (FREITAS *et al.*, 2008). A umidade pode ser proveniente das intempéries, quando: a água da chuva percola para o interior da edificação através da fachada, laje e/ou cobertura de uma edificação; a condensação, que é quando o vapor de água existente no interior de um local entra em contato com superfícies mais frias, como vidros, metais, paredes, dentre outros, formando gotículas de água; por capilaridade, ela se apresenta nas áreas inferiores das paredes, por absorverem água advinda do solo, através da fundação/estrutura com porosidade.

As umidades por ascensão capilar podem ser permanentes quando o nível do lençol freático é mais alto como em fundos de vale por exemplo, ou pode ser sazonal, decorrentes da variação meteorológica. É muito habitual este tipo de umidade em subsolos que se encontram abaixo do nível do lençol freático.

A eflorescência é uma formação decorrente de depósito de cristais/sais através da lixiviação, mesmo fenômeno que pode ser observado em grutas de formação calcárea através dos estalactites e estalagmites. A eflorescência causa mau aspecto, manchas esbranquiçadas, descoloramento da pintura, entre outros. A situação complica quando as eflorescências se situam nos concretos, provocando a redução do pH naturalmente alcalino, ocasionando a carbonatação e favorecendo o aparecimento de corrosão das armaduras do concreto armado. As eflorescências aparecem também entre os tijolos e o reboco/massa fina, fazendo este se descolar.

Nas regiões onde o concreto é de qualidade inadequada e/ou onde é verificada existência de trincas, fissuras ou brocas (estrutura heterogênea) e/ou onde há cobertura deficiente da armadura, a penetração de água e gases para o interior da estrutura é facilitada e conseqüentemente o ataque e corrosão da armadura, com formação de óxido ou hidróxido de ferro, ocupando volumes de 3 a 10 vezes o volume inicial dos vergalhões de aço causando, assim, pressões de expansão superiores a 40 MPa (BRANDT *et al.*, 2018). Surgem, então, mais fissuras no concreto, na direção paralela à armadura, já em processo de corrosão. Desse modo, fica facilitada a penetração dos agentes agressivos, chegando a provocar o deslocamento progressivo do concreto.

O deslocamento altera a massa de concreto inicialmente calculada para suportar os esforços necessários para um determinado elemento, com o passar do tempo e com o aumento dos deslocamentos, poderá até mesmo chegar à falência estrutural, provocando o colapso da estrutura de concreto.

2.3. Trincas em edificações

Trincas em edificações são muito comuns. Em alguns casos, são fissuras irrelevantes presentes apenas no revestimento de uma laje e possivelmente ocasionada por um eletroduto mal posicionado, já em outras situações, são fendas diagonais, ainda não estabilizadas, em que se pode atravessar uma mão para o lado externo da edificação, causadas por recalque das fundações.

Nem sempre é tarefa fácil diagnosticar a causa de uma trinca. Segundo Chand uma causa pode provocar diversas configurações de trincas e uma configuração pode ser representativa de diversas causas (THOMAZ, 1989, p. 151).

Alguns nomes são aparentemente similares: trinca, fissura, rachadura, fenda. Na verdade, classifica-se uma abertura, em uma estrutura ou alvenaria, de duas formas distintas: pelas dimensões da abertura ou pelas alterações em suas dimensões (ou ausência delas). A Norma de Vistoria Cautelar (2014, p. 11), define que:

- Fissura é uma abertura com espessura de até 0,5mm.
- Trinca é uma abertura com espessura de 0,5mm até 1,0mm.
- Rachadura é uma abertura com espessura de 1,0mm a 5,0mm.
- Fenda é uma abertura com espessura de 5,0mm a 10,0mm.
- Brecha é uma abertura com espessura acima de 10,0mm.

Mas, para simplificar, é possível chamar todas as aberturas de trincas, identificando apenas a espessura da mesma. Essas aberturas podem ou não se movimentar: as trincas que ainda se movimentam, alterando suas dimensões ao longo do tempo, são as ativas; por outro lado, as trincas já estabilizadas, onde não mais se observa alterações da dimensão, tanto na largura quanto na abertura ou forma, são denominadas passivas.

De uma maneira geral, é possível dizer que em estruturas onde encontram-se trincas passivas, o risco de queda é menor que em estrutura que apresenta trincas ativas, especialmente se estas forem diagonais ou radiais. Antes de se fazer um diagnóstico sobre uma trinca, é prudente seguir alguns passos, como: identificar se os problemas estão em elementos estruturais (lajes, vigas, pilares ou alvenaria autoportante); verificar se a peça lesada está submetida por algum agente externo (presença de água ou obra vizinha por exemplo) ou a um processo de deterioração progressiva; verificar a estabilidade ou progresso da irregularidade, preenchendo a abertura com gesso e monitorando. O fissuramento posterior do gesso indica a continuidade da movimentação; verifica a espessura da abertura, preferencialmente com um fissurômetro e devem-se tomar cuidados especiais se a abertura for de aproximadamente 0,5 mm (THOMAZ, 1989).

Apesar desses métodos parecerem simples, algumas trincas são perigosas, por isso, sempre que houver dúvidas, é recomendado consultar um profissional especialista no assunto.

É primordial atuar nas causas e, para isso, o correto diagnóstico da origem das trincas é de suma importância. A grande maioria das trincas pode ser causada por: movimentações térmicas; movimentações higroscópicas; atuação de sobrecargas ou concentração de tensões; deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado; recalques de fundação; retração de produtos à base de cimento; alterações químicas dos materiais de construção (THOMAZ, 1989).

É sabido que os materiais e elementos componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura durante o dia e até mesmo nas diferentes estações do ano. Dessa forma, em temperaturas mais baixas existe contração e nas mais elevadas, dilatação. Em um pequeno edifício em alvenaria estrutural, onde há variações dimensionais em seus elementos, alguns confinados outros não, é

totalmente possível que tensões se acumulem em algum destes materiais ou elementos provocando o aparecimento de algumas trincas.

Então, resumidamente, as trincas podem aparecer devido ao acúmulo de tensões, mas podem aparecer também, devido às movimentações diferenciadas, como nas junções entre materiais com coeficientes de variação térmica diferentes como esquadria de aço e alvenaria; variação de temperatura em um mesmo componente como a face interna e externa de uma laje de cobertura e até mesmo um misto dos dois anteriores como alvenarias *versus* laje de cobertura.

Ainda é importante salientar que, tão importante quanto as movimentações térmicas diferentes entre os componentes da construção, é a rapidez com que ela ocorre. Na maioria dos casos, alguns materiais que podem absorver uma variação dimensional lenta não suportam variações bruscas.

Em trincas causadas por movimentações higroscópicas a causa é a porosidade dos materiais e elementos componentes de uma construção, onde uns tem maior e outros tem menor porosidade. O princípio que rege este tipo de variação é a penetração ou saída de umidade dos poros desses materiais. Um aumento do teor de umidade provoca expansão enquanto sua redução provoca retração, e, similarmente ao que é observado nas trincas causadas pelas movimentações térmicas apresentadas anteriormente. Se acontecer de qualquer componente da construção que reprima essas movimentações, há real possibilidade do aparecimento de fissuras.

A umidade pode ter acesso aos componentes da construção através de várias maneiras. A mais conhecida é através dos fenômenos meteorológicos ou pela umidade do ar; a umidade natural do solo que ascende às alvenarias por capilaridade também é uma grande causa do aparecimento de trincas e estufamento da pintura nas paredes; a umidade proveniente da execução da obra, como o umedecimento das alvenarias no processo de assentamento, em níveis superiores ao ponto de equilíbrio higroscópico, pode causar retração pela perda desse excesso d'água; e, finalmente há ainda a possibilidade da umidade incorporada na produção dos materiais e componentes da construção, como os concretos: a perda dessa umidade é a grande responsável pelas retrações hidráulicas, proporcionando fissuras paralelas e equidistantes.

Em trincas ocasionadas por recalque, a configuração mais característica é a inclinação, normalmente iniciando na parte superior do elemento que recalcou, descendo até sua base.

É importante saber que os solos são heterogêneos, compostos basicamente por partículas sólidas, ar, água e matérias orgânicas, e sua capacidade de suportar cargas e se deformar varia, principalmente em função de: tipo, consistência e estado; nível do lençol freático; tipo de fundação: direta ou profunda; intensidade e distribuição das cargas da edificação; dimensões e formato da placa carregada; e, finalmente a interferência de fundações vizinhas (THOMAZ, 1989, p. 83).

As variações no formato do solo pela aplicação de cargas, no caso de solos mais compactos, e as variações de volume geradas pela perda de umidade do bulbo de tensão, no caso dos solos mais moles, são as principais causas do aparecimento de trincas nas edificações. E é possível determinar a causa de cada configuração de trinca provocada por um recalque de fundação.

O envelhecimento e degradação dos materiais de construção pode ser afetado pela presença de agentes agressivos, mas nem sempre é necessária a existência de meios muito agressivos para provocar alterações nos materiais de construção. Um exemplo natural é a nossa atmosfera que contém o CO₂ – dióxido de carbono – um dos elementos causadores da carbonatação das estruturas de concreto e consequente corrosão de armadura (PASSUELO *et al.*, 2005): uma das mais graves “doenças” do concreto armado.

A carbonatação ocorre quando há reação do CO₂ com compostos hidratados do cimento como o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), formando o carbonato de cálcio (CaCO₃), que em contato com a água provoca a redução do pH naturalmente alcalino do concreto. Essa reação favorece o aparecimento de corrosão das armaduras, manifestação patológica que mais compromete a estrutura de concreto armado.

As corrosões podem ser ainda, provocadas pela presença de agentes agressivos no ambiente, como os enxofres em chuva ácida, dos íons cloreto muito comuns em áreas marinhas, e ainda pela mistura desses agentes nos materiais de construção, como os aceleradores de pega à base de cloreto de cálcio.

A reação química de hidratação do cimento, que promove o endurecimento, utilizado na confecção de argamassas e concretos, consome em média, uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40, que é o necessário para promover a hidratação completa de todos os grãos de cimento (Thomaz, 1989, p. 103). Toda água excedente ou fica incorporada ao concreto ou evapora-se ao longo do tempo, contribuindo para retração de secagem do concreto e formação de fissuras.

Outros dois mecanismos contribuem com a retração do concreto, a retração química onde as forças de coesão entre os grãos de cimento, no processo de hidratação, diminuem o volume de água em cerca de 25%; e existe a retração pela carbonatação onde os componentes geradores do carbonato de cálcio, tem volumes maiores que o produto final da reação. O conjunto dessas retrações provoca várias configurações de trincas e fissuras.

Normalmente, o excesso da água de amassamento, ocasiona uma superfície esbranquiçada e fissuras mapeadas, muito comum nos revestimentos das alvenarias. Já a perda muito rápida da água excedente em um concreto, como falta de cura ou concretagens em altas temperaturas, provocam trincas paralelas e equidistantes, facilmente vistas em uma viga de concreto armado. Uma outra fissura muito comum, caracterizada como um descolamento entre viga superior e alvenaria é proporcionada pelo encunhamento precoce da alvenaria (viga superior concretada há pouco tempo).

O fissurômetro é um dos equipamentos utilizados na mensuração das fissuras. Os mais simples medem apenas sua abertura enquanto os mais sofisticados são capazes de medir também a profundidade, além da direção e intensidade da movimentação. Habitualmente, são efetuadas medidas frequentes, em certas situações até de hora em hora, sendo anotadas as leituras, individualmente em cada local medido. Através da comparação entre tais leituras é possível monitorar a evolução, ou não, da fissura.

Uma relação de medidas corretas para prevenção do aparecimento de trincas nas edificações, segundo Thomaz (1989, p. 127) “...passa obrigatoriamente por todas as regras de bem planejar, bem projetar e bem construir”.

2.4. Concreto e armaduras expostas

O composto concreto, habitualmente utilizado nas estruturas das edificações é basicamente formado por cimento, areia, água e agregados. Estruturalmente é caracterizado pela alta resistência à compressão. No entanto, sua resistência à tração é baixa. O concreto de resistência moderada (20 a 40 MPa) é o mais comumente utilizado nas estruturas. Porém, atualmente, já existe produção de concreto comercial de alta resistência, superando os 130 MPa.

O concreto tem baixa resistência à tração, porém, o problema se resolve ao associar armadura de aço, constituindo-se o concreto armado. O concreto e o aço são materiais de construção compatíveis, apresentando coeficiente de dilatação térmica similares e sendo amplamente utilizados na Construção Civil.

Para produzir qualquer metal é necessário aplicar, ao minério de ferro, energia em um processo de redução. Se o metal perder energia através de reação espontânea retorna, gradualmente, ao seu estado natural. Tal fenômeno é chamado de corrosão metálica que é a transformação dos materiais metálicos ao seu estado natural, pela ação química ou eletroquímica do meio. Caso o aço não tenha proteção, entrando em contato com o ar atmosférico e umidade, ele perde energia, sofre corrosão, e retorna ao seu estado original, minério.

O concreto que envolve a armadura de aço, quando executado sem os devidos cuidados, pode não funcionar como uma barreira perfeita, permitindo que as armaduras sofram ataques de íons agressivos ou de substâncias ácidas existentes na atmosfera. Os principais agentes que contribuem para a ocorrência da corrosão são: o dióxido de carbono (CO_2) e os íons cloreto (Cl^-).

Quando há deficiência no cobrimento da armadura em uma estrutura de concreto armado, com exposição da ferragem a estrutura fica exposta e susceptível a degradação prematura da estrutura da edificação.

De acordo com Helene (2004, p. 2) a ação do meio ambiente e do uso interferem na resistência da estrutura, tanto na resistência do concreto quanto na resistência da armadura, e caso um deles sofra degradação, a estrutura inteira estará comprometida.

Quanto maior a espessura da camada de concreto sobre o aço, maior será a proteção do mesmo contra a corrosão. Diante disso, a Norma NBR 6118:2014 estabelece requisitos de qualidade e de cobrimento mínimo de armadura, em função da agressividade do ambiente a ser edificado. Quando essas premissas são negligenciadas, patologias na estrutura ocorrem em poucos anos, levando à fissuração intensa com deslocamento do concreto, à diminuição da seção da armadura ou até mesmo de seu desaparecimento, o que em casos extremos pode levar à ruptura, deformação e até queda da estrutura.

Os requisitos referentes à espessura do cobrimento da armadura são definidos pela NBR 6118:2014, conforme Tabela 1, onde são divididos em quatro classes de agressividade: I – Fraca (rural e submersa); II – Moderada (Urbana); III – Forte (Marinha e industrial); IV – Muito forte (industrial e respingos de maré) e são classificados de acordo com a Tabela 1. Ainda segundo a Norma, o requisito 7.4.7.2 dita que: a fim de garantir o cobrimento mínimo, deve ser considerado no projeto e na execução, o cobrimento nominal. Este é o cobrimento mínimo acrescido Δc . Os

cobrimentos nominais devem ser seguidos nas dimensões das armaduras e nos espaçadores, conforme tabela 7.2, para $\Delta c = 10\text{mm}$ (NBR 6118, p. 20).

Tabela 1 – 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 (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

Fonte: Tabela 7.2 da ABNT NBR 6118:2014, p. 20.

Ainda segundo a NBR 6118:2014, “para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos na tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5mm”.

Um dos principais agentes que contribuem para a corrosão de armadura é o CO₂. Este por sua vez está no dia a dia urbano, e diante disso a preocupação com o cobrimento exigido em Norma é ainda mais relevante em vigas, pilares e lajes em garagens que apresentam irregularidade de cobrimento de armadura.

3. METODOLOGIA

O trabalho surgiu da necessidade de buscar entender as inúmeras manifestações patológicas, que vão surgindo ao longo de trabalhos periciais. Diante disso, uma pesquisa foi realizada a fim de buscar analisar o que vem ocorrendo na construção civil de duas cidades brasileiras, sendo uma capital e outra da região metropolitana.

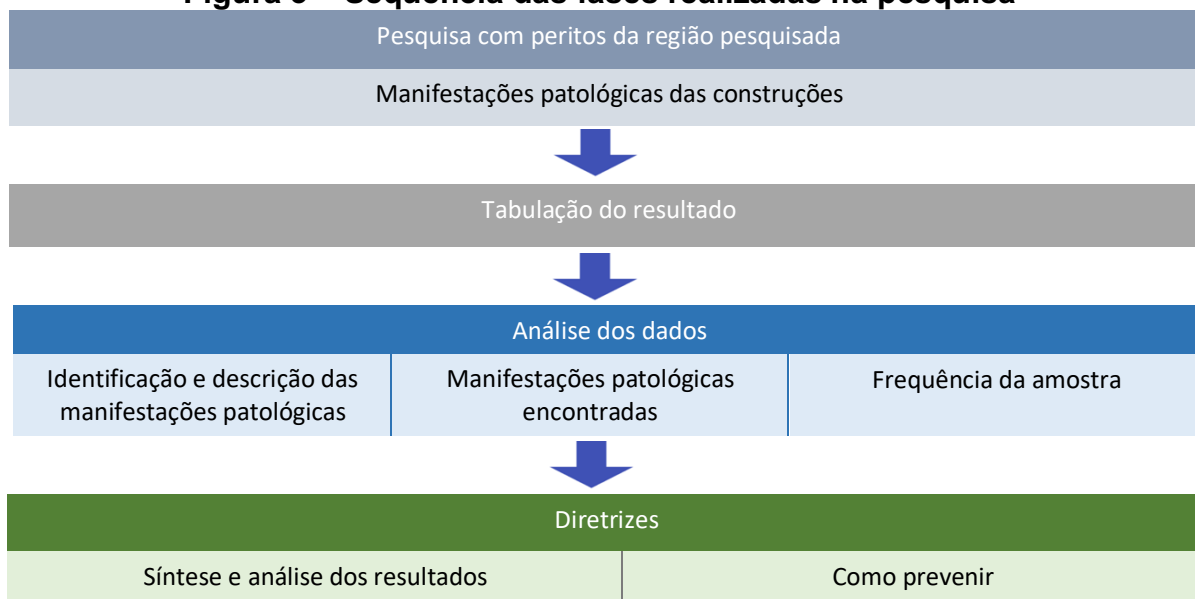
O que está acontecendo? É ausência e/ou deficiência de manutenção das edificações? É problema de projeto? É problema de execução? Manifestações patológicas em novas construções, são elevadas se comparadas com as mais

antigas? As normas técnicas estão sendo seguidas durante todo o processo da construção?

Dessa forma, a pergunta norteadora dessa pesquisa é: Qual o impacto da idade, localização, tipo de estrutura e padrão construtivo das edificações, bem como, o do não cumprimento das boas práticas da engenharia/arquitetura e das recomendações de Normas Técnicas, levando em consideração as manifestações patológicas encontradas?

A partir daí, foi feito o delineamento da pesquisa e descrição do desenvolvimento do presente trabalho, conforme apresentado na figura 3.

Figura 3 – Sequência das fases realizadas na pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma análise quantitativa descritiva dos dados obtidos no levantamento das informações coletadas nos questionários, é o método que possibilitou quantificar, detalhar e entender os resultados da pesquisa.

“As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 1991, p. 25).

3.1. Delimitações

A pesquisa foi realizada em edificações residenciais e comerciais de duas cidades brasileiras, sendo uma capital e outra cidade da região metropolitana, levando em consideração a idade da edificação, bairro, tipo de estrutura, padrão construtivo e os tipos de manifestações patológicas encontradas em cada imóvel vistoriado.

Desta forma, os dados coletados possibilitaram análise e entendimento dos erros sistemáticos, que estão sendo detectados em construções da região.

3.2. Identificação, determinação da origem e análise das mais frequentes manifestações patológicas X Idade

A fim de entender melhor a correlação das manifestações patológicas com a idade da edificação, é interessante compreender a evolução dos materiais que englobam o processo, possibilitando a busca por maior durabilidade e vida útil de uma construção.

A história do concreto é antiga e há evidências de sua utilização em aquedutos e estradas em Roma, no século I. Há relatos de diversos tipos de matéria-prima aditivadas na preparação dos concretos na época, como cinza vulcânica, argila, areia grossa, cal, água, pozolana, cascalho, açúcar, cabelo de cavalo, sangue de animal, gordura animal, clara de ovos e leite, utilizados em Roma, Grécia, Egito, Síria, dentre outros. Atualmente o concreto de traço comum, é composto por cimento, areia/agregado fino, brita/agregado graúdo e água.

Durante anos, o cimento foi gradualmente sendo desenvolvido até se tornar o cimento Portland, utilizado nos dias atuais. John Smeaton obteve um cimento de alta resistência utilizando a calcinação de calcários moles (rochas sedimentares: areia, mármore, cal,...) e argilosos, em 1756. Já em 1818, o francês Vicat utilizou materiais argilosos e calcário, onde chegou em resultado semelhante, ao obtido por Smeaton. Porém, o cimento Portland utilizado hoje, foi desenvolvido em 1824 pelo inglês Joseph Aspdin, a partir da queima de pedras calcárias e argila, onde eram transformados em um pó fino, que enrijece como pedra, ao secar (www.abcp.org.br, 2021).

Há relatos de fabricação do cimento Portland no Brasil por curtos períodos de tempo a partir de 1888. Porém, o cimento Portland, se instalou definitivamente no Brasil em 1924 com a Companhia Brasileira de Cimento Portland e foi ampliada em 1946 com a chegada da CSN. Atualmente o mercado brasileiro comercializa 11 tipos diferentes de cimento Portland, com destinação e aplicação específica, como: CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V, CPRS, CPBC e CPB.

O concreto armado foi utilizado pela primeira vez, pelo francês Joseph Monier em 1849, recebendo a patente somente em 1867. E ao longo dos anos, foram feitos vários estudos para compreender o funcionamento as armaduras junto ao concreto, entender as funções e o posicionamento das armaduras para solucionar problemas com tração, compressão e flexão, chegando a uma grande evolução tecnológica como é possível observarmos nos dias atuais.

De acordo com Helene (1988, p. 7) o concreto é praticamente eterno, porém tem que receber manutenção periódica.

“O concreto é pouco permeável à água, quando executado em boas condições de plasticidade, adensamento e cura. É um material seguro contra fogo, desde que a armadura seja conveniente protegida pelo cobrimento. É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes mecânicos” (ANDRADE, 2016, p. 10).

Diante disso, é perfeitamente possível que a durabilidade e vida útil de uma edificação seja realmente eterna, principalmente se for considerado:

- o enorme avanço tecnológico e de pesquisa em materiais;
- a extensa gama de produtos desenvolvidos para solucionar problemas, que por ventura possam afetar o desempenho da estrutura;

- o grande e fácil acesso ao conhecimento dos processos, mecanismos e materiais empregados na estrutura de concreto armado;
- os ensaios;
- o lançamento, adensamento e cura do concreto;
- e a importância da manutenção preventiva e corretiva durante o uso.

“As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil” (NBR 6118:2014, p. 15).

A NBR 6118:2014 dita os procedimentos para um projeto de estruturas de concreto, e é uma Norma Técnica que norteia tanto a elaboração do projeto, quanto a execução da obra, de forma detalhada. Ela estabelece os requisitos de qualidade e conformidade do projeto, exigências e diretrizes para a durabilidade, mecanismos de envelhecimento e deterioração do concreto (lixiviação, carbonatação, reações álcali-agregado, ataques por sulfatos e cloretos), agressividade do ambiente, qualidade e resistência do concreto, fissuração, ancoragens, juntas, dentre outros inúmeros procedimentos.

A durabilidade e vida útil de uma edificação dependerá de diversas ações que englobam todo o processo construtivo, desde:

- A concepção, estudo e planejamento do empreendimento;
- Um projeto bem feito, com entendimento global do comportamento da estrutura e dos materiais, com as especificações de Norma, com detalhamento levando em consideração o ambiente na qual a construção estará inserida, especificação correta dos materiais que serão empregados em todas as fases;
- A execução, onde todas as especificações de projeto, de Norma e da boa prática da engenharia devem ser seguidas, assim como, conhecer todo o processo e comportamento dos materiais durante as várias etapas da construção;
- O uso e operação da edificação, onde o monitoramento e as manutenções preventivas e corretivas, são fundamentais na conservação e consequente durabilidade da construção.

A qualidade do concreto com relação a água/cimento e ao grau de hidratação e os critérios adequados de projeto é que definiram a resistência da estrutura ao meio ambiente em que estará inserida, assim como a execução conforme o projeto.

A NBR 6118 (2014, p. 17) ressalta os critérios de projeto que visam a durabilidade das estruturas de concreto. Os critérios estabelecidos são: drenagem eficiente; evitar formas arquitetônicas e estruturais que dificultem inspeção e manutenção; garantir a qualidade do concreto de cobrimento, as características do concreto e a espessura de cobrimento; atenção ao detalhamento da disposição das armaduras, a fim de facilitar o lançamento e adensamento do concreto; fazer o controle da fissuração na superfície do concreto; estabelecer medidas especiais de proteção e conservação levando em consideração o ambiente inserido; definir plano, a fim de facilitar a inspeção e manutenção preventiva.

Outro ponto importante é a manutenção da edificação de forma rotineira, preventiva e corretiva. A NBR 5674 (2012, p. 3) recomenda indicadores que avaliam a eficiência do sistema de manutenção, de forma periódica a fim de seguirem

parâmetros, que podem ser adaptados em função da complexidade de cada empreendimento, conforme:

- atendimento à NBR 15575, quanto ao desempenho das edificações e seus sistemas;
- prazo entre detecção da manifestação patológica e a conclusão do serviço de manutenção;
- tempo médio entre solicitação do usuário e intervenção de emergência;
- periodicidade das inspeções prediais estão de acordo com o Manual de operação, uso e manutenção da edificação;
- registros das inspeções conforme item 7.2, p. 8 da Norma.

A Norma de manutenção estabelece todos os requisitos necessários para o correto planejamento (diário, semanal, quinzenal, mensal,...), preparação dos documentos e registro, controle/processos, checagem da execução e arquivo.

Dessa forma, as boas práticas da engenharia/arquitetura possibilitam maior durabilidade e vida útil da edificação.

3.3. Identificação, determinação da origem e análise das mais frequentes manifestações patológicas X localização

Devido ao grande crescimento da construção civil e conseqüentemente do mercado imobiliário, ocorrido a partir de 2005, a escolha por analisar as edificações das duas cidades brasileiras, sendo uma capital e uma cidade da região metropolitana, foi justamente a expansão e adensamento da cidade e o elevado volume de empreendimentos construídos a partir deste período.

De acordo com Paixão *et al.* (2016, p. 2), o aumento da demanda no mercado imobiliário foi impulsionado pela mudança com relação ao crédito habitacional, a queda na taxa de juros e ao aumento da renda. Demanda essa, que estava reprimida desde o final da década de 90 e início dos anos 2000, devido as crises internacionais que influenciaram a economia nacional.

O impacto econômico causado pela construção civil no país, com sua capacidade de geração de empregos e renda, impulsionou diversos setores da economia. Situação que possibilitou entre 2004/2008, um ambiente estável, com aumento do PIB, queda nas taxas de desemprego e na taxa básica de juros, e serviu para valorizar ainda mais os imóveis (PAIXÃO *et al.*, 2016).

A grande demanda gerada pelo aquecimento do mercado, as exigências e adaptações para a entrega do grande volume de edificações, a dificuldade, deficiência e até falta de mão de obra especializada, culminou na aceleração das fases de construção, cobrança por menor prazo de entrega e mais um somatório de problemas, que geraram uma avalanche de manifestações patológicas, observadas em trabalhos periciais realizados na região pesquisada.

A localização engloba dois pontos distintos. Primeiro ponto, conforme descrito acima, onde é considerado o crescimento enquanto expansão e adensamento da cidade. O segundo ponto, é com relação à região enquanto ambiente na qual a construção está inserida, como por exemplo à umidade relativa do ar. Importante também no momento de escolha dos materiais a serem utilizados.

Segundo Brasiliense (www.climatempoconsultoria.com.br, 2021), há estudos comprovando, que o excesso de umidade favorece o surgimento de manifestações patológicas como aparecimento de fungos, degradação de materiais como aço, madeira, dentre outros. O índice de umidade relativa do ar é prejudicial em várias fases do processo construtivo, como secagem do concreto e argamassa, assentamento de revestimento, pintura, assim como vários outros, indicado na figura 4.

Figura 4 – Índices de umidade relativa do ar e seus efeitos.



Fonte: www.climatempoconsultoria.com.br

Sendo assim, podemos verificar que a aceleração do processo construtivo, a falta de mão de obra especializada, devido às exigências e adaptações durante as etapas desde projeto, execução e até manutenção colaborou com o surgimento de manifestações patológicas.

3.4. Identificação, determinação da origem e análise das mais frequentes manifestações patológicas X tipo de estrutura

Os tipos de estrutura que estão na amostragem da pesquisa deste trabalho são as de concreto armado, alvenaria estrutural ou autoportante e de aço. No Brasil a predominância é o concreto armado nas estruturas.

No tópico 2.4 deste trabalho, foi falado sobre a história do concreto, do cimento, do cimento Portland e sobre a utilização do concreto armado pela primeira vez, em 1849 pelo francês Joseph Monier.

O concreto armado tem alta resistência à compressão e é produto da união de duas técnicas construtivas, a do concreto (traço comum: água, cimento, agregado miúdo/areia e agregado graúdo/brita) e a do aço em forma de vergalhão. A qualidade do concreto se dará a partir da relação água/cimento e do grau de hidratação de suas propriedades, e é isso que vai garantir as suas propriedades mecânicas, como: resistência à compressão, à tração, à abrasão, módulo de elasticidade, dentre outras.

Na fabricação do concreto, o cimento tem um alto custo, porém, com o aprimoramento das técnicas de produção industrial ao longo dos anos, foi possível obter concretos mais resistentes e com menor teor de cimento, possibilitando economizar e ainda ajudar a preservar o meio ambiente.

“A resistência do concreto aos diferentes meios agressivos depende da natureza e tipo dos seus materiais constituintes assim como da composição ou dosagem do concreto, ou seja, depende de: tipo e consumo de cimento; tipo e consumo de água; relação água/cimento, natureza e D_{max} do agregado” (HELENE, 2004, p. 5).

Mesmo com o avanço tecnológico na fabricação do concreto, aditivos, ligantes, todo o entendimento da trabalhabilidade do sistema estrutural (processos e mecanismos), é possível observamos diversas manifestações patológicas em edificações.

O sistema construtivo da alvenaria estrutural é dos métodos mais antigos, onde há indícios de construções simples com empilhamento de pedras, ainda na pré-história. O Coliseu (Roma), o Parthenon (Grécia) e a Muralha da China são algumas obras antigas que resistiram ao tempo.

O edifício Monadnock em Chicago é a primeira construção mais alta em alvenaria estrutural que se tem notícia, antes da chegada do concreto armado. Datado de 1891, ele possui 17 pavimentos e foi construído em 2 etapas: Ala Norte de 1889 a 1891 e Ala Sul de 1891 a 1893.

A alvenaria estrutural criada há séculos, foi sendo aprimorada ao longo dos anos e hoje ela é composta de blocos/tijolos, argamassa, graute e aço. Atualmente a alvenaria estrutural pode ser classificada como: estrutural armada, estrutural parcialmente armada, estrutural não armada e estrutural protendida.

A NBR 16868-1 (2020, p. 8), estabelece os requisitos para os projetos em alvenaria estrutural, como:

- Qualidade da estrutura, quanto a capacidade de resistência, desempenho e durabilidade;
- Qualidade do projeto, quanto ao sistema estrutural adequado à função a qual se destina, ações compatíveis com o projeto, dimensionamento e verificação de todos os elementos presentes na estrutura, especificação de materiais e componentes de acordo com todo o dimensionamento e procedimentos de controle;
- Documentação do projeto, como desenhos técnicos (fiadas, posicionamento dos blocos/tijolos especiais, detalhes de amarração de paredes, localização dos pontos grauteados e das armaduras, posicionamento das juntas de controle e dilatação da estrutura) e todas as suas especificações (resistência à compressão dos prismas ocos e prismas cheios e graute, resistência média à compressão das argamassas, categoria, classe e bitola do aço a ser utilizado, e resistência dos blocos/tijolos). E o planejamento e procedimento de controle devem atender a NBR 16868-2:2020;
- Avaliação da conformidade do projeto, como verificação e análise crítica do mesmo para avaliar se atende aos requisitos, verificar se todas as premissas adotadas estão de acordo com a Norma, analisar as considerações do cálculo, verificar os resultados dos cálculos, analisar desenhos e detalhes construtivos do projeto, a avaliação deve ser feita por um profissional habilitado e independente em relação ao

projetista da estrutura, a escolha do profissional para a realização da avaliação é o proprietário da obra ou seu representante legal, a avaliação da conformidade do projeto é obrigatória e deve ser realizada antes da construção, ou paralelamente ao projeto.

A alvenaria estrutural valoriza extremamente o planejamento e o detalhamento minucioso de todo o projeto, tornando impossível as tomadas de decisão de última hora nos canteiros de obra. Comportamento que a diferencia das obras convencionais, onde muitos projetos são iniciados sem detalhamento.

Segundo Tavares (2011, p. 53) no sistema de alvenaria estrutural, há grande diminuição de custo, devido a redução: de forma e mão de obra de carpintaria, de armaduras, de mão de obra global, na geração de entulhos e de custos de remoção, de 20% na espessura do revestimento, dentre outros.

Como o sistema construtivo autoportante é bem eficiente, o que gera racionalização dos materiais empregados e redução no tempo de execução, atualmente tem sido muito empregado, principalmente em edifícios residenciais de média e baixa renda. Consequentemente, com o aumento de volume de construções em alvenaria estrutural, houve também o aumento das manifestações patológicas encontradas, devido a dificuldade de mão de obra especializada.

Contudo, o aço tem melhor resistência à corrosão atmosférica, fácil soldabilidade e perfuração e maior capacidade de suportar esforços. Para Pinheiro (1999, p. 10) a estrutura de aço permite construir com segurança, rapidez e maior precisão de custo, e vem conquistando cada vez mais o mercado brasileiro. Apesar do crescimento de estruturas de aço no Brasil, o mercado ainda é muito reduzido se comparado com a estrutura de concreto e a alvenaria estrutural.

De acordo com Pinheiro (1999, p. 10), as principais vantagens para a utilização do aço, são:

- Maior resistência às tensões como compressão, tração, flexão, etc.;
- Melhor eficiência construtiva;
- Maior alívio das fundações, com estruturas mais leves e esbeltas;
- Redução do canteiro de obras;
- Aumento do espaço útil, uma vez que a estrutura permite pilar com menores seções, maiores vãos livres, menor quantidade de pilares e vigas;
- Maior flexibilidade na construção, pois tem boa trabalhabilidade com outros sistemas construtivos, flexibilidade de desmonte, transporte e reutilização;
- Sistema econômico e eficaz, quando há um projeto bem elaborado.

Diante do exposto, o não cumprimento das Normas Técnicas desde o planejamento, concepção, projeto e detalhamento, aprovação, execução e manutenção, compromete a durabilidade e vida útil da estrutura.

3.5. Identificação, determinação da origem e análise das mais frequentes manifestações patológicas X padrão construtivo

A tabela de Ross-Heidecke e a NBR 12721:2021 são algumas das formas mais utilizadas pelos profissionais da área de perícia, para ajudar a classificar os diferentes tipos de imóveis, e assim, entender melhor a correlação das manifestações patológicas com o padrão construtivo. Quando o imóvel não é novo, para determinar

a depreciação temos que considerar o desgaste de uso, idade aparente e manutenção do imóvel, utilizando a tabela de Ross-Heidecke, apresentada na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de Ross-Heidecke para depreciação de imóveis

	Estado da edificação	Depreciação (%) - C	Características
a	Nova	0,00	Edificação nova ou com reforma geral e substancial, com menos de dois anos, que apresente apenas sinais de desgaste natural da pintura externa.
b	Entre nova e regular	0,32	Edificação nova ou com reforma geral e substancial, com menos de dois anos, que apresente necessidade apenas de uma demão leve de pintura para recompor a sua aparência.
c	Regular	2,52	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado apenas com reparos de eventuais fissuras superficiais localizadas e/ou pintura externa e interna.
d	Entre regular e necessitando reparos simples	8,09	Edificação seminova ou com reforma geral e substancial entre 2 e 5 anos, cujo estado geral possa ser recuperado com reparo de fissuras e trincas localizadas e superficiais e pintura interna e externa.
e	Necessitando de reparos simples	18,10	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural. Eventualmente, revisão do sistema hidráulico e elétrico.
f	Necessitando de reparos de simples a importantes	33,20	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um, ou de outro cômodo. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas da cobertura.
g	Necessitando de reparos importantes	52,60	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a substituição das peças aparentes. A substituição dos revestimentos de pisos e paredes, da maioria dos cômodos, se faz necessária. Substituição ou reparos importantes na impermeabilização ou no telhado.
h	Necessitando de reparos importantes a edificação sem valor	75,20	Edificação cujo estado geral seja recuperado com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras e trincas. Substituição das instalações hidráulicas e elétricas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização ou do telhado.
i	Sem valor	100,00	Edificação em estado de ruína.

Nota: As características relativas aos estados de conservação supra explicitadas devem ser tomadas como referência geral, cabendo ao avaliador a ponderação das observações colhidas em vistoria.

A idade real da edificação está no habite-se do imóvel, porém, não é raro um imóvel aparentar ter mais ou menos tempo, devido a falha de manutenção.

Os profissionais avaliadores de imóveis, utilizam a tabela integralmente. No caso da perícia construtiva o critério mais utilizado do método é a de idade aparente, a fim de determinar o estado de conservação do imóvel.

A fim de se determinar o padrão de construção das edificações, a NBR 12721:2021, estabeleceu-se as principais características na tabela 1 da página 19 e as especificações dos acabamentos na tabela 2 da página 25, para representar os diferentes tipos de imóveis, definindo-se inclusive o padrão construtivo em alto, normal e baixo.

A classificação da Norma é bem subjetiva, pois assim como pela tabela de Ross-Heidecke, é baseada na experiência do profissional. Dessa forma, foi levado em consideração o estado do imóvel com relação a manutenção preventiva e corretiva como pintura, tratamento de fissuras, reformas, e outros parâmetros que indicasse qualidade ou não do serviço executado.

Dessa forma a correlação das manifestações patológicas e o padrão construtivo, ajudou a classificar, entender e determinar o estado de conservação dos imóveis, possibilitando a aferição da qualidade de manutenção realizada nas edificações.

4. RESULTADOS DAS PESQUISAS

Após a realização da pesquisa, com amostragem de 114 edificações, foi feita a tabulação de todos os dados, conforme apresentado na tabela 3 com o número de ocorrências de cada manifestação patológica encontrada. A pesquisa foi realizada com peritos construtivos que atuam na região, sendo 88 imóveis em uma capital e 26 em uma cidade da região metropolitana.

Tabela 3 - Quantificação da Idade das edificações X Manifestações patológicas

Idade da edificação	Número de ocorrências das manifestações patológicas											
	Armadura exposta	Corrosão de armadura	Carbonatação	Infiltrações	Fissuras/trincas nas alvenarias	Fissuras/trincas nas estruturas	Danos em elementos da fachada	Pulverulência em argamassa de revestimento	Recalque	Corrosão em tubulação hidráulica por pit	Deficiência no sistema de drenagem	Deficiência de impermeabilização
Até 5 anos	14	6	11	23	28	11	19	9	0	1	9	19
6-10 anos	5	4	8	20	19	7	12	2	3	0	10	7
11-20 anos	10	11	11	23	30	10	22	9	2	4	3	15
21-30 anos	10	9	22	29	29	19	21	22	3	0	1	9
Total	39	30	52	95	106	47	74	42	8	5	23	50

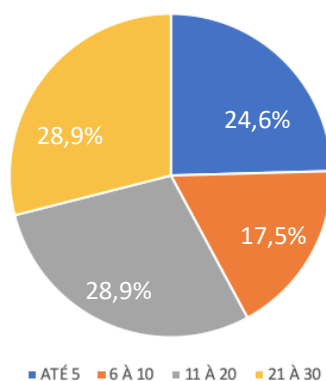
Fonte: Elaborado pelo autor

A pesquisa foi realizada em edificações com até 30 anos, e ao tabular, a amostragem foi quantificada e seccionada por idade, da seguinte forma:

- 28 edificações com até 5 anos;
- 20 edificações de 6 a 10 anos;
- 33 edificações de 11 a 20 anos;
- 33 edificações de 21 a 30 anos.

O gráfico de pizza foi o escolhido para representar os dados da pesquisa. Como a pesquisa se ateve a edificações de duas cidades brasileiras com até 30 anos, ficou definido que até 2020 os imóveis deveriam ter 30 anos. A figura 5 indica o percentual e idade das edificações pesquisadas.

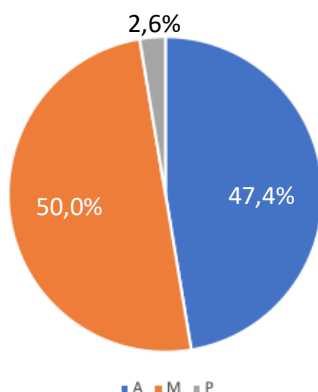
Figura 5: Gráfico de idade das edificações pesquisadas até 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro dado levantado e quantificado na pesquisa foi o padrão construtivo das edificações, onde 54 imóveis tinham padrão alto (A), 57 imóveis tinham padrão médio (M) e 3 imóveis tinham padrão popular (P). Conforme descrito no item 3.5 deste trabalho, a classificação é possível através dos requisitos da NBR 12721:2021 e da tabela de Ross-Heidecke. Na figura 6 é possível observar o gráfico.

Figura 6: Gráfico do padrão construtivo das edificações pesquisadas



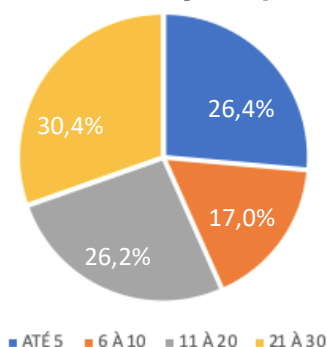
Fonte: Elaborado pelo autor

O levantamento das manifestações patológicas, como armadura exposta, corrosão de armadura, carbonatação, infiltração, fissuras/trincas em alvenaria e/ou em estrutura, dano em elementos da fachada, recalque, corrosão em tubulação hidráulica por pit, deficiência no sistema de drenagem e/ou de impermeabilização, foram correlacionadas com a idade, da seguinte forma:

- 151 manifestações patológicas em edificações até 5 anos, ou seja, 26,4% das irregularidades encontradas;
- 97 manifestações patológicas em edificações de 6 a 10 anos, ou seja, 17,0% das não conformidades;
- 150 manifestações patológicas em edificações de 11 a 20 anos, ou seja, 26,2% das falhas construtivas;
- 174 manifestações patológicas em edificações de 21 a 30 anos, ou seja, 30,4% das não conformidades.

A quantidade de manifestações patológicas encontradas, são bem significativas, conforme podemos observar na figura 7.

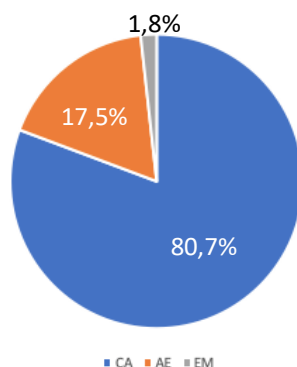
Figura 7: Gráfico da quantidade de manifestações patológicas relacionadas a idade nas edificações pesquisadas.



Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação às estruturas das edificações pesquisadas, 92 são em concreto armado (CA), 20 em alvenaria estrutural (AE) e 2 em estrutura metálica (EM), conforme a figura 8.

Figura 8: Gráfico dos tipos de estrutura das edificações pesquisadas.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1. Principais manifestações patológicas encontradas

Após a quantificação dos dados é importante apresentar as principais e mais representativas manifestações patológicas encontradas, e desta forma a tabela 4 indica os maiores percentuais individuais (em azul) e totais (em vermelho) de cada não conformidade.

Tabela 4 - Percentual das manifestações patológicas X Idade das edificações

Idade da edificação	Percentual de ocorrências das manifestações patológicas											
	Armadura exposta	Corrosão de armadura	Carbonatação	Infiltrações	Fissuras/trincas nas alvenarias	Fissuras/trincas nas estruturas	Danos em elementos da fachada	Pulverulência em argamassa de revestimento	Recalque	Corrosão em tubulação hidráulica por pit	Deficiência no sistema de drenagem	Deficiência de impermeabilização
Até 5 anos	50%	21%	39%	82%	100%	39%	68%	32%	0	4%	32%	68%
6-10 anos	25%	20%	40%	100%	95%	35%	60%	10%	15%	0	50%	35%
11-20 anos	30%	33%	33%	70%	90%	30%	67%	27%	6%	12%	9%	45%
21-30 anos	30%	27%	67%	88%	87%	58%	64%	67%	9%	0	3%	27%
Total	34%	26%	46%	83%	93%	41%	65%	37%	7%	4%	20%	44%

Fonte: Elaborado pelo autor

As fissuras/trincas em alvenaria, infiltrações e danos em elementos da fachada foram as maiores ocorrências de forma global, encontradas na pesquisa. Onde, respectivamente, representam 93%, 83% e 65% do total das manifestações patológicas encontradas, englobando todas as idades.

Os dados levantados são preocupantes, principalmente, levando-se em consideração que 100% das edificações de 6 a 10 anos apresentaram infiltrações e nas demais idades ultrapassa 70% de ocorrência. Em 100% dos imóveis com até 5 anos e mais de 80% nas demais idades, apresentaram fissuras/trincas em alvenaria. Mais de 60% de todas as edificações de nova a 30 anos apresentaram danos em elementos da fachada. Houve também, ocorrência de 58% de fissuras/trincas nas estruturas. Em 68% dos imóveis com até 5 anos houve uma incidência de 68% em deficiência de impermeabilização e em 50% das construções houve deficiência no sistema de drenagem.

Ao considerar que, acima de 50% de ocorrência de manifestações patológicas em edificações, é um número expressivo, e considerando-se que a idade desse imóvel tem até 5 ou até 10 anos, essa incidência passa a ser mais preocupante ainda, pois são construções novas.

A ocorrência global de 93% de fissuras/trincas em alvenaria é um alerta, pois conforme o item 2.3 deste trabalho, essa manifestação patológica prejudica a correta estanqueidade da edificação, podendo comprometer a vida útil dos componentes da alvenaria e inclusive da pintura, além de facilitar a percolação de água para o interior da estrutura.

A pesquisa apresentou 83% de incidência global de imóveis com infiltrações, conforme mencionado no item 2.2 deste trabalho, essa manifestação patológica compromete a edificação não só esteticamente com o aparecimento da eflorescência, como também favorece em estruturas de concreto armado, o surgimento de carbonatação e corrosão de armadura, ao longo do tempo.

A incidência total de 65% imóveis com danos em elementos da fachada, e essa manifestação patológica, detectada visualmente, compromete esteticamente quando há manchas, descascamento de pintura, fissuras/trincas, deslocamentos, e este inclusive, compromete a segurança dos usuários e transeuntes, pois a queda de elemento estrutural da fachada pode ser fatal.

4.2. Análise de variância (ANOVA) – Análise estatística utilizada

Análise de Variância é um teste estatístico sobre a igualdade (ou não) dos valores das médias de uma ou mais variáveis de interesse (denominadas fatores ou tratamentos) nas k subpopulações de interesse (níveis dos fatores ou níveis de tratamentos), enquanto medimos uma variável resposta.

Quando temos apenas uma variável de interesse a ANOVA é denominada como “ANOVA de fator único”. Para esse tipo de ANOVA, as hipóteses aplicáveis são (MONTGOMERY):

- H_0 : não há diferenças entre as médias, ou seja, não há uma relação entre causa e efeito entre o tratamento e a variável resposta.
- H_1 : pelo menos uma média é diferente das demais, ou seja, há uma relação entre causa e efeito entre o tratamento e a variável resposta.

O teste é conduzido através de duas estimativas das variâncias a partir dos k níveis de fatores. A primeira expressa os desvios entre as estimativas médias dos níveis o fator ($\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$) e a estimativa da média populacional (μ), denominada como SQTr – soma do quadrado dos tratamentos. Já a segunda, está centrada na diferença dentro dos grupos, focada nos desvios entre as observações e a média amostral de seu respectivo grupo, sendo denominada como SQR – Soma dos Quadrados dos Resíduos.

Pode-se calcular duas estimativas da variância populacional: uma baseada pela razão entre SQTR e seus graus de liberdade ($k - 1$) e, outra, na razão entre SQR e seus respectivos graus de liberdade ($n - k$), denominadas quadrado médio dos tratamentos e quadrado médio dos resíduos, respectivamente.

A razão entre estas duas estimativas segue uma distribuição F com $k - 1$ e $n - k$ graus de liberdade (MONTGOMERY). Assumindo H_0 seja verdadeira, o valor resultante deste quociente assume valores mais próximos a 1. Um outro estimador é o valor-p (p -value, em inglês), que tende a valores maiores ou iguais à 5% quando H_0 for verdadeira (assumindo o risco $\alpha=5\%$), sendo assim, assume valores baixos

(menores que 5%) quando H_1 for verdadeira. Quanto menor o valor-p maior é a confiança em rejeitar H_0 .

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme Manuel *et al.* (2021), é importante entender e conhecer os percentuais de recorrência das deficiências mais comuns, a fim de conhecer os pontos frágeis e que precisam de maior atenção para uma melhor qualidade das futuras edificações.

Os resultados encontrados após a pesquisa, possibilitaram fazer uma série de ponderações com relação ao processo construtivo desde o projeto até a manutenção.

A deficiência de cobrimento de armadura é porta de entrada para o processo de corrosão de armadura e consequentemente diminuição da durabilidade e vida útil da estrutura. Na pesquisa foi possível observar que 50% das construções com até 5 anos possuem armadura exposta e 30% estão em edificações entre 11 e 20 anos, assim como entre 21 e 30 anos. Essa manifestação patológica é bem significativa, do ponto de vista de futuro comprometimento estrutural e custo para futura recuperação das estruturas, pois uma das consequências da armadura exposta é a corrosão de armadura devido a ações por agentes agressivos, como gás carbônico, água, cloretos e sulfatos.

Se 30% das edificações entre 21 e 30 anos apresentam armadura exposta e 27% apresentam corrosão de armadura, esses imóveis construídos entre 1990 e 1999, estão com deficiência de manutenção preventiva e corretiva.

Conforme apresentado na figura 1 da página 2, o crescimento da construção civil teve seu grande pico de 2006 a 2013, com 62%, e entre 2014 e 2018 apesar de ter uma queda de 30%, o mercado ainda estava aquecido. Se a demanda aumenta, eleva também a procura por mão de obra especializada, o que é um complicador.

Uma edificação com até cinco anos é considerada nova, e ao verificar o resultado da pesquisa, onde, 50% dos imóveis possuem deficiência de cobrimento de armadura e outros 21% apresentam corrosão de armadura, é preocupante. Diante disso, podem ser apontadas três possibilidades, ou houve falha de projeto ou falha de execução ou ambas.

Conforme descrito ao longo do trabalho, um projeto bem feito, com todo detalhamento e levando em consideração todas as Normas disponíveis, assim como a execução da obra, é primordial para uma edificação saudável. O conhecimento de todos os processos e mecanismos, devem ter ações coordenadas em todas as fases desde a concepção do empreendimento.

“O processo de construção e uso pode ser dividido em cinco grandes etapas: planejamento, projeto, fabricação dos materiais, execução e uso; essa última etapa mais larga no tempo, envolve o uso e a manutenção das obras civis” (HELENE, 2007)

Os primeiros sinais de corrosão de armadura aparecem na forma de trincas, devido à expansão da armadura e/ou já com deslocamento do concreto, conforme figura 9.

Figura 9: Deslocamento e corrosão de armadura.



Fonte: Arquivo do autor

“Para que a corrosão se manifeste é necessário que haja oxigênio (ar), umidade (água) e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletroquímica (heterogeneidade da estrutura), que só ocorre após a despassivação da armadura” (HELENE, 1988, p. 16). A corrosão de armadura compromete a segurança, a estabilidade e a durabilidade das estruturas de uma edificação. O nível de corrosão pode afetar significativamente a estrutura da edificação, comprometendo a segurança do edifício e de seus usuários, além de aumentar o custo de manutenção no caso de uma recuperação estrutural. Desta forma, o melhor é o diagnóstico precoce e a terapêutica correta com monitoramento, a fim de devolver a durabilidade e segurança da estrutura.

A Norma NBR 6118:2014, estabelece critérios, a fim de garantir a durabilidade da edificação. E um desses critérios é a qualidade do concreto de cobrimento no que tange a qualidade e características do concreto, como relação água/cimento e classe do concreto, quanto da espessura do mesmo. Quando as Normas e as boas práticas da engenharia e arquitetura são negligenciadas, a segurança, durabilidade e vida útil das construções ficam comprometidas, conforme podemos exemplificar nas figuras 10 e 11.

Figura 10: Vistoria de Entrega de Obra



Figura 11: Vistoria de Entrega de Obra



Fonte: Arquivos do autor

REALIZAÇÃO

Na amostragem, o maior índice de manifestações patológicas foi de fissuras/trincas nas alvenarias e infiltrações, tanto no índice global com 93% e 83%, respectivamente, quanto nos índices individuais. Em 100% das edificações com até 5 anos foram verificadas fissuras/trincas nas alvenarias, e o percentual se manteve alto, variando entre 87% e 95%. Os imóveis com infiltrações somam 100% com idade de 6 a 10 anos e os demais percentuais variam entre 70% e 88%. São dados que merecem muita atenção, pois essas falhas podem desencadear diversos problemas na estrutura, como lixiviação, carbonatação, corrosão de armadura e deslocamento.

Tanto as fissuras nas alvenarias descritas no item 2.3 deste trabalho, quanto as infiltrações mencionadas no item 2.2, comprometem a estanqueidade da edificação e possibilita ao longo dos anos, o surgimento de outras manifestações patológicas mais agressivas às estruturas. Essas deficiências são ocasionadas por falhas no projeto (concepção, especificação de material, detalhamento, dentre outros), falhas na execução (relação água/cimento, adensamento, cura, dentre outros) e falha de manutenção preventiva e corretiva.

Essas manifestações patológicas foram identificadas visualmente nas edificações pesquisadas. Na figura 12, abaixo, é possível observar viga com percolação de água, carbonatação, eflorescência, deslocamento do concreto e corrosão de armadura.

Figura 12: Carbonatação, corrosão de armadura e deslocamento.



Fonte: Arquivo do autor

A estanqueidade de uma edificação é primordial tanto para a saúde das estruturas quanto de seus usuários e o cuidado deve ser pensado desde o planejamento, projeto, execução e manutenção da mesma. Muitas fissuras são decorrentes de movimentações higroscópicas, incidindo em uma maior ou menor percolação de água, dependendo da presença contínua ou não, de umidade. Segundo Helene (2007, p. 50), “o concreto se expande quando fica úmido e se contrai à medida que seca”.

Há fissuras causadas por movimentações higroscópicas, térmicas, por sobrecarga, recalque de fundação, retração, alteração química de materiais ou por deformação de componentes estruturais. As fissuras e trincas nas alvenarias são identificadas visualmente e medidas com fissurômetro, possibilitando monitoramento para detectar se são passivas ou ativas, conforme a figura 13.

Figura 13: Trinca



Fonte – Arquivo do autor

Por se tratar de uma pesquisa em edificações prediais, onde normalmente fazer ensaios é mais oneroso para os condomínios, a carbonatação normalmente é identificada visualmente, levando em consideração características inerentes, como, umidade, lixiviação, trinca, deslocamento e corrosão de armadura. A carbonatação na amostragem, teve um percentual acima de 30% nas edificações de novo a 20 anos, porém a ocorrência mais expressiva foi de 67% em imóveis com idade entre 21 e 30 anos. Na figura 16 é possível observar as maiores consequências de carbonatação no concreto.

Figura 14 - Consequências mais relevantes da carbonatação no concreto



Fonte: PERIM, 2013, p. 72.

A carbonatação é das manifestações patológicas mais graves do concreto armado, pois sua consequência é a corrosão de armaduras. Ela precisa de três fatores para ocorrer: água/umidade, gás carbônico e oxigênio e esses três elementos, juntamente com o hidróxido de cálcio um dos compostos hidratados do cimento, forma o carbonato de cálcio, que causa a redução do pH do concreto, que é naturalmente

alcalino. E na pesquisa realizada, a maior incidência de fissuras/trincas nas estruturas foi em imóveis com até 30 anos, onde apresentou comprometimento em 58% das edificações, similar à ocorrência de carbonatação que foi de 67%.

A hidratação do cimento se dá através de uma reação química, que promoverá o seu endurecimento, e toda água utilizada durante a confecção do concreto ou argamassa é absorvida pelo concreto ou evapora ao longo do tempo, o que contribui para a formação de fissuras, devido a retração de secagem. Sendo assim, as fissuras se tornam porta de entrada para a carbonatação nas estruturas.

“Ao atingir a armadura, dependendo das condições de umidade ambiente pode promover séria corrosão com aparecimento de manchas, fissuras, destacamentos de pedaços de concreto e até perda da seção resistente e da aderência, promovendo o colapso da estrutura ou de suas partes” (HELENE, 2004, p. 4)

Mesmo as maiores ocorrências de carbonatação e fissuras/trincas em estruturas, estarem em imóveis com idades entre 21 e 30 anos, não se pode negar os índices com mais de 30% em cada classificação por idade, encontrados nos imóveis pesquisados. Diante disso, há deficiência de projeto ou execução nos imóveis mais novos, com até 10 anos e há falhas na manutenção nas edificações acima de 21 anos.

De forma global, danos em elementos da fachada, foi a terceira maior ocorrência, com 65% dos casos. Porém, os resultados foram bem homogêneos em todas as classificações por idade, variando entre 60% e 68%.

As maiores manifestações patológicas encontradas em elementos da fachada são:

- Manchas decorrentes de bolor, de escorrimento por deficiência ou ausência de pingadeira ou calha, eflorescência, “fotografia”, dentre outros;
- Deslocamentos de revestimento, ocorrido por tempo em aberto excedido, falha na execução da aplicação do revestimento, baixa qualidade do emboço, deficiência no preparo, etc.;
- Descascamento de pintura, devido a pulverulência da base/reboco provocando falta de aderência, umidade, etc.;
- Trincas, decorrentes de movimentação térmica/higroscópica, relação água/cimento, dentre outros.

Na figura 15 é possível verificar um exemplo de danos em elementos da fachada, como deslocamento do revestimento ocorrido por tempo em aberto.

Figura 15: Deslocamento do revestimento em Ed. com 12 anos.



Fonte: Arquivos do autor

No caso de danos em elementos da fachada, como a ocorrência mostrou um equilíbrio entre os resultados, a origem da manifestação patológica pode estar no projeto, na execução como na figura 15.

A pulverulência em argamassa de revestimento foi mais expressiva em edificações entre 21 e 30 anos, com incidência em 67% dos casos. Segundo Segat (2005, p. 73), as causas mais prováveis da argamassa pulverulenta ou friável, são quando:

- A argamassa extrapola o tempo de pega do cimento/tempo em aberto;
- Há hidratação inadequada do cimento da argamassa devido a molhagem deficiente da base ou aplicação da argamassa em clima muito quente;
- Camada espessa do reboco;
- Inadequada proporção entre agregado e aglomerante;
- Excesso de cal no traço da argamassa;
- Argamassa pobre em aglomerante;
- Estocagem inadequada ou vencimento da argamassa;
- Pintura prematura, impedindo a completa carbonatação da cal; etc.

O esfarelamento ou a pulverulência da argamassa causam deficiência de aderência do revestimento, como por exemplo, fazendo com que texturas de fachada se descolem em grandes placas.

Outro dado importante no levantamento da pesquisa foi quanto a deficiência no sistema de drenagem, onde nas edificações acima de 20 anos tiveram menos que 10% de ocorrência, enquanto houve 50% em edificações entre 6 e 10 anos e 32% de ocorrência em imóveis com até 5 anos, o que indica problema de projeto e/ou execução.

A NBR 10844:1989 estabelece critérios e exigências para a instalação de drenagem e o correto escoamento das águas pluviais de uma edificação, como dimensionamento, declividade, vazão e elementos/componentes (calhas, ralos, condutores verticais e condutores horizontais).

Por último e não menos importante, a pesquisa demonstrou que 68% dos imóveis apresentaram deficiência de impermeabilização em edificações com até 5 anos. O que deixa claro ser um problema de projeto ou execução. A vedação e impermeabilização da estrutura também são fatores importantes para se evitar percolação de água para o interior da edificação e degradação prematura de alguns componentes. A NBR 9575:2003 dita as regras de impermeabilização para elaboração de projetos, a fim de garantir a estanqueidade da estrutura. A Norma determina os tipos de impermeabilização em rígida e flexível, citando as várias opções no mercado, indica os substratos a serem impermeabilizados, como alvenaria, concreto, fibrocimento, etc. Assim como os serviços auxiliares de tratamento de juntas, camada-berço, camada de amortecimento, camada drenante, camada separadora, camada de proteção térmica e mecânica.

Uma outra questão importante de deficiência de estanqueidade, que merece cuidado e atenção, são os revestimentos não aderidos (RNA), conhecidos também como fachadas ventiladas. É um sistema que vem sendo muito utilizado em edificações mais novas, e atualmente regulamentado pela NBR 15846:2022 – Revestimento com placas pétreas, atualizada. A Norma técnica, estabelece parâmetros para dimensionamento, segurança, qualidade, especificação, instalação,

ensaios, dentre outros, a fim de possibilitar a fiscalização. Contudo, a falta de mão de obra e treinamento, faz com que as manifestações patológicas encontradas sejam relacionadas a má execução da fachada ventilada e negligência das boas práticas da engenharia e arquitetura.

Como os dados da pesquisa, apontaram 68% de deficiência de impermeabilização em imóveis com até 5 anos e 35% e 45% em edificações com até 10 anos e até 20 anos, respectivamente, é possível deduzir que há também, problemas relacionados com a fachada ventilada. Nas figuras 16 e 17 é possível visualizar a deficiência do sistema de vedação da barreira no topo da edificação e a deficiência de impermeabilização da alvenaria, no sistema da fachada ventilada.

Figura 16: Deficiência de vedação da barreira no topo da edificação.



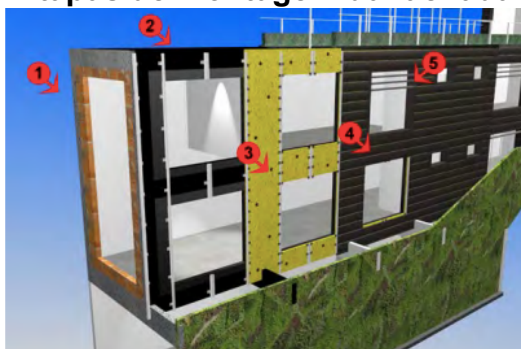
Figura 17: Deficiência de impermeabilização da alvenaria.



Fonte: Arquivos do autor.

Conforme Machado *et al.* (2013) e a figura 18, a montagem da fachada ventilada passa por 5 etapas, e são elas:

Figura 18: Etapas de montagem da fachada ventilada.



Fonte: Machado (2013, p. 139).

- 1ª etapa: Conclusão e impermeabilização do substrato/alvenaria;
- 2ª etapa: Instalação da subestrutura da fachada ventilada já concluído e impermeabilizado;
- 3ª etapa: Fixação dos componentes de isolamento térmico para onde houver especificação;
- 4ª etapa: Montagem dos componentes do revestimento da fachada RNA;

5ª etapa: Montagem dos acabamentos e complementos.

Analisando as etapas para a montagem da fachada ventilada e comparando, com o que é observado nas edificações in loco, é possível verificar que a primeira etapa não é realizada em obra. Pois, raramente é feito chapisco, emboço, impermeabilização ou até mesmo a retirada e tratamento das ferragens aparentes nas estruturas de concreto, conforme é possível observar na figura 19.

Figura 19: Ausência de tratamento da ferragem, antes da montagem da fachada ventilada.



Fonte: Arquivo do autor.

Para garantir a durabilidade e vida útil da estrutura, conforme apresentado ao longo do trabalho, é necessário garantir a estanqueidade da edificação. Porém, o conjunto de manifestações patológicas encontradas na amostra, como deficiência de impermeabilização, de drenagem, de fissuração, de danos em elementos da fachada e de infiltrações, é preocupante, pois contribuem para o surgimento de carbonatação, corrosão de armadura e exposição de armadura. Na figura 20 é possível observar uma infiltração com lixiviação e formação de estalactite em laje de garagem, devido a deficiência de impermeabilização do pilotis.

Figura 20: Infiltração causada por deficiência de impermeabilização do pilotis.



Fonte: Arquivo do autor.

Segundo a NBR 6118:2014, a “durabilidade, consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

Último ponto relevante é a Norma NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais - Desempenho, que possui uma série de exigências relativas ao comportamento de uma edificação em uso e seus sistemas. Englobando a segurança, a habitabilidade, a sustentabilidade e definindo questões de estrutura, de uso e operação, manutenção, desempenho mecânico, segurança contra incêndio, desempenho térmico, acústico e lumínico, estanqueidade, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil, durabilidade, adequação ambiental, manutenibilidade, dentre outros. A Norma é classificada em seis partes, sendo respectivamente, Requisitos gerais, Requisitos para sistemas estruturais, Requisitos para os sistemas de pisos, Requisitos para os sistemas de vedações internas e externas, Requisitos para os sistemas de cobertura e Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Desde 2013, essa Norma visa nortear os critérios de desempenho, mínimos, pretendidos durante a vida útil de uma edificação habitacional, desde o projeto, a construção, materiais/sistemas e uso.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou identificar, determinar e analisar as principais e mais frequentes manifestações patológicas encontradas em edificações com até 30 anos de duas cidades brasileiras, sendo uma capital e a outra na região metropolitana, a fim de correlacioná-las com a idade, localização, tipo de estrutura e padrão construtivo, bem como validar as consequências do não cumprimento das boas práticas da engenharia e arquitetura e recomendações das Normas Técnicas. Diante disso, foi possível observar que:

- Há grande ocorrência de manifestações patológicas tanto em edificações novas, com até 5 anos, quanto em imóveis mais antigos, acima de 21 anos;
- Em edificações com até 5 anos foram identificadas manifestações patológicas importantes e significativas, principalmente se for levado em consideração que as mesmas, estão no início de sua vida útil;
- Os problemas encontrados nas novas edificações são decorrentes de deficiência de projeto e/ou de execução;
- Há preocupação, de como estarão as novas edificações de hoje, quando alcançarem 30 anos de uso, uma vez que 100% apresentaram fissuras/trincas em alvenaria, 82% apresentaram infiltrações, 68% apresentaram danos em elementos da fachada e deficiência de impermeabilização e 50% apresentaram armaduras expostas;
- As edificações com maior tempo de uso, 21 a 30 anos, possuem deficiência de manutenção preventiva e corretiva;
- Devido à preocupação atual das empresas construtoras em reduzir custos da obra e a baixa qualificação dos profissionais envolvidos, é visível a queda na qualidade das edificações nos últimos 14 anos;

- Observa-se ausência de zelo, de se preocupar em construir para alcançar o melhor desempenho. Não se tem levando em consideração a qualidade construtiva como um todo, desde o concreto, à execução da concretagem a fim de evitar nichos e alcançar a correta espessura de cobrimento de armadura, até a utilização do material correto, levando em consideração, por exemplo, a sua especificação para locais com maior ou menor incidência de sol e de umidade;
- A queda da qualidade na execução, também, provavelmente se relaciona a baixa qualificação técnica profissional, seja por falta de experiência ou por desconhecimento do processo e dos mecanismos construtivos;
- Muitas vezes, se dá pouca importância à qualidade do projeto como um todo, desde a concepção até o detalhamento minucioso de cada fase da construção;
- Há também a deficiência na manutenção preventiva e corretiva das edificações, onde muitas vezes o responsável não tem o conhecimento mínimo necessário para tal função;
- Se há tantos problemas em edificações com até 5 anos, é possível afirmar que a Norma NBR 15575:2013 está sendo negligenciada em diversos pontos importantes;
- A negligência quanto ao cumprimento das Normas Técnicas e às boas práticas da engenharia e arquitetura, comprometem significativamente o desempenho, a durabilidade e a vida útil da edificação;
- No resultado estatístico, como o Valor-P na idade foi 0,004497 e na quantidade de manifestações patológicas foi de 1,09, portanto, menor que 5%, conforme a tabela 7, podemos afirmar, que quanto menor o valor-P maior é a confiança em rejeitar H_0 . Desta forma, a análise de variância com relação de causa e efeito, obteve resultado de $P < 5\%$, ou seja, a idade influencia na quantidade de manifestação patológica encontrada nas edificações.

Tabela 5 - Resultado estatístico encontrado após pesquisa

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico
Idade	264,5625	3	88,1875	5,251269	0,004497	2,891564
Tipos de manifestação patológica	2695,729	11	245,0663	14,59287	1,09E-09	2,093254
Erro	554,1875	33	16,79356			
Total	3514,479	47				

Legenda: SQ (soma dos quadrados), gl (grau de liberdade), MQ (soma média dos quadrados), F (valor calculado da distribuição F de Snedecor), valor-P (nível de significância), F crítico (valor crítico tabelado da distribuição F de Snedecor).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674** – Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575** – Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844** – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721** – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.752** – Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575** – Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.846** – Revestimento com placas pétreas – Projeto, execução e inspeção de revestimento com placas pétreas fixadas por componentes metálicos para fachadas e paredes interiores de edificações - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16868-1** – Alvenaria Estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ANDRADE, Bruno S. O. **Concreto armado: Um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas.** Monografia Curso de Especialização em Construção Civil UFMG. Rio de Janeiro, 2016.

AYUSO, Manuel J. C., JIMÉNEZ, C. E. R., HUERTAS, David B., MOYANO, Juan J. **Interrelations between the types of damages and their original causes in the envelope of buildings.** Journal of Building Engineering, v. 39, jul. 2021. <<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102235>>. Acesso em 25 nov. 2021.

BRANDT, Emanuel M. F., JÚNIOR, Antônio N. C. **Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados**

ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 4: Controle de corrosão e emissões gasosas. Revista DAE, n. 214, v.66, Edição especial, Novembro, 2018, p.69.

BRASILIENSE, Camila, **Construção: Impacto da umidade relativa do ar nos setores de construção e mineração.** Disponível em: <<https://www.climatempoconsultoria.com.br/construcao/impacto-da-umidade-relativa-do-ar-nos-setores-de-construcao-e-mineracao/>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Informativo CBIC – Economia nacional e construção civil. Desempenho recente e perspectivas.** Banco de dados. Fevereiro, 2020.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia das Anomalias em Alvenarias e Revestimentos Argamassados.** São Paulo, PINI, 2015.

CEOTTO, Luiz Henrique, BANDUK, Ragueb C., NAKAKURA, Elza H. **Revestimentos de argamassas – Boas práticas em projeto, execução e avaliação.** Porto Alegre, 2005.

FREITAS, Vasco P., TORRES, Maria Isabel, GUIMARÃES, Ana Sofia. **Humidade Ascensional.** Porto, FEUP edições, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3ª ed., SP: Atlas, 1991.

GOMIDE, Tito, NETO, Jerônimo, GULLO, Marco. **Engenharia diagnóstica em edificações.** São Paulo, PINI, 2015.

HELENE, Paulo. **A nova NB1/2003 (NBR 6118) e a vida útil das estruturas de concreto.** II Seminário de patologia das edificações do Leme/UFRGS1, 2004. P. 2-30.

HELENE, Paulo R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo, PINI, 1988. p. 15-16.

HELENE, Paulo R. L. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

HELENE, Paulo, PEREIRA, Fernanda. **Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto.** São Paulo: CARGRAPHICS, 2007. 21p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS. **Norma de Vistoria Cautelar – IBAPE-MG 003.** Belo Horizonte, 2014. p. 11.

LEDOLTER, Johannes; HOGG, Robert V. **Applied statistics for engineers and physical scientists**. Upper Saddle River, N. J.: Pearson Prentice Hall, 2010. xv, 591p. ISBN 9780136017981

MACHADO, Antônio L. A, OLIVEIRA, Luciana A. **Diretrizes de projeto para revestimentos não aderidos de fachadas**. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. São Paulo, 2013. p. 136 - 139.

NETO, Jerônimo C. P. F. **Perícias de fachadas em edificações – Pintura**. São Paulo, Leud, 2008.

PAIXÃO, Luiz Andrés Ribeiro, LUPORINI, Viviane. **A Valorização Imobiliária em Belo Horizonte, 1995-2012: uma análise hedônica-quantílica**. 44º Encontro Nacional de Economia da ANPEC. Foz do Iguaçu, 2016.

PASSUELO, Alexandra, JACINTO, Ana. **Concreto – Ensino, pesquisas e realizações**. Ed. G. C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

PERIM, José Roberto. **Influência do Metacaulim na durabilidade de concretos usuais de mercado sujeitos à carbonatação acelerada**. Dissertação D0084C13, Goiânia, 2013. p. 72.

[PINHEIRO, Reinaldo O. A. B. Sistemas construtivos em estruturas de aço aplicados a moradias em encostas. Dissertação de mestrado em construção metálica UFOP, 1999.](#)

RIBEIRO, Fabiana A., BARROS, Mércia M. S. B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. São Paulo, PINI, 2010.

[SEGAT, Gustavo T. Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul \(RS\). Dissertação de mestrado na UFRS, 2005.](#)

TAVARES, Jandson H. **Alvenaria estrutural: Estudos bibliográficos e definições**. Monografia Graduação em bacharelado em Ciência da tecnologia UFERSA. Mossoró, 2011.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, PINI, 1989.

APÊNDICE – Questionário e tabulação dos resultados

Manifestações Patológicas X Frequência/Origem Em edificações com até 30 anos

Edifícios em: Capital ()	Cidade da região metropolitana ()				
Descrição	Ed. 1	Ed. 2	Ed. 3	Ed. 4	Ed. 5
Idade da edificação (data do <i>habite-se</i>)					
Localização (Bairro)					
Tipo de estrutura (concreto armado (CA) ou alvenaria estrutural (AE))					
Padrão construtivo (Alto , Médio ou Popular)					
Manifestações patológicas encontradas					
Armadura exposta					
Corrosão em armadura					
Carbonatação					
Infiltrações					
Fissuras/trincas nas alvenarias					
Fissuras/trincas nas estruturas					
Danos em elementos da fachada					
Purulência em argamassa de revestimento					
Recalque					
Corrosão em tubulação hidráulica por pit					
Deficiência no sistema de drenagem					
Deficiência de impermeabilização					
Outras: descrever					
Observações:					