INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VÍTOR FRAGÔSO DE MEDEIROS

LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE CAJAZEIRAS-PB: ESTUDO DE CASO

Cajazeiras-PB
2019

JOÃO VÍTOR FRAGÔSO DE MEDEIROS

LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE CAJAZEIRAS-PB: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba- *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: José Lucas Pessoa de Oliveira
Coorientador: Gastão Coelho de Aquino Filho

Cajazeiras-PB
2019

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

M488l

Medeiros, João Vítor Fragôso de

Levantamento das manifestações patológicas nas escolas Municipais de Cajazeiras: estudo de caso / João Vítor Fragôso de Medeiros; orientador José Lucas Pessoa de Oliveira; coorientador Gastão Coelho de Aquino Filho.- Cajazeiras, 2019.-
84 f.: il.

Orientador: José Lucas Pessoa de Oliveira.
TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

1. Patologia das construções 2. Escolas públicas – Cajazeiras 3. Manutenção predial I. Título

666.9(0.067)

JOÃO VÍTOR FRAGÔSO DE MEDEIROS

LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESCOLAS MUNICIPAIS DE CAJAZEIRAS-PB: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 26 de setembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

José Lucas Pessoa de Oliveira – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Coorientador

Daniel Torres Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais em especial, pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me mostrar a direção correta e como agir ao longo do curso, passando por cima de todos os obstáculos e estando comigo nos momentos difíceis, sem ele eu não teria capacidade para estar aqui, é a ele quem dedico todas as vitórias em minha vida.

Agradeço aos meus pais Alexsandro Dantas de Medeiros e Maria do Socorro Fragoso Ferreira de Medeiros, que me deram apoio e incentivo nas horas mais difíceis. Sou grato também ao meu irmão Filipe Fragoso de Medeiros que sempre se fez presente na minha vida. E em especial aos meus avós Maria das Virgens Ferreira Fragoso e Emídio Fragoso Pinto e ao meu tio Vicente Jackson Fragoso Ferreira por terem me acolhido e terem cuidado de mim durante a minha vida universitária.

Obrigado a Sara Hellen Gomes Beserra pela ajuda e incentivo, durante todas as etapas da minha vida e por me fazer uma pessoa melhor a cada dia.

Agradeço a José Lucas Pessoa de Oliveira pela orientação, e também por todo o esforço na elaboração deste trabalho.

A Gastão Coelho de Aquino Filho pela coorientação, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho, como também apoio e confiança durante toda a minha jornada no ensino superior.

Ao Professor Daniel Torres Filho, por toda dedicação, excelência profissional e cuidado em proporcionar as melhores condições de aprendizado.

Ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras pela oportunidade de realização de trabalhos na área de pesquisa.

Aos colegas do IFPB pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho, em especial a Alison, Alex, Dário, Ellen, Eri e Gabriel.

RESUMO

As patologias nas obras de engenharia são todas as manifestações encontradas nos elementos construtivos que se apresentam durante a vida de uma edificação, prejudicando o seu desempenho esperado. Nos dias atuais, deparamos com a situação que muitas das escolas do Brasil estão passando por momentos difíceis, fruto de um investimento precário no ensino público, percebe-se isso observando as suas edificações, onde a maioria não tem uma manutenção periódica, colocando em risco todos aqueles que transitam por aquela proximidade ou aqueles que fazem uso do ambiente interno da instituição. Para desenvolvimento do estudo de caso utilizou-se a metodologia proposta por Lichtenstein, que consiste basicamente em três etapas: levantamento de subsídios, por meio das vistorias nas escolas em que teve como intuito a identificação das manifestações patológicas que se faziam visíveis a olho nu e realizando registros fotográficos, a anamnese de caso para diagnóstico do levantamento de subsídios por meio de um roteiro de análise com o intuito de obter um maior conhecimento sobre as edificações escolares, e com o resultado das vistorias e da anamnese foi escolhido uma escola para o estudo mais aprofundado com o intuito de realizar análises e ensaios sobre seus elementos construtivos. Os resultados puderam relatar a partir dos dados coletados, que há um elevado percentual de ocorrência das principais manifestações patológicas nos prédios escolares da rede municipal de Cajazeiras-PB e que a escola do estudo de caso apresentou manifestações de diversos gêneros como: fissuras ativas, umidade por capilaridade, manchas, mofo, eflorescência, armaduras expostas e corroídas, sendo comprovadas pelo avanço da carbonatação principalmente devido ao elevado grau de fissuração e baixo cobrimento.

Palavras-Chave: Patologia das construções; Escolas públicas; Manutenção.

ABSTRACT

The pathologies in the engineering works are all the manifestations found in the constructive elements that are present during the lifetime of a building, damaging their expected performance. Nowadays, we face the situation that many of the schools in Brazil are experiencing difficult times, resulting from a precarious investment in public education, it is perceived from observing their buildings, where most do not have a periodic maintenance, endangering all those transiting through that proximity or those who make use of the institution's internal environment. For the development of the case study, it was used the methodology proposed by Lichtenstein, which basically consists of three stages: collection of subsidies, through surveys in schools in which it was intended to identify the pathological manifestations macroscopically visible and making photographic records, the case anamnesis for the diagnostic of the collection of subsidies by an analytical script in order to obtain a greater knowledge about the school buildings, and with the results of surveys and anamnesis, a school was chosen for the most in-depth study with the purpose of conducting analyses and tests on its constructive elements. The results could report from the collected data, that there is a high percentage of occurrence of the main pathological manifestations in the school buildings of the municipal network of Cajazeiras-PB and that the school of the case study presented manifestations of several genres such as: active fissures, humidity by capillarity, stains, mildew, efflorescence, exposed and corroded armor, being proven by the advancement of carbonation mainly due to the high level of cracking and low coverishment.

Keywords: Building Pathology; Public Schools; Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lei de evolução de custos, Lei de Sitter. 22
Figura 2 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis. 23
Figura 3 – Causas intrínsecas das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado. 25
Figura 4 – Influência da manutenção sobre o desempenho e a vida útil de uma estrutura. 27
Figura 5 – Infiltração de água em janela: (a) não visível a olho nu; (b) imagem termográfica indicando região úmida. 30
Figura 6 – Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante. 32
Figura 7 – Fissuras não-estruturais. 33
Figura 8 – Fissurômetro. 34
Figura 9 – Formas de instrumentação para controle da abertura de fissuras. 35
Figura 10 – Fissuração de uma viga por movimentação de origem térmica. 37
Figura 11 – Ilustração de uma fissura em uma laje devida aos movimentos térmicos. 37
Figura 12 – Piso desgastado por abrasão. 38
Figura 13 – Formação da pilha de corrosão. 40
Figura 14 – Tipos de corrosão e fatores que as provocam. 41
Figura 15 – Morfologia da corrosão 41
Figura 16 – Avanço do processo de carbonatação. 43
Figura 17 – Utilização do Termovisor I7 da FLIR®. 46
Figura 18 – Viga do auditório com armadura exposta. 47
Figura 19 – Pilar fissurado escolhido para análise de carbonatação. 47
Figura 20 – Abertura com auxílio de ponteira, talhadeira e marreta. 48
Figura 21 – Reação fenoftaleína em local não carbonatado. 50
Figura 22 – Manchas de mofo em uma estrutura de caixa d'agua, devido a presença de umidade.: (a) Infiltrações acarretando armadura exposta, descascamento da pintura e manchas; (b) Manchas na estrutura de sustentação da caixa d'água. 52
Figura 23 – Manchas de mofo no forro de gesso de uma sala de aula. 53
Figura 24 – Manchas de mofo em lajes e vigas de uma passarela elevada, devido a infiltração da água da chuva. 53

Figura 25 – Presença de eflorescência e armadura exposta em viga. 54
Figura 26 – Parede externa com presença de umidade ascendente oriunda do solo. 54
Figura 27 – Fissuração em piso externo da edificação. 55
Figura 28 – Desgaste superficial do piso por abrasão. 55
Figura 29 – Fissuração linear no encontro do forro de gesso e a parede de alvenaria. 56
Figura 30 – Aberturas no banco de alvenaria devido ao crescimento das raízes. 57
Figura 31 – Junção improvisada da fiação elétrica. 58
Figura 32 – Fiação elétrica exposta acima do reservatório de água. 58
Figura 33 – Telhado apresentando pequenos espaçamentos entre algumas telhas, ocasionando goteiras em períodos chuvosos. 58
Figura 34 – Comprimento da fissuração em parede externa do prédio escolar. 65
Figura 35 – Elevada espessura da abertura no topo da parede. 65
Figura 36 – Verificação da espessura da rachadura localizada em parede externa do prédio escolar. 65
Figura 37 – Verificação da movimentação da rachadura em parede externa do prédio escolar. 65
Figura 38 – Comprimento da fissuração em parede do auditório escolar. 66
Figura 39 – Verificação da espessura e comportamento da fissura. 67
Figura 40 – Extensão da fissura localizada sob a laje. 68
Figura 41 – Fissura ativa devido a variação térmica. 68
Figura 42 – Espessura média da fissura localizada sob a laje. 68
Figura 43 – Infiltração de água na parte superior da parede do auditório: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) presença de manchas devido umidade. 69
Figura 44 – Infiltração de água na parte inferior da parede do auditório: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) descascamento da pintura e do emassamento, como também infiltrações devido umidade ascendente. 70
Figura 45 – Infiltração de água na parte inferior do reservatório de água: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) descascamento da pintura e do emassamento, como também infiltrações devido umidade ascendente solo. 70
Figura 46 – Pilar localizado por detrás da escola, carbonatado. 71
Figura 47 – Pedaço de concreto do pilar localizado por detrás da escola com parte da seção transversal da armadura do pilar. 72
Figura 48 – Cobrimento do pilar localizado por detrás da escola. 72

Figura 49 – Carbonatação em pilar localizado no corredor do prédio escolar. 73
Figura 50 – Viga central do auditório, com armadura exposta e concreto carbonatado. 74
Figura 51 – Laje localizada em auditório com presença de fissuras e armadura exposta. 74
Figura 52 – Região de laje do auditório encontra-se carbonatada e com descascamento da pintura. 75
Figura 53 – Desgaste superficial do concreto na parte interna do edifício escolar. 75
Figura 54 – Desgaste superficial de piso de concreto armado: (a) piso localizado na parte externa do prédio escolar; (b) piso localizado no interior da escola. 76
Figura 55 – Desgaste superficial do piso da quadra poliesportiva escolar. 76
Figura 56 – Elevação do piso devido ao crescimento das raízes da árvore. 77
Figura 57 – Medição da elevação do piso devido ao crescimento das raízes. 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Incidência de manifestações patológicas. 28
Tabela 2 – Origens de fissuras em estruturas. 28
Tabela 3 – Principais fatores que condicionam a velocidade de penetração da frente de carbonatação. 29
Tabela 4 – Origens de fissuras em estruturas. 32
Tabela 5 – Principais fatores que condicionam a velocidade de penetração da frente de carbonatação. 43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas as estruturas. 59
Gráfico 2 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas as alvenarias. 60
Gráfico 3 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas aos revestimentos. 60
Gráfico 4 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas a ausência de impermeabilização adequada. 61
Gráfico 5 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas às instalações hidráulicas/instalações de gás. 62
Gráfico 6 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas às instalações elétricas. 62
Gráfico 7 – Porcentagem média em todas as escolas de presença dos itens analisados pelo roteiro de análises patológicas. 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENDI – Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CEB – *Comité Euro-internacional du Béton.*

EMEIEF – Escola Municipal de Ensino Infantil e Ensino Fundamental.

END – Ensaios Não-Destrutivos.

IBAPE-PR – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Paraná.

TI – Termografia Infravermelha.

LISTA DE SÍMBOLOS

® - marca registrada.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17

1.1 JUSTIFICATIVA 18

1.2 OBJETIVOS 19

1.2.1 OBJETIVO GERAL *19*

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS *19*

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 19

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21

2.1 PATOLOGIA EM CONSTRUÇÕES 21

2.1.1 FALHAS DE PROJETO *23*

2.1.2 MATERIAIS INADEQUADOS *24*

2.1.3 ERROS DE EXECUÇÃO *25*

2.1.4 ERROS DE UTILIZAÇÃO *26*

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL 27

2.2.1 PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO *27*

2.2.2 PATOLOGIAS DEVIDO À PRESENÇA DE UMIDADE *28*

2.2.3 PATOLOGIAS DEVIDO AS DEFORMAÇÕES ESTRUTURAIS *30*

2.2.5 PATOLOGIAS DEVIDO AO DESGASTE SUPERFICIAL DO CONCRETO *37*

2.2.6 PATOLOGIAS DEVIDO À CORROSÃO DAS ARMADURAS *38*

3 METODOLOGIA 44

3.1 VISTORIAS IN LOCO 44

3.2 ANAMNESE 44

3.3 ANÁLISES E ENSAIOS NOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS 45

3.3.1 MONITORAMENTO DE FISSURAS *45*

3.3.2 ANÁLISE DE UMIDADE *45*

3.3.3 PROFUNDIDADE DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO DO CONCRETO 46

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 51

4.1 VISTORIAS IN LOCO 52

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS 59

4.3 ESTUDO DE CASO 63

4.3.1 PATOLOGIAS DEVIDO A MOVIMENTAÇÕES DE ORIGEM TÉRMICAS OU ESTRUTURAIS 64

4.3.2 PATOLOGIAS DEVIDO A PRESENÇA DE UMIDADE 69

4.3.3 PATOLOGIAS DEVIDO A CORROSÃO DAS ARMADURAS 70

4.3.4 PATOLOGIAS DEVIDO AO DESGASTE SUPERFICIAL DO CONCRETO 75

4.3.5 PATOLOGIAS DEVIDO AO ENRAIZAMENTO DAS ÁRVORES 77

5 CONCLUSÃO 78

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 80

APÊNDICE 84

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a civilização humana, tem bastante atenção com as construções adaptadas às suas necessidades particulares, que lhes assegurem conforto e segurança para sua vida, como casas e prédios, além de construções que lhes proporcionem agilidade na locomoção a exemplo de estradas e pontes pavimentadas. São estas obras que vêm fazendo com que haja desenvolvimento e prosperidade para humanidade.

Por este fator, os homens aglomeraram acervo científico e empírico ao longo dos séculos, desta forma, foi permitido o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas (RIPPER; SOUZA, 1998).

Apesar disto, por ainda existir limitações quanto ao campo científico e tecnológico e atrelado ao crescimento da construção civil sempre acelerado, em alguns países e épocas, promoveu-se a necessidade de inovações, gerando inevitáveis falhas involuntárias. Como por exemplo, as estruturas podem gerar defeitos e apresentar um desempenho insatisfatório, ocasionando as patologias nas suas peças estruturais.

A patologia das construções não é uma ciência moderna, mesmo que tenha se ganhado proeminência recentemente. As presenças de problemas nas edificações nas primeiras casas construídas rusticamente pelo homem primitivo já eram relatadas, como se pode constatar pelo próprio Código de Hamurabi (CÁNOVAS, 1988).

Segundo Cánovas (1988), as patologias nas construções fazem parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Sendo possível em algumas ocasiões se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização *in loco*. Entretanto, em outros casos o problema é mais complicado e específico, sendo então necessário tomar algumas medidas como: verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida a estrutura, analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para que não venham a se manifestar novamente.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante do cenário em que o Brasil passou a pouco tempo atrás, foi perceptível o momento de desenvolvimento e crescimento, o que implicou diretamente na quantidade de obras de origem pública ou privada. Mas um ponto a se discutir é acerca da qualidade destas obras em que foram executadas, com um ponto de atenção mais voltado para as obras do tipo pública em que possuem o estigma de baixa qualidade perante a sociedade.

E tem-se observado o surgimento de diversas manifestações patológicas nestas edificações novas ou recém reparadas. Isto traz à tona uma grande preocupação a respeito da durabilidade das estruturas que estão sendo reparadas ou construídas. E na maioria das vezes é perceptível que, com a finalidade de gerar uma economia financeira aos gastos públicos, é comum apenas realizarem um acabamento superficial nas estruturas ou nos elementos construtivos com a possível finalidade de esconder as suas manifestações patológicas.

A rede de escolas do município de Cajazeiras é afetada com a atual situação de seus prédios, pois essas edificações estão muitas vezes num estado precário, tanto na questão estética quanto na estrutural.

Analisando e quantificando as patologias existentes, utilizando ferramentas de engenharia, através da geração dados e informações sobre a situação em que as escolas se encontram, é possível fazer uma análise de manifestações patológicas nas escolas, tendo como importância para a sociedade a busca por identificar e gerar dados dos problemas existentes nas construções públicas, a fim de trazer uma maior segurança e estética às suas instalações.

Atualmente as normas de desempenho vigentes não se aplicam para obras públicas como escolas, hospitais, etc. (HIRT, 2014). E não existem estatísticas sobre a qualidade das obras de escolas públicas do município de Cajazeiras-PB. É nesta linha de estudo que este trabalho foi desenvolvido. Por isso se faz importante um estudo com esse foco, primeiro de realizar uma tipificação de todas as patologias presentes em seus edifícios escolares, em seguida determinar mais a fundo a deterioração de uma edificação por meio de um estudo de caso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar uma na análise de caráter quantitativo e qualitativo das manifestações patológicas presentes nas escolas de rede pública no município de Cajazeiras-PB, com ênfase nas escolas da rede municipal mais carentes no conhecimento dos sintomas patológicos e produzir um estudo de caso na escola que apresentou maiores índices de patologias na sua edificação.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de atingir o objetivo geral proposto, busca-se alcançar os seguintes objetivos:

a) analisar manifestações patológicas originadas nas edificações escolares, suas causas e prevenção;
b) tipificar as manifestações patológicas nos prédios escolares;
c) quantificar a tipologia da manifestação patológica nos prédios escolares, apresentando gráficos que mostrem a sua distribuição percentual;
d) verificar os efeitos desencadeados pela carbonatação em estruturas de concreto armado;
e) propor soluções para as patologias encontradas, em edificações visitadas, na forma de estudo de caso.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso encontra-se dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo é composto de uma introdução que procura contextualizar o problema citado, expor a razão e justificativa para realização da pesquisa, explanar os objetivos buscados ao final deste trabalho, e a estruturação do mesmo.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados com o trabalho, mostrando fatores que têm influência significativa nas patologias das construções.

O terceiro capítulo explana a metodologia empregada para a realização do trabalho de levantamento das manifestações patológicas, trazendo a descrição das etapas da análise dos ensaios realizados na escola e caracterizando um banco de dados utilizado para as análises realizadas nos capítulos seguintes.

O quarto capítulo apresenta as principais manifestações patológicas que ocorreram nas escolas municipais de Cajazeiras-PB e estudo de caso de uma escola que apresentou maior índice de patologias presente em sua edificação, analisando suas possíveis origens e causas mais incidentes.

No quinto capítulo, constam as considerações finais sobre o levantamento e análises realizadas neste trabalho, descrevendo deduções feitas a partir dos resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PATOLOGIA EM CONSTRUÇÕES

Patologia da construção pode ser definida como sendo a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis enfim, é o estudo que compõe o diagnóstico do problema (HELENE, 2003).

Diante disso, pode-se entender o termo patologia, como sendo a área da engenharia civil que estuda e analisa os problemas presentes em uma edificação tanto durante a fase de execução quanto no decorrer da sua vida útil, vindo a prejudicar seu desempenho e ainda a integridade dos seus usuários.

A importância do estudo da patologia das construções está, em primeiro lugar, na necessidade de divulgação das manifestações patológicas mais incidentes e em segundo lugar, no conhecimento da evolução dos problemas, pois quanto antes detectada menor será o custo para reparo dos elementos danificados (STEEN, 1991 apud ANDRADE, 1997)

Além disso, tal estudo pode fornecer subsídios para prevenção, através de controle de qualidade mais apurado de pontos específicos, e ainda subsidiar a revisão das normas, condicionar novos métodos construtivos e subsidiar as correções de forma a otimizar os custos de reparação (DAL MOLIN, 1988).

As manifestações patológicas nas construções podem ser originárias de vários fatores. Machado (2002) descreve as principais causas:

> - deficiência na execução dos projetos no que se refere às cargas atuantes, dimensionamento incorreto das estruturas, e ainda materiais e processos com descrições inadequadas;
> - ações térmicas internas (gradientes térmicos originados pelo calor de hidratação) e externas (variação sazonal de temperatura) atuando nas estruturas de concreto armado;
> - intemperismo, tais como variação de umidade, agentes atmosféricos diversos, agressões ambientais, entre outros;
> - utilização inadequada da construção (alteração da destinação, acréscimo das solicitações).

Helene (1992) reitera que os problemas patológicos apresentam manifestações externas características, a partir da qual pode-se deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, podendo-se estimar suas prováveis

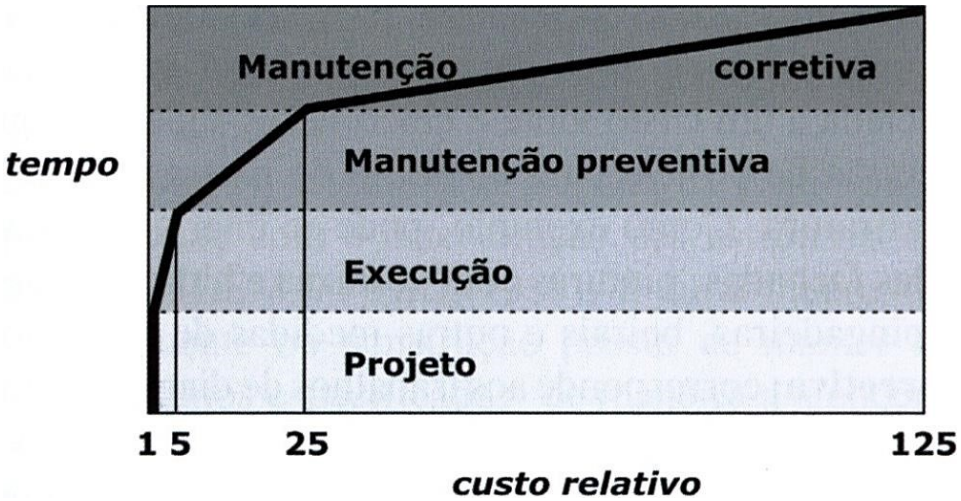
consequências. Esses problemas são evolutivos e tendem a agravar-se com o passar do tempo.

Como relata Verçoza (1991), atualmente há uma procura por construções realizadas com o máximo de economia, por meio da redução do excesso de segurança dos materiais e métodos construtivos, em função de um conhecimento mais aprofundado e preciso sobre o estado de limite último para que se possa fazer uso de tal material e assim reduzindo o seu consumo.

Segundo Ripper e Souza (1998), tanto os custos como as dificuldades técnicas para a recuperação de falhas que se originam na fase de concepção e de projeto, aumentam conforme a estrutura vai sendo construída. Assim, a falha surgida na etapa de concepção projetual encarecerá menos a construção, do que um erro que possa aparecer somente na fase de utilização, no final do processo.

Com o retardamento ao iniciar a manutenção das manifestações patológicas de uma obra, os reparos tornam-se mais trabalhosos e onerosos. A lei de evolução dos custos, dita também por "Lei de Sitter", exibe os custos crescentes segundo uma progressão geométrica de razão cinco, entre as fases de correção ou manutenção que são: projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva, conforme a Figura 1.

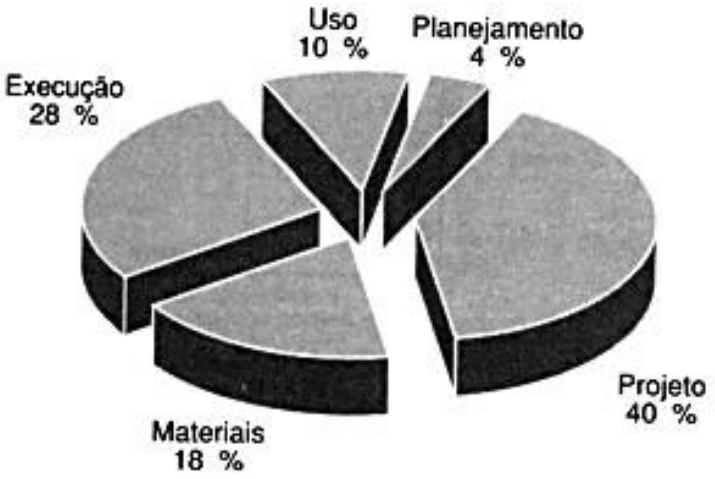
Figura 1 – Lei de evolução de custos, Lei de Sitter.



Fonte: SITTER, 1984 apud VITÓRIO, 2005.

As patologias podem se manifestar em qualquer etapa do processo construtivo e na utilização da edificação. Sua ocorrência dependerá do nível de controle de qualidade nessas etapas (CREMONINI, 1988). Pode-se relatar ainda que foi realizado por Vitório (2005) uma pesquisa na qual classifica a origem das patologias associadas aos processos de produção da construção, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis.



Fonte: VITÓRIO, 2005.

2.1.1 FALHAS DE PROJETO

Como expõe Oliveira (2013), diversas são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção do empreendimento. Elas podem se originar durante o estudo preliminar (lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

Ainda segundo Oliveira (2013), o alvo de grande preocupação nos países desenvolvidos, é o projeto o responsável por grande parte dos problemas patológicos na construção civil. No Brasil, a realidade dos projetos, de uma forma geral, é diferente, não sendo dada à mesma importância que em outros países.

Já quanto ao que tange a concepção dos projetos de estruturas de concreto armado Cánovas (1988), afirma que se deve levar em conta quatro fatores essenciais nos quais é preciso estar atento e cumprir todos os requisitos necessários para que o sucesso seja obtido.

> - devem ser cumpridas as condições de equilíbrio básicas da Estática;
> - a compatibilidade das deformações das próprias peças estruturais e suas uniões;
> - representação em escala suficientemente clara, com as disposições e dimensões de cada elemento estrutural, em especial as medidas que se referem às armaduras;
> - à conveniência de elaborar normas detalhadas, nas quais estejam presentes todas as características e detalhes dos materiais a serem empregados na estrutura, forma de controle e armazenamento, penalizações, etc. Esse documento, ao qual, geralmente não se dá importância, é absolutamente fundamental e de grande importância para se obter uma construção sem defeitos e de qualidade: e, em caso de litígio, é um documento de grande valor.

Segundo Ripper e Souza (1998), geralmente os empecilhos e o fator custo para consertar uma estrutura com danos originários de falhas da concepção do projeto, são proporcionais à antiguidade da falha, erros no início da concepção e levados adiante nas outras etapas, tendem a causar um maior prejuízo.

Já quanto a presença de erros nos projetos que compõe uma obra, Trindade (2015) relata que pode ter como exemplo o projeto hidrossanitário com alguma tubulação projetada passando por entre elementos estruturais, e assim podendo causar algum dano à estrutura, deve haver a atenção principalmente ligada ao projeto estrutural como sendo o de maior importância e sendo aquele que em caso de negligência, trará maiores danos à edificação. Por isso o responsável técnico pelo projeto deverá estar atento e ciente de sua responsabilidade.

Outro projeto de muita importância para a edificação como relata Oliveira (2013), é o projeto de impermeabilização inteiramente relacionado ao atendimento das exigências dos usuários no que se refere à estanqueidade, higiene, durabilidade e economia da edificação, sendo de forma direta ou indireta o responsável pela ocorrência de muitos problemas patológicos.

2.1.2 MATERIAIS INADEQUADOS

Segundo Oliveira (2013), o projetista ainda deve conhecer a especificação dos materiais e componentes, verificando suas durabilidades, seja para avaliar se atenderão ao desempenho mínimo desejado, seja para analisar os custos em que incluem os custos de manutenção e operação, como também para a proteção da vida útil.

Como relata Trindade (2015), a falta de controle de qualidade dos materiais quando se trata de estruturas de concreto armado é um fator muito preponderante na ocorrência de patologias.

> É uma questão fundamental, um ponto de máxima importância, a de que, de forma a se diminuir a possibilidade de deterioração precoce da estrutura, se tenha, durante toda a fase de execução da obra, a assistência de um engenheiro tecnologista e se preste total obediência ás Normas, no que diz respeito à composição e confecção do concreto (THOMAZ, 1989, p. 34).

Corroborando com este pensamento Trindade (2015), expõe que controlar a qualidade dos materiais utilizados em uma obra é um fator preponderante para que seja diminuída a possibilidade de deterioração precoce em uma estrutura e assim evitar prejuízos futuros.

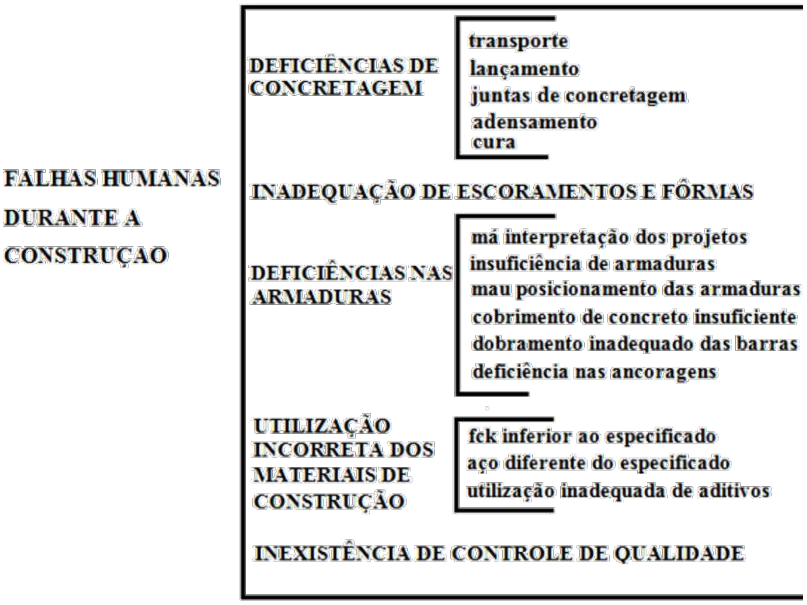
2.1.3 ERROS DE EXECUÇÃO

Oliveira (2013), descreve que tendo dado início a construção da obra, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, ligadas a motivações tão diversas como: ausência de condições locais de trabalho (cuidados e motivação), não capacitação profissional da mão de obra, inexistência de controle de qualidade de execução do serviço, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e sendo possível até mesmo sabotagem.

Segundo Trindade (2015), a semelhança entre os defeitos construtivos e os defeitos no projeto é que na maior parte dos casos ambos são consequentes de falhas humanas, e isso é ocorrido devido à baixa qualidade de mão de obra dos envolvidos nestas etapas.

Ainda segundo Trindade (2015), as principais falhas humanas causadoras de patologias na execução são: deficiências de concretagem, inadequação de escoramentos e fôrmas, deficiência nas armaduras, utilização incorreta dos materiais de construção e inexistência de controle de qualidade, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Causas intrínsecas das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado.



Fonte: RIPPER; SOUZA, 1998.

2.1.4 ERROS DE UTILIZAÇÃO

Havendo concluída a execução da obra, cabe ao seu usuário utilizá-la da maneira mais eficiente, com o intuito de manter as características originais ao longo de toda a sua vida útil (GONÇALVES, 2015).

Segundo Silva e Jonov (2011 apud BRASIL ESCOLA, s.d.), temos que no Brasil cerca de 13% das manifestações patológicas das edificações são geradas pela utilização inadequada. Ocorre, principalmente, quando as edificações passam para posse de terceiros, a exemplo de imóveis alugados para serem utilizados para outros fins que não seja para sua atividade de destino.

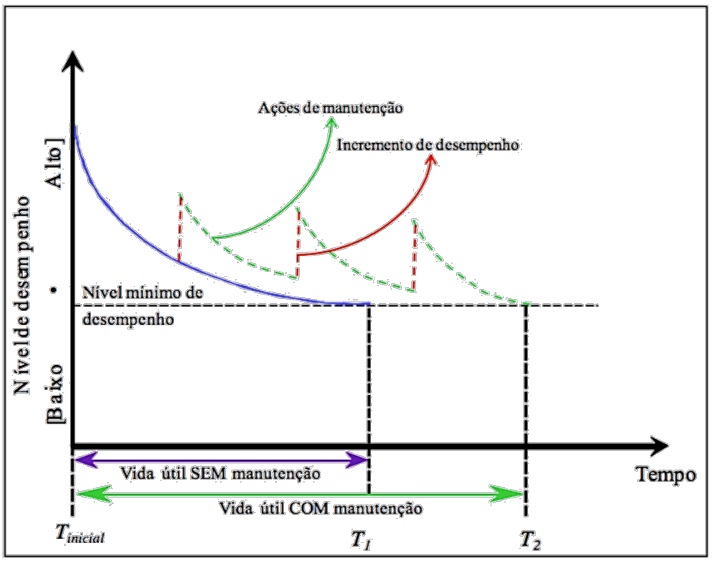
Como relata Andrade e Silva (2005 apud GONÇALVES, 2015), a eficiência relaciona-se tanto às atividades de uso, garantindo que não sejam ultrapassados os carregamentos previstos em projeto, como pelas atividades de manutenção, já que o desempenho da estrutura tende a diminuir ao longo da sua vida útil.

Por manutenção, segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5674 (ABNT, 2012), entende-se como sendo o conjunto de atividades a serem desempenhadas com o intuito de conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes da maneira que atenda às necessidades e segurança dos seus usuários.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Paraná – IBAPE-PR (2016) descreve que: “estudos constatam que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes em edificações com mais de dez anos, estão relacionados à deficiência com a manutenção, perda precoce de desempenho e deterioração acentuada”.

Na Figura 4, pode-se analisar a situação do desempenho e da vida útil de uma estrutura com e sem a realização de manutenção.

Figura 4 – Influência da manutenção sobre o desempenho e a vida útil de uma estrutura.



Fonte: POSSAN; DEMOLINER, 2013.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1 PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO

O concreto armado foi considerado durante muitos anos um material perene, que não necessitava de cuidados ao longo de sua vida, dispensando a manutenção. Recentemente este conceito passou a ser revisto, levando em consideração a grande quantidade de edificações com problemas de degradação em componentes estruturais (HELENE, 2003).

Metha e Monteiro (2008) classificaram as principais causas da degradação do concreto em dois grupos:

> - desgaste superficial: abrange a erosão, cavitação e abrasão;
> - fissuração: é subdividida em: variação volumétrica, devido às características de temperatura e umidade dos materiais e pressão de cristalização dos sais nos poros; carregamento estrutural como sobrecarga, cargas cíclicas e choque mecânicos, e exposição às temperaturas elevadas provocadas por congelamento e fogo.

As patologias mais comuns nas peças de concreto e com maior índice de apresentação são: eflorescências, fissuras, flechas excessivas, corrosão da armadura, manchas no concreto aparente, defeitos de aterro e compactação e problemas devido à segregação dos componentes do concreto.

Para se fazer uma análise mais detalhada sobre as patologias no concreto, na Tabela 1, Machado (2002) relaciona as principais manifestações patológicas, em ordem crescente de ocorrência estatística:

Tabela 1 – Incidência de manifestações patológicas.

Manifestações Patológicas Ocorrência	Percentual
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: MACHADO, 2002.

2.2.2 PATOLOGIAS DEVIDO À PRESENÇA DE UMIDADE

Os problemas de umidade podem se manifestar em diversos elementos das edificações como paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado, dentre outros. Geralmente eles não estão relacionados a uma única causa (SILVA; SALES, 2013)

Segundo Verçoza (1991) a umidade não é apenas uma causa de patologias, podendo agir conjuntamente como um meio necessário para que a grande parte das patologias em construções ocorra. Este autor relaciona as seguintes origens das umidades nas construções:

- originadas durante a construção;
- originadas por capilaridade;
- originadas por chuva;
- resultantes de vazamentos em redes hidráulicas;
- condensação.

Na Tabela 2 pode ser analisada a relação entre a origem da patologia ligada a umidade com o local no qual ela se encontra.

Tabela 2 – Origem da umidade nas construções

Origem da Patologia	Local em que a Patologia se Encontra
Umidade que vem da execução da construção	Confecção do concreto, argamassa e pinturas
Umidade das chuvas	Coberturas (telhados), paredes e lajes de terraços
Por capilaridade	Paredes, terra através da umidade do solo

Origem da Patologia	Local em que a Patologia se Encontra
Vazamentos de rede de água e esgoto	Paredes, terraço, pisos e telhados
Por condensação	Paredes forros, pisos, banheiros, cozinhas e garagem

Fonte: KLEIN, 1999 apud SILVA; SALES, 2013.

As manifestações patológicas devido a existência de umidade encontradas com maior grau de frequência nas peças de concreto são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3 – Manifestações patológicas encontradas no concreto devido a umidade.

Infiltrações, Manchas, Bolor ou Mofo, Eflorescência	
Infiltração	Infiltração ocorre quando a quantidade de água é maior ela pode pingar, ou até fluir resultando numa infiltração.
Manchas	A água ao atravessar uma barreira fica aderente, resultando daí uma mancha.
Bolor ou mofo	O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas. O termo emboloramento, constitui-se numa "alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos". O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.
Eflorescência	Formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco. Criptoflorescência: formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais, causam rachaduras e até a queda da parede. Gelividade: ação da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume.

Fonte: SHIRAKAWA, 1995 apud MIOTTO, 2010.

A análise das manifestações patológicas ligadas a umidade presente em um edifício, pode ser realizada através da técnica de Termografia Infravermelha (TI), que pode ser explicada como sendo o mecanismo pelo qual é possível perceber a temperatura superficial de um corpo pelo mecanismo de transferência de calor (AMARAL; FREIRE, 2017).

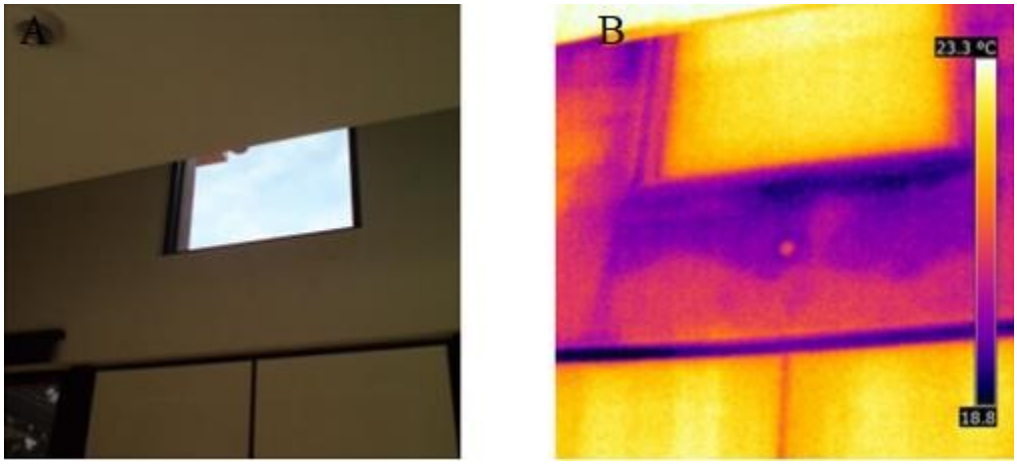
A TI é um dos vários métodos de Ensaios Não-Destrutivos (END's), que são técnicas que inspecionam materiais ou equipamentos sem a necessidade de danificá-los,

podendo ser usados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção (ABENDI, s.d.).

Segundo Medeiros (2010), a TI é um procedimento novo na construção civil e que se constitui na percepção da radiação infravermelha emitida por um corpo através de um aparelho capacitado a detectar e assimilar esse tipo de transferência de calor (radiação); com isso, torna-se possível a análise com precisão de algumas manifestações patológicas que ocorrem nas construções. Este método é capaz de detectar manifestações do tipo: infiltrações ou fugas de água, fendas estruturais, vazios no interior do concreto, corrosão de armaduras, dentre outros (MENDONÇA; AMARAL; CATARINO, 2010).

Como exemplo da detecção de manifestações patológicas utilizando o método do TI por meio do Termovisor, em que a olho nu não é perceptível a presença de infiltrações na janela, mas apenas o uso do equipamento, pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Infiltração de água em janela: (a) não visível a olho nu; (b) imagem termográfica indicando região úmida.



Fonte: MENDONÇA; AMARAL; CARATINO, 2010.

2.2.3 PATOLOGIAS DEVIDO AS DEFORMAÇÕES ESTRUTURAIS

Ao se calcular uma estrutura, é realizado uma série de considerações, dentre elas, a de que existam pequenos deslocamentos, limitados a valores ditos “aceitáveis”. Quando ocorre uma situação onde há erros de dimensionamento do elemento estrutural, ou atuação de uma sobrecarga não prevista, pode-se dizer, que a primeira manifestação patológica a surgir, será a abertura na estrutura. Essas aberturas aparecerão em função

de tensões internas excessivas, que podem surgir devido as sobrecargas, e, devido a ação de fenômenos como a retração, fadiga, fluência e corrosão das armaduras.

E essas aberturas podem variar de acordo com a sua espessura, podendo se classificar como fissuras, trincas, rachaduras e fendas. Vitório (2003) as descreve do seguinte modo:

> - fissuras: aberturas que aparecem na superfície, provenientes da ruptura da capa externa e possuem espessura de até 0,5 mm;
> - trincas: aberturas maiores que as fissuras, de até 1,00 mm de espessura;
> - rachaduras: aberturas expressivas na superfície de qualquer material, mediante grande ruptura de massa, sendo possível ver através dela, variando de 1,0 mm até 1,5 mm;
> - fendas: aberturas em superfícies maiores que 1,5 mm de espessura.

Além do tamanho, as aberturas podem ser classificadas segundo a sua atividade, como sendo ativa ou passiva.

Neste trabalho nos detemos ao estudo mais minucioso de fissuras pela sua presença marcante nos objetos de estudo de caso.

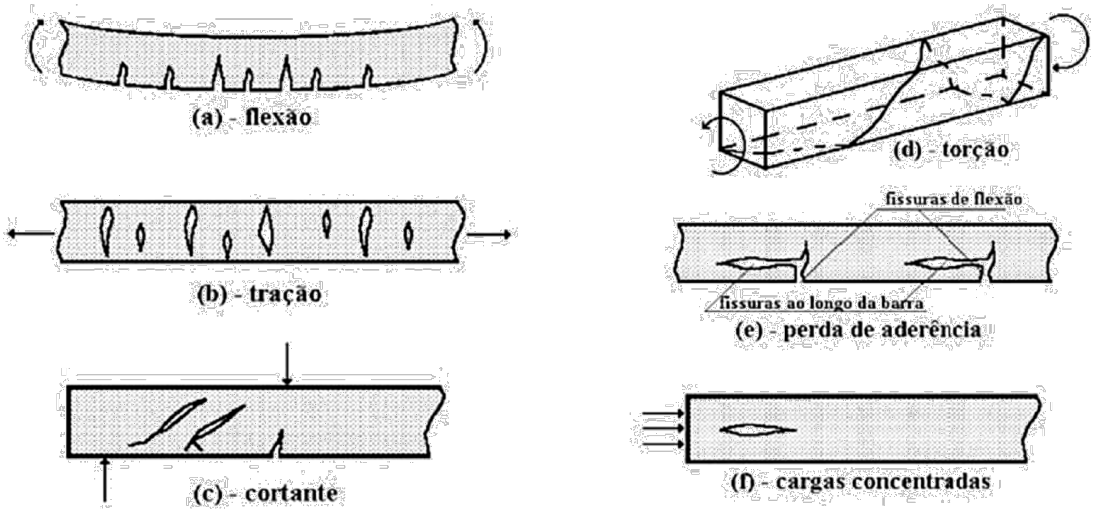
Apesar do concreto fissurar por natureza própria, por ser um material que apresenta baixa resistência a tração, quando uma fissura se apresentar deverá ser averiguado qual a natureza dessa patologia, pois a depender da sua origem, intensidade ou magnitude do quadro de fissuração existente, poderá gerar vários riscos a estrutura.

Segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), as fissuras são definidas como agressivas quando sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassa os seguintes valores:

> - 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré);
> - 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial);
> - 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).

Os problemas que podem ser gerados na formação de fissuras, podem ser os mais variados, em função do tipo de esforço a que estão submetidas as várias peças estruturais, como se procura exemplificar na Figura 6.

Figura 6 – Algumas configurações genéricas de fissuras em função do tipo de solicitação predominante.



Fonte: RIPPER; SOUSA, 1998.

Visto que, é importante a análise e diagnóstico detalhado das fissuras estruturais, as fissuras não-estruturais apresentam certo grau de importância para a edificação sendo correspondente ao estado limite de serviço. Ambrosio (2004), fez algumas análises correlacionando: a causa da fissura com a localização, a peça mais sujeita a esse quadro de fissuração e o seu tempo de manifestação. O resultado está apresentado na Tabela 4 e ilustrado na Figura 7.

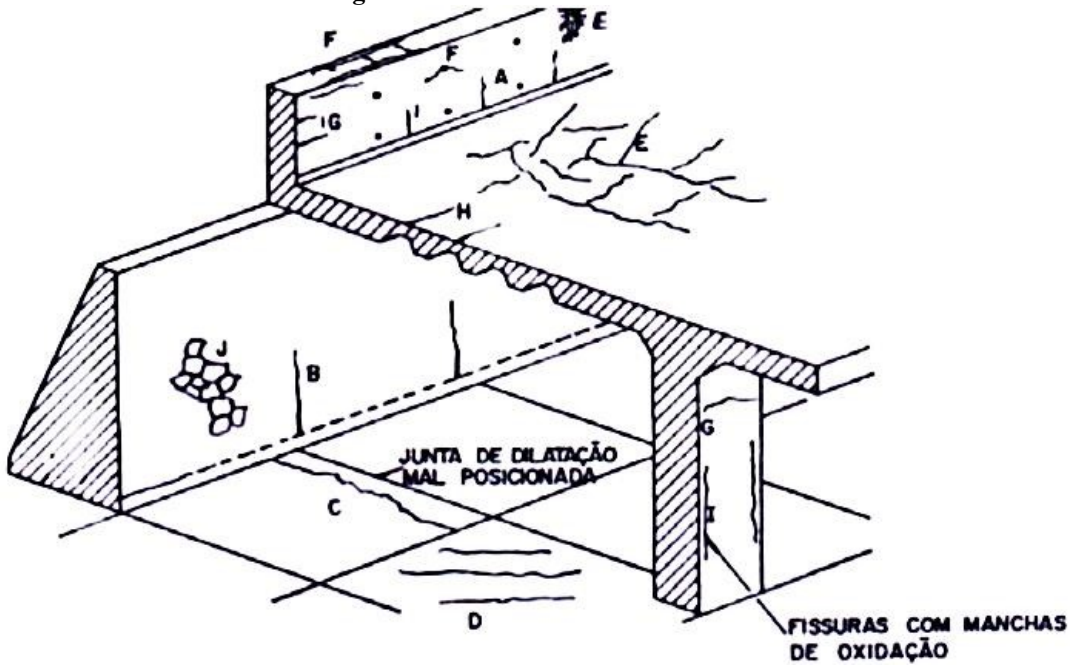
Tabela 4 – Origens de fissuras em estruturas.

Causa da Fissura	Identificação na Figura	Localização	Peça mais Sujeita	Tempo de Manifestação
Variação de temperatura externa	A	Junto à restrição à deformação	Lajes/paredes delgadas/ pavimentos de concreto	Semanas a meses, conforme a estação do ano e as dimensões da peça
Retração térmica	B	Junto à restrição à deformação	Elementos espessos	Semanas a meses, conforme a estação do ano e as dimensões da peça
Retração hidráulica	C	Locais de juntas de dilatação potenciais	Lajes/paredes delgadas/ pavimentos de concreto	Lajes/paredes delgadas/pavimentos de concreto
Retração por secagem	D	Na superfície, em direção diagonal	Peças com grandes superfícies de concreto fresco exposto como lajes e pavimentos de	Final de pega a semanas
	E	Na superfície, em direção		

Causa da Fissura	Identificação na Figura	Localização	Peça mais Sujeita	Tempo de Manifestação
		aleatória	concreto	
Assentamento plástico	F	Sobre armaduras	Peças de dimensão vertical considerável	Final de pega a semanas
	G	No topo de camadas de concretagem, arqueada	Pilares/ paredes	
	H	Mudança de profundidade	Lajes com espessura variável	
Corrosão de armaduras	I	Ao longo das barras ou bainhas	Qualquer elemento armado ou protendido	Mais de 2 anos
Reação álcali-agregado	J	Contornando os agregados graúdos	Lajes/paredes delgadas	Mais de 5 anos

Fonte: AMBROSIO, 2004.

Figura 7 – Fissuras não-estruturais.



Fonte: AMBROSIO, 2004.

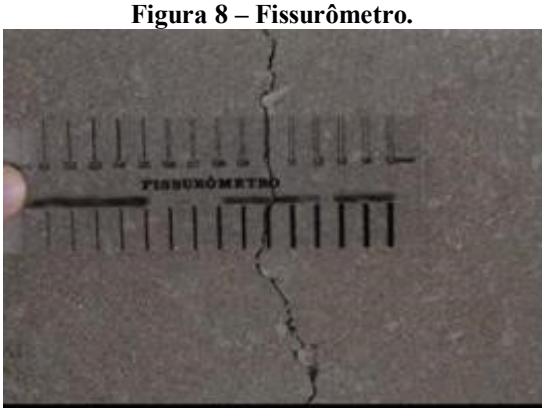
Segundo Zanzarini (2016), as fissuras ativas são aquelas que tem a capacidade de variarem de espessura à medida em que as condições que as provocaram sofrem alterações, comportando-as como juntas induzidas pela estrutura. Elas podem ser originarias de diversos fatores como variações térmicas ou recalques de fundações. Já as

fissuras passivas encontram-se num estado estabilizado, não apresentam variação em sua espessura ou no seu comprimento no decorrer do tempo.

Sendo as fissuras ativas, segundo Gonçalvez (2015), as mais graves, pois se tratam de recalques sofridos pela estrutura, onde há movimentação de massa, e caso não seja eliminada a causa desta fissura, ela continuará atuando. E pode chegar a abrir outra do mesmo tipo ao lado da fissura ativa original. Quanto às fissuras passivas, Helene (1992) afirma elas não são graves quando possuem aberturas de até 0,4 mm. No entanto, Gonçalvez (2015) diz que quando as fissuras passivas não são tratadas, no longo prazo, podem dar origem à corrosão do aço das armaduras.

O tamanho da abertura da fissura pode ser avaliado a partir de 0,1 mm com uma régua denominada fissurômetro (Figura 8), feita de material transparente, com traços de espessuras conhecidas e que ao ser colocado sobre a fissura, permite, por comparação visual, estimar o valor da abertura.

Figura 8 – Fissurômetro.

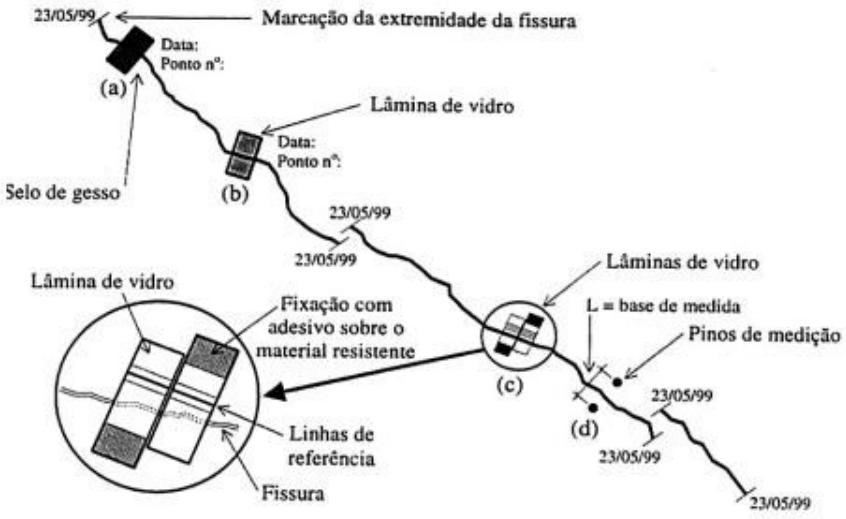


Fonte: GUERRA, 2003 apud LIMA, 2017.

Segundo Gonçalvez (2015), a determinação da atividade das fissuras se dá utilizando extensômetros dos tipos mecânicos, óticos, elétricos, hidráulicos, acústicos, dentre outros. Silva Filho e Helene (2011) completam relatando que é possível analisar as fissuras ainda por meio do selo de gesso e da lâmina de vidro como mostra a Figura 9.

Oliveira, Mazer e Medeiros (2018) afirmam que a utilização de lâminas finas de gesso além de ser uma técnica simples de monitoramento de fissuras é de fácil instalação. Devido o gesso possuir baixa resistência e ser um material frágil, qualquer movimentação da fissura monitorada causará ruptura do selo. Contudo, está técnica não pode ser aplicada ao ar livre devido à grande reatividade do gesso com a água.

Figura 9 – Formas de instrumentação para controle da abertura de fissuras.



Fonte: SILVA FILHO; HELENE, 2011.

2.2.4 PATOLOGIAS DEVIDO ÀS VARIAÇÕES VOLUMÉTRICAS

Os elementos construtivos estão susceptíveis ao processo de variação volumétrica, neste trabalho tem-se como foco principal as variações volumétricas devido às variações térmicas diárias e sazonais.

E o concreto, assim como qualquer material, apresenta propriedades térmicas. As principais propriedades que interessam no estudo dos efeitos térmicos, segundo Coutinho (1988) são:

- coeficiente de dilatação térmica;
- calor específico;
- coeficiente de condutibilidade térmica.

A definição para o coeficiente de dilatação térmica linear, segundo a norma NBR 12815 (ABNT, 2012), é apresentada como a variação de uma dimensão linear por unidade de comprimento por grau de temperatura que a provocou. Sendo o coeficiente de dilatação térmica dos agregados diferente da pasta de cimento hidratada, em geral, o coeficiente das pastas é maior que o dos agregados.

Um outro exemplo, é o caso do encontro das alvenarias com os elementos estruturais. Geralmente, caso não sejam tomados os cuidados necessários, pode ocorrer fissuração nesse local, mesmo que estejam submetidos ao mesmo gradiente térmico. Isso ocorre devido ao fato desses dois elementos possuírem coeficientes de dilatação térmica bem distintos.

Em relação ao calor especifico a norma NBR 12817 (ABNT, 2012) o define como, a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de uma unidade de massa de um material em 1 (um) grau.

Segundo Neivelle (1997 apud ASSIS; RABELO, 2013) o calor específico sofre pouca ou nenhuma influência da natureza mineralógica do material inerte que compõe o concreto, no entanto sofre um aumento considerável quando o teor de umidade do concreto é relativamente maior. Além disso, o calor específico aumenta com o crescimento da temperatura e com a diminuição da massa específica do concreto.

A norma NBR 12820 (ABNT, 2012), determina que a condutividade térmica fornece o fluxo de calor transmitido através de uma área unitária de um material sob um gradiente de temperatura unitário.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994 apud ASSIS; RABELO, 2013), a condutividade térmica do concreto sofre variações em função das características mineralógicas do agregado, pelo conteúdo de umidade, massa específica e temperatura do concreto.

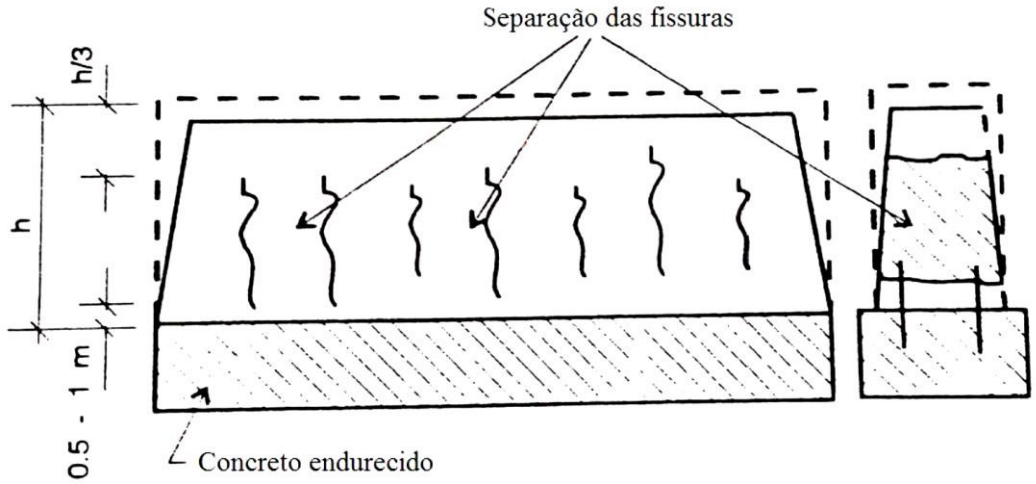
As duas principais vertentes das consequências dos efeitos térmicos nas estruturas de concreto são: as variações de temperaturas causadas pelo meio ambiente, e a elevação da temperatura interna do concreto causada pelas reações químicas entre a água e o cimento, o calor de hidratação, o qual acontece algumas horas após a mistura e é responsável pela aderência dos materiais e pela resistência adquirida pela estrutura. Esse último caso trata-se de uma reação exotérmica e indica que, quanto maior o volume de concreto, maior será o calor liberado pela mistura.

Quanto aos efeitos térmicos gerados pela temperatura do ambiente, principalmente quando exposto ao sol, o concreto absorverá muito calor externo, o que somado ao calor produzido no interior da peça de concreto, causará o aumento considerável da temperatura do material. E durante a noite como a temperatura do ambiente diminui, os movimentos de dilatação e contração decorrem dessas variações de temperatura que os materiais estão sujeitos. Quando essas variações geram alteração dimensional dos materiais e são restringidas pelos vários vínculos que os envolve, surgem tensões que podem provocar o surgimento de fissuras (THOMAZ, 1989).

O grau de fissuração intensifica-se nas juntas, nas regiões mal adensadas e nos planos de barras de armadura, havendo uma perda significativa de material nestes locais, que pode levar ao desaparecimento da camada de cobrimento. Quando o aquecimento alcança o nível da armadura, a mesma passa a conduzir calor, acelerando o

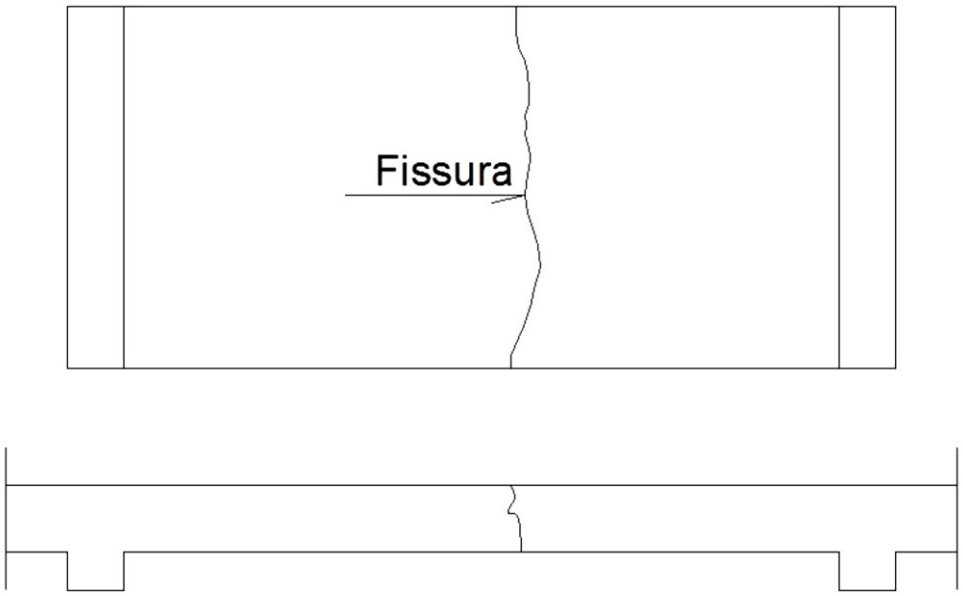
processo de aquecimento, como pode ser visto nas Figuras 10 e 11 (NEIVELLE, 1997 apud LIMA; SILVA FILHO; CASONATO, 2003).

Figura 10 – Fissuração de uma viga por movimentação de origem térmica.



Fonte: COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BÉTON - CEB, 1993 apud ASSIS; RABELO, 2013.

Figura 11 – Ilustração de uma fissura em uma laje devida aos movimentos térmicos.



Fonte: CARASEK; CASCUDO, 2013, apud ASSIS; RABELO, 2013.

2.2.5 PATOLOGIAS DEVIDO AO DESGASTE SUPERFICIAL DO CONCRETO

Segundo Trindade (2015), o desgaste da superfície do concreto ocorre geralmente por abrasão, erosão e cavitação.

Quanto a abrasão, Trindade (2015) a define como o desprendimento do material superficial devido ao arraste, fricção ou atrito causado pela passagem de

pessoas, veículos, ou até mesmo por partículas carregadas pelo vento. Tendo ocorrência com maior frequência em lugares de intensa circulação de pessoas e grande tráfego.

Os tamanhos da perda das partículas dependem de vários fatores, como: baixa resistência do concreto, exsudação excessiva, cura inadequada e até mesmo ao ataque químico de agentes agressores (TRINDADE, 2015).

Em pisos esse desgaste é aumentado em razão de que muitas vezes pode ocorrer o fenômeno de exsudação, e resulta em uma fina camada de pasta de cimento, que por perder em um pequeno intervalo de tempo a umidade para o ambiente, fica fragilizada. Como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Piso desgastado por abrasão.

Fonte: LATORRE, 2002 apud TRINDADE, 2015.

Como relata Trindade (2015), a erosão se dá pelo movimento de fluídos ar ou água, os quais agem sobre a superfície do concreto de modo a desgastá-la devido à colisão que a mesma sofre das partículas em suspensão. Em geral, ocorre em pilares de pontes, canais de irrigação, tubulações e vertedouros.

Segundo Ripper e Souza (1998) cavitação consiste na formação de bolhas de vapor quando a água está em alta velocidade na ordem de 12 m/s. Estas bolhas entram em regiões de maior pressão implodem e se impactam, deixando um aspecto corroído na superfície e um efeito mais nocivo quanto maior for o número de bolhas e menores forem.

Com a repetição deste fenômeno nas estruturas de concreto, tendem a aparecer muitas escarificações nas mesmas.

2.2.6 PATOLOGIAS DEVIDO À CORROSÃO DAS ARMADURAS

Segundo Farias (1992), a definição de corrosão é a deterioração ou inutilização para uso, de um material por meio de reações químicas ou eletroquímicas com o meio

em que se encontra, podendo ou não haver uma associação de esforços mecânicos. No caso dos metais as reações são essencialmente de natureza eletroquímica. A maioria dos casos de corrosão das armaduras do concreto são do tipo eletroquímica, onde há a existência de uma reação de oxidação e a circulação de íons através do eletrólito.

Outra definição de corrosão é a interação destrutiva entre o material e o ambiente, na corrosão da armadura esse fenômeno se dá pelo mecanismo eletroquímico que pode ser acelerado na presença de agentes agressivos sendo internos ou externos ao concreto (HELENE, 1992).

Uma peça de concreto armado proporciona a armadura uma dupla proteção. Sendo a primeira uma proteção física, a qual funciona uma barreira física que impede o contato direto com o exterior e, segundo uma proteção química, conferida pelo pH alcalino do concreto (próximo de 12,5), que promove a formação de uma camada de passivação que envolve a armadura.

A perda desta proteção pode desencadear e acelerar um processo corrosivo. A corrosão ocorre quando o concreto é permeável o suficiente para permitir que íons penetrem até a armadura (estes íons, juntamente com água e oxigênio, dão início ao processo de corrosão) (NASCIMENTO, 2015).

Ainda segundo Nascimento (2015), a armadura metálica possui uma camada fina de proteção (passivação) a qual fica localizada na superfície e contém a presença da base $Ca(OH)_2$ de pH = 13. Caso o pH da camada passivadora caia para abaixo de 11, há formação de compostos ferrosos expansivos, resultando em um aumento no volume do aço original, o que causa fissuração e desplacamento no concreto, desencadeando o problema.

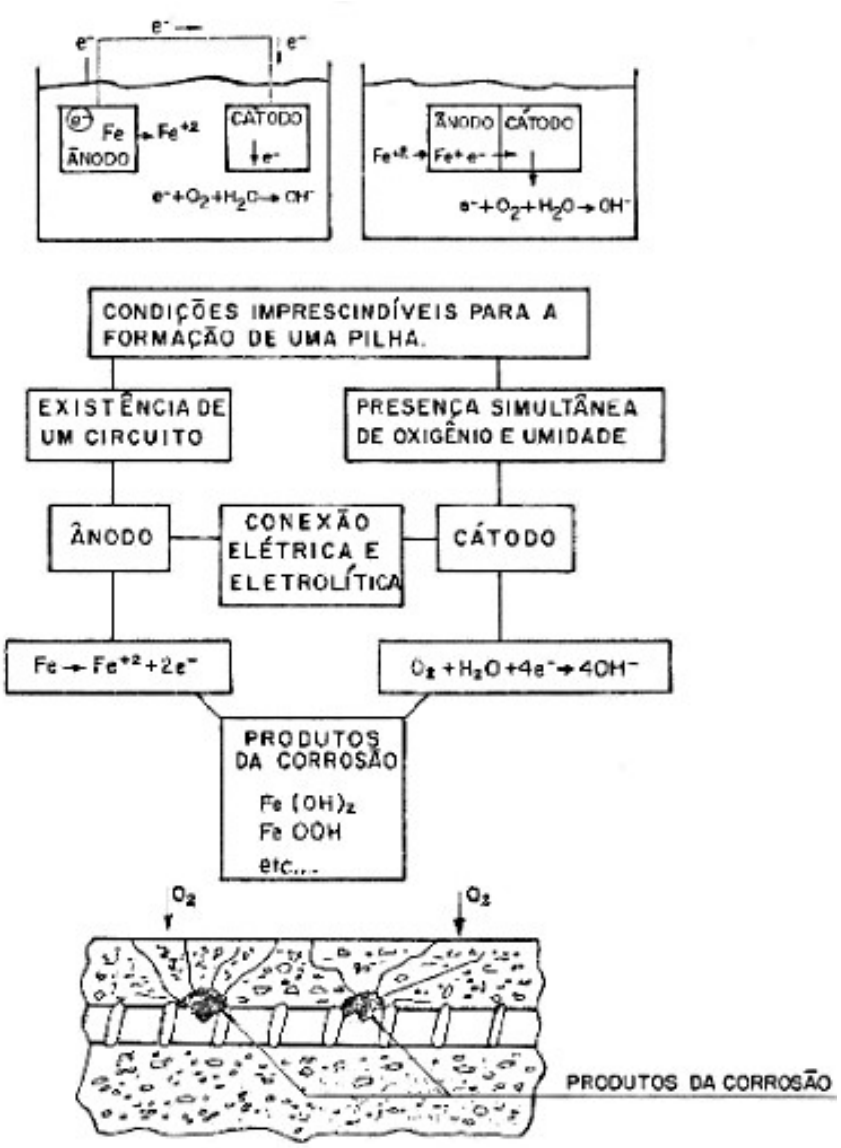
Segundo Andrade (1992), para a constituição da pilha de corrosão, é imprescindível que haja um circuito fechado e que possua a presença de umidade e oxigênio, assim então, são formados o ânodo e o cátodo que devem manter uma conexão elétrica e eletrolítica. As reações de redução e oxidação acontecem simultaneamente, resultando nos produtos da corrosão, como exemplo o Hidróxido de Ferro II ($Fe(OH)_2$) e o Hidróxido de Ferro III ($Fe(OH)_3$). Sendo o ânodo a zona despassivada da armadura, o cátodo a zona da armadura com acesso ao oxigênio, o condutor elétrico a armadura e o eletrólito o concreto. Na Figura 13 é possível ver de forma resumida o processo para a formação da pilha de corrosão.

Com este processo concluído, os íons OH^- e Fe^{2+} combinam-se para formar $Fe(OH)_2$ (ferrugem). Neste tipo de corrosão, é necessário que os materiais do ânodo e

cátodo apresentem diferentes potenciais de oxidação (tensão gerada por cada um em relação a um eletrodo neutro de referência (NASCIMENTO, 2015).

Segundo TECNOSIL (2018), a corrosão de armaduras pode levar a sérios danos estruturais. Por motivos de falha de impermeabilização, o concreto pode ser “lavado”, e isso acaba expondo as armaduras. Quando isso acontece, a estrutura corre sérios riscos de perder a sua capacidade de resistência aos esforços solicitantes.

Figura 13 – Formação da pilha de corrosão.

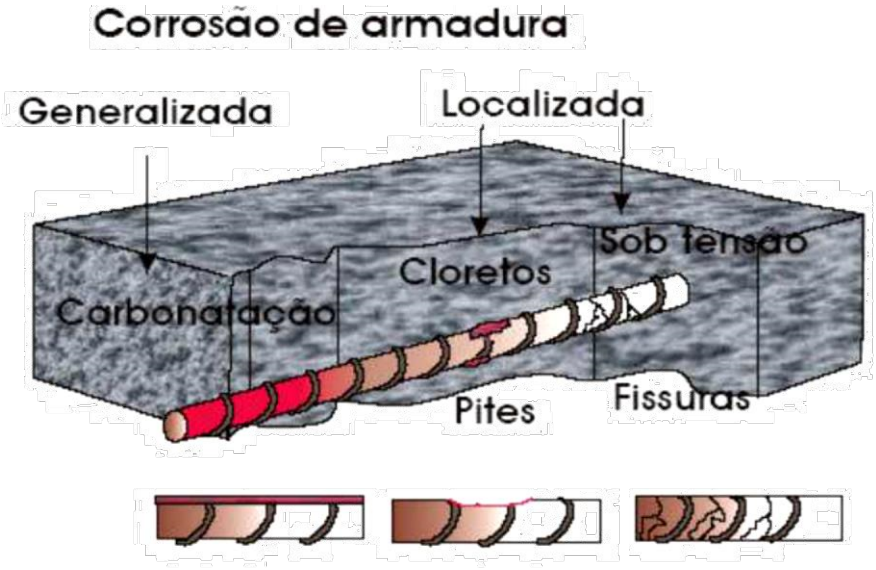


Fonte: ANDRADE, 1992.

O processo corrosivo se caracteriza por provocar a destruição do aço e, consequentemente, danos estruturais. Como explica Nascimento (2015), nas armaduras em concreto, este problema se manifesta em manchas superficiais, fissuras, destacamento do cobrimento de concreto da ferragem e perda de massa das armaduras, resultando em redução na secção de seus componentes. Para uma melhor compreensão

Cascudo (1997), faz uma análise quanto aos tipos de corrosão que podem atuar sobre a armadura do concreto, as quais podem ser visualizadas na Figura 14.

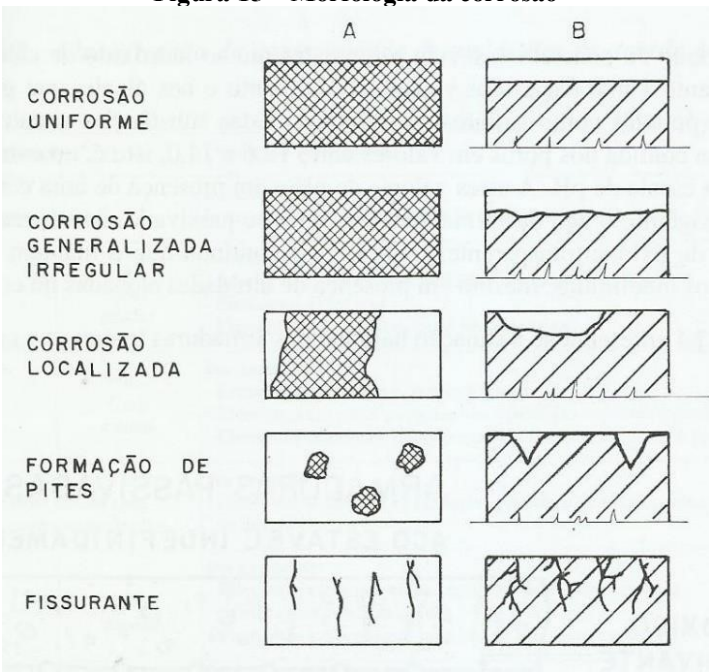
Figura 14 – Tipos de corrosão e fatores que as provocam.



Fonte: CASCUDO, 1997.

Segundo Andrade (1992), a corrosão pode ser apresentada de inúmeras formas. Sendo diagnosticadas pela extensão da área atacada, os tipos de corrosões mais encontras são: generalizada, localizada, por pite e fissurante, como podem ser observadas na Figura 15.

Figura 15 – Morfologia da corrosão



Fonte: ANDRADE, 1992.

Figueiredo e Meira (2013) explicam as diferenças da morfologia da corrosão que acontece na armadura:

> - generalizada – a reação ocorre em uma ampla área da superfície do metal. A perda de seção pode ser uniforme ou irregular. [...];
> - por pites – se caracteriza pela degradação discreta do material em pontos específicos, menos ativos do que o restante da superfície;
> - localizada – pode-se definir como sendo o meio-termo entre as corrosões generalizada e por pites. O desgaste se concentra em regiões anódicas em relação às demais e se configura como uma área mais ou menos extensa;
> - fissurante – ocorre em situações em que, além das condições adequadas para que ocorra a reação, o aço se encontra submetido a tensões de tração. Nessa situação surgem fissuras que se caracterizam na direção transversal a carga.

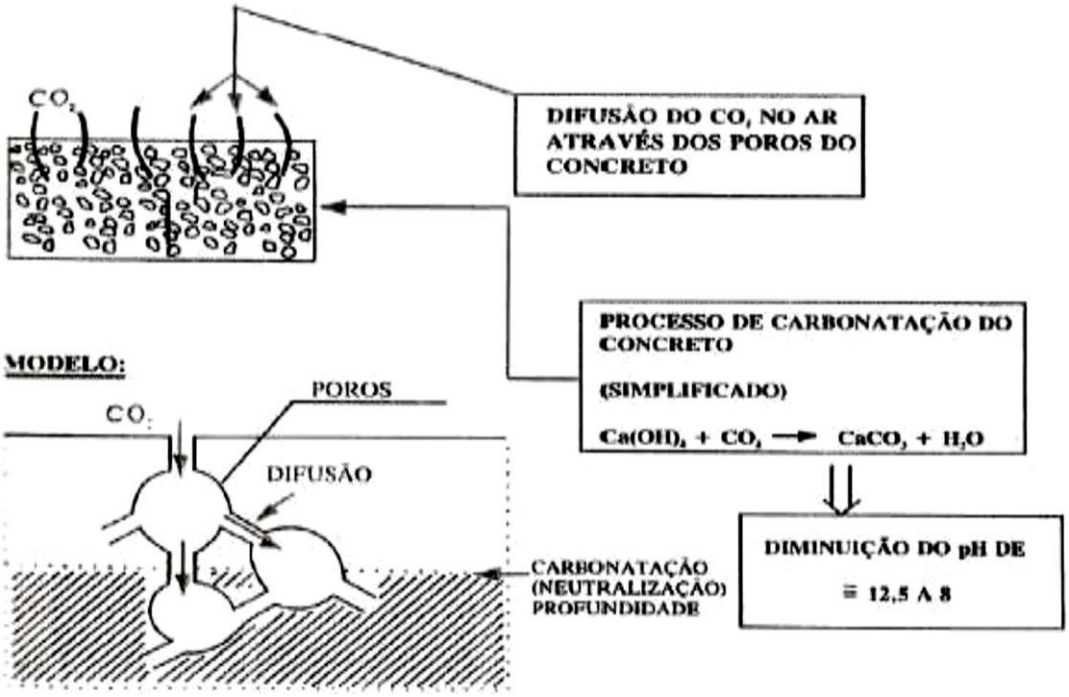
Apesar de serem classificadas como quatro a quantidade de corrosões mais frequentes nas armaduras, pode-se ainda as subdividir em duas, como demonstra na Figura 14 que são as localizadas e as generalizadas. As localizadas são caracterizadas pela ação de íons agressivos, principalmente os cloretos, sempre que haja umidade e presença de oxigênio. As generalizadas são caracterizadas pela ação da carbonatação.

Segundo Ripper e Souza (1998), a carbonatação é em suma o processo em que a ação do anidrido carbônico (CO_2) presente na atmosfera manifesta-se pelo transporte deste para dentro dos poros e fissuras do concreto sobre o cimento hidratado, onde o mesmo é dissolvido, formando o ácido carbônico (H_2CO_3), o qual reage com álcalis da solução ali presente e, principalmente, com o hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), existente na água do concreto, formando o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), como demonstra a Equação 1, e sendo melhor representado de forma mais dinâmica na Figura 16, este processo tem como fim a redução do pH do concreto quando no meio natural de passivação do concreto entre o pH de 12 e 13 para valores até inferiores a 9.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \quad (1)$$

Apesar de gerar corrosão generalizada na armadura Ripper e Souza (1998) comentam que a carbonatação para o concreto é um fenômeno benéfico, pois eleva as resistências químicas e mecânicas.

Figura 16 – Avanço do processo de carbonatação.



Fonte: FIGUEIREDO, 2005 apud POGLIALLI, 2009.

A velocidade e a profundidade de carbonatação em peças de concreto armado estão sujeitos a fatores relacionados com o meio ambiente e as características do concreto endurecido, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Principais fatores que condicionam a velocidade de penetração da frente de carbonatação.

Fatores Condicionantes		Características Influenciadas
Condições de Exposição	Concentração de CO_2	Mecanismos físico-quimico
		Velocidade de carbonatação
	Umidade relativa do ar	Grau de saturação dos poros
		Velocidade de carbonatação
	Temperatura	Velocidade de carbonatação
Características do Concreto	Composição química do cimento:	
	Características do clinquer	Porosidade da pasta carbonatada
	Teor de adições	Reserva alcalina
	Traço	Porosidade
	Qualidade de execução	
	Defeitos	Porosidade
	Defeitos Cuidados com a cura	Grau de Hidratação

Fonte: KAZMIERCZAK, 1995 apud BAZAN, 2014.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi fundamentada no trabalho realizado por Lichtenstein (1986), intitulado: “Patologia das Construções: Procedimento para Diagnóstico e Recuperação”. A conduta estabelecida para a realização do levantamento de subsídios do problema se divide em três fases, sendo elas: vistoria do local, anamnese do caso e realização de análises e ensaios.

3.1 VISTORIAS *IN LOCO*

O ponto de partida foi o levantamento da quantidade de escolas municipais em atividade na cidade, para isso, a prefeitura da cidade de Cajazeiras-PB foi procurada para auxiliar nessas informações, bem como também as secretarias do município. Posteriormente foram realizadas visitas nas escolas municipais situadas na região urbana da cidade de Cajazeiras-PB, visando registrar manifestações patológicas mais incidentes, e que prejudicam de forma considerável as edificações escolares.

Segundo dados da prefeitura, a cidade de Cajazeiras possui onze escolas municipais na zona urbana. Apesar da parceria com a prefeitura municipal, quando da realização das visitas, a cada escola visitada era solicitado a diretoria permissão para realizar as vistorias. Apenas em uma escola houve a impossibilidade da liberação e, portanto, este trabalho teve área de atuação em dez escolas urbanas.

Ao longo de 2 meses, foram realizadas várias vistorias, buscando identificar todas as manifestações patológicas presentes nessas escolas avaliadas. Nas vistorias foram realizadas análises visuais prévias, e posteriormente registros fotográficos evidenciando os pontos mais importantes para avaliação.

3.2 ANAMNESE

A próxima fase do procedimento para diagnóstico do levantamento de subsídios, foi a realização da anamnese de caso, através de um roteiro de análises sendo registrado no decorrer das vistorias nas escolas como pode ser analisado no Apêndice, tendo este roteiro a finalidade de obter um maior conhecimento sobre as edificações escolares.

O roteiro de levantamento utilizado neste trabalho buscou-se um preenchimento fácil e intuitivo, e foi dividido em quatro partes principais: identificação da edificação escolar, levantamento das principais patologias existentes nas escolas, agrupamento das patologias e a descrição das características da estrutura.

Para a avaliação dos dados obtidos no levantamento, foi utilizado um software de planilhas eletrônicas (*Microsoft Office Excel*), onde foi possível gerar gráficos e tabelas para melhor organização das informações.

Tendo realizado a compilação dos dados obtidos foi possível ter resultados sobre a situação que as escolas se encontravam. Analisando estes resultados foi perceptível que uma escola apresentaram sérios problemas patológicos, sendo essa a escola selecionada para análise.

3.3 ANÁLISES E ENSAIOS NOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

A última etapa foi a realização de análises e ensaios nos elementos construtivos, delimitados a partir das visitas *in loco* na escola selecionada. Desta forma, os ensaios realizados foram:

- monitoramento de fissuras, através de selo de gesso e fissurômetro;
- termografia infravermelha para identificação de gradientes de umidade;
- medição do pH, usando fenolftaleína, para identificação da profundidade de carbonatação.

3.3.1 MONITORAMENTO DE FISSURAS

Para avaliação das fissuras observadas, primeiramente foi necessário identificar se elas eram ativas ou passivas. Isso foi realizado a partir da utilização de selos de gessos em alguns pontos específicos da edificação, que foram monitorados durante o período de duas semanas, com a finalidade de identificar se houve ou não sua "quebra/ruptura". Em seguida, as fissuras foram caracterizadas em função de sua abertura, realizando a medição por meio de um fissurômetro.

3.3.2 ANÁLISE DE UMIDADE

A análise das manifestações patológicas ligadas a umidade presente no edifício escolar se deu por meio da Técnica de Termografia Infravermelha (TI). Antes de prosseguir com o ensaio foi preciso primeiro escolher os locais em que seriam estudados. A escolha se deu pela identificação visual dos pontos em que apresentavam sinais de umidade.

Para a realização do ensaio foi utilizado Termovisor I7 da marca FLIR®, para registro das imagens térmicas e das imagens óticas, como mostrado na Figura 17, com todos os parâmetros determinados de acordo com o especificado pelo próprio fabricante.

Figura 17 – Utilização do Termovisor I7 da FLIR®.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

3.3.3 PROFUNDIDADE DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

O primeiro passo tomado para a realização desse ensaio foi o planejamento prévio a respeito dos locais em que seriam estudados. Optou-se então por serem feitas as análises em locais que já haviam fissuras e desplacamentos de concreto, priorizando aqueles que se encontravam num processo de intensa degradação. Para se obter um melhor resultado foi decidido que seria escolhido amostras de locais diferentes com a máxima variação das condições ambientais dentro da escola.

Havendo, portanto, essas condições, os locais adotados foram: no auditório da instituição (Figura 18) e o outro, localizado na parte atrás da escola que fica próximo ao Açude Senador Epitácio Pessoa (Figura 19).

Figura 18 – Viga do auditório com armadura exposta.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 19 – Pilar fissurado escolhido para análise de carbonatação.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O próximo passo para o ensaio da profundidade de carbonatação foi a realização das aberturas nos elementos estruturais. Sendo que no caso da análise realizada no auditório não havia a necessidade de furos já que devido a corrosão da armadura e ao desplacamento do concreto a armadura da peça se encontrava exposta. Quanto no caso da análise por detrás da escola, havia a necessidade da abertura pois, apesar do pilar se encontrar fissurado, a armadura permanecia coberta pelo concreto e a abertura se deu até que se chegasse às armaduras do pilar, a fim de atingir o objetivo do ensaio. No processo de execução das aberturas os equipamentos foram utilizados ponteira, talhadeira e marreta, conforme Figura 20.

Figura 20 – Abertura com auxílio de ponteira, talhadeira e marreta.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O ensaio de determinação da profundidade de carbonatação do concreto foi executado por meio da aspersão da superfície em solução de fenolftaleína, caracterizando-se por sua mudança de coloração entre os níveis de pH 8,3 e 10, indo de incolor em zona mais neutra para o vermelho-carmim em um ambiente mais alcalino, como mostra a Figura 21. Essa mudança de coloração detecta a profundidade da frente de carbonatação.

Tendo aplicado a fenolftaleína, a profundidade da frente carbonatada foi mensurada com o auxílio de uma trena. Ao perceber que a reação já atingia a barra de

aço, não havia mais necessidade de aprofundar o ensaio além da espessura do cobrimento, significando que a corrosão no aço ocorreu, provavelmente devido a perda da camada passivadora do concreto, oriundo da redução do seu pH.

Figura 21 – Reação fenoftaleína em local não carbonatado.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma melhor organização e facilidade de interpretação dos resultados obtidos neste trabalho, os resultados foram divididos de acordo com os tópicos definidos na metodologia.

Neste trabalho foi selecionada uma amostra formada por 11 escolas municipais de Cajazeiras-PB situadas na zona urbana, em comum acordo órgãos municipais responsáveis pela administração. As escolas visitadas são todas Escolas Municipais de Ensino Infantil e Ensino Fundamental (EMEIEF), listadas a seguir:

- EMEIEF Antônio Rodrigues – CAIC, localizada na Avenida Joca Claudino, S/N, Tancredo Neves;
- EMEIEF Cecília E. Meireles, localizada na Rua: Raimundo Leite, S/N, Casas Populares;
- EMEIEF Costa e Silva, localizada na Avenida Severino Cordeiro, Nº 186, Jardim Oásis;
- EMEIEF Crispim Coelho, localizada Rua: Romualdo Rolim, Nº 186, São Francisco;
- EMEIEF Galdino Pires Ferreira, localizada na Rua: Dr. Vicente Leite, Nº 109, Capoeiras;
- EMEIEF Irmã Nirvanda Leite Rolim, localizada na Agrovila;
- EMEIEF José Leite Rolim, localizada na Rua: Antônio Fernandes da Silva, Nº 225, Vila Nova;
- EMEIEF Luiz Cartaxo Rolim, localizada na Rua: José Pedro Quirino, Nº 460, Esperança;
- EMEIEF Maria Guimarães Coelho, localizada na Rua: João Alexandre Silva, S/N, São Francisco;
- EMEIEF Matias Duarte Rolim, localizada Rua: Antônio Felix Rolim, S/N, Remédios;
- EMEIEF Vitoria Bezerra, localizada na Avenida Francisco Matias Rolim, Nº 587, Belo Horizonte.

4.1 VISTORIAS *IN LOCO*

Durante as vistorias, a patologia mais perceptível foi a presença de umidade e a manifestações patológicas ligadas a ela, sendo possível ser encontrada visualmente em vários lugares das edificações escolares, como pode ser visualizado na Figura 22 que apresenta em estruturas responsáveis pela sustentação da caixa d'água: descascamento da pintura, bolor, infiltrações e manchas escuras, e como consequência das infiltrações, armadura exposta.

As manifestações patológicas ligadas a presenças de umidade também foram visualizadas em forros de gesso, que se faziam presentes em banheiros, salas de aula e laboratórios, conforme visto na Figura 23.

Figura 22 – Manchas de mofo em uma estrutura de caixa d'agua, devido a presença de umidade.: (a) Infiltrações acarretando armadura exposta, descascamento da pintura e manchas; (b) Manchas na estrutura de sustentação da caixa d'água.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Figura 23 – Manchas de mofo no forro de gesso de uma sala de aula.

Fonte: Autoria Própria, 2018.

Outro local em que foi possível ter uma visualização das manifestações patológicas ligadas a umidade, foi em lajes e vigas externas (Figura 24) e vigas internas (Figura 25), que apresentam eflorescência, machas e em alguns casos, armaduras expostas.

Figura 24 – Manchas de mofo em lajes e vigas de uma passarela elevada, devido a infiltração da água da chuva.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Figura 25 – Presença de eflorescência e armadura exposta em viga.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

O último tipo de umidade mais incidente nas edificações escolares, foram do tipo umidade ascendente por efeito de capilaridade (Figura 26), sendo este tipo de patologia mais frequente em paredes que se fazem presente em contato direto com o solo e/ou paredes externas.

Figura 26 – Parede externa com presença de umidade ascendente oriunda do solo.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Outra manifestação patológica bastante encontrada nas vistorias realizadas nas escolas foram as fissuras, trincas, rachaduras e fendas. Sendo possível encontrá-las em diferentes elementos da edificação, dentre elas: paredes, forros de gesso, pisos, reservatórios de água, vigas, pilares, lajes e bancos de alvenaria. Nessas aberturas são originárias de fatores como: efeitos térmicos, movimentação do solo, causas estruturais, uso da edificação e crescimento das raízes das árvores.

Visualmente a maior incidência das aberturas se encontravam nos pisos, principalmente devido aos efeitos térmicos, dilatação e contração do material, acarretando a geração de fissuras, como mostrado na Figura 27. Outro exemplo recorrente em pisos foi o desgaste superficial gerado pela abrasão, mostrado na Figura 28.

Figura 27 – Fissuração em piso externo da edificação.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Figura 28 – Desgaste superficial do piso por abrasão.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Outro tipo de fissura encontrado nas escolas foram aquelas geradas no encontro de materiais diferentes, do tipo encontro do forro de gesso e a parede de alvenaria, por serem materiais que apresentam coeficientes de dilatação diferentes, como pode ser visto na Figura 29.

Figura 29 – Fissuração linear no encontro do forro de gesso e a parede de alvenaria.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Uma outra origem de aberturas nos elementos das edificações das escolas, foi devido ao crescimento da vegetação, sendo o caso mais recorrente o crescimento das raízes das árvores. Apesar do caso mais recorrente desse tipo de patologia ser encontrado nos pisos externos dos prédios escolares, o caso que mostra na Figura 30 foi o local onde houve o maior dano gerado pelo crescimento das raízes.

O maior risco de danos físicos gerados pelas instalações prediais das escolas, se deram nas patologias apresentadas nas instalações elétricas, tendo sido encontrado principalmente fiações expostas e disjuntores danificados, como pode ser visto nas Figuras 31 e 32.

Figura 30 – Aberturas no banco de alvenaria devido ao crescimento das raízes.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Figura 31 – Junção improvisada da fiação elétrica.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Figura 32 – Fiação elétrica exposta acima do reservatório de água.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

Outro ponto observado na vistoria foram os defeitos nos telhados das edificações, gerando infiltrações dentro do ambiente escolar em períodos chuvosos, além de insolação, principalmente no período da tarde (Figura 33).

Figura 33 – Telhado apresentando pequenos espaçamentos entre algumas telhas, ocasionando goteiras em períodos chuvosos.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.

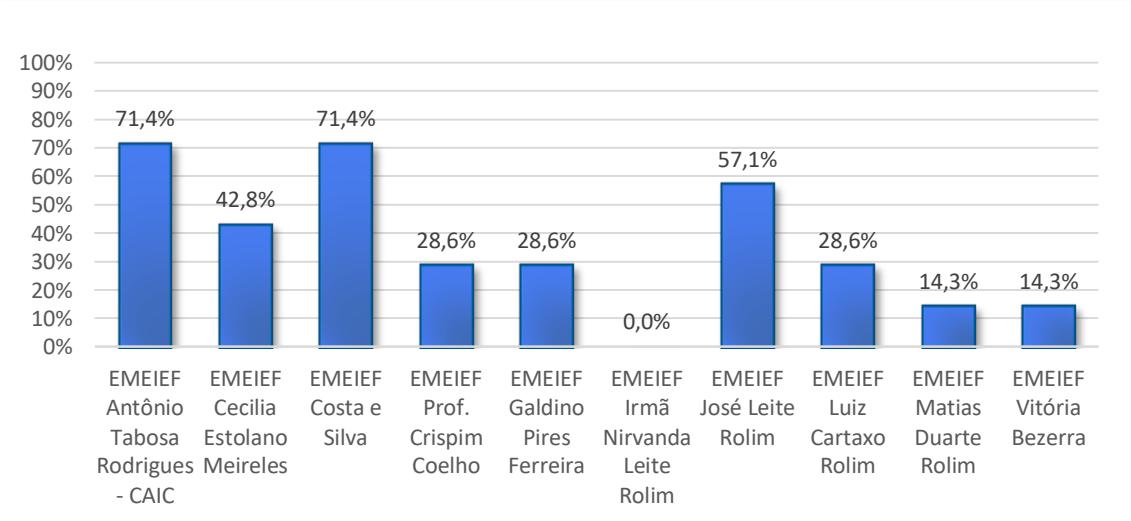
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Com a anamnese nos prédios escolares foi possível criar um banco de dados das manifestações patológicas apresentadas nas escolas de Cajazeiras-PB, apresentando esses resultados em forma de gráficos com a finalidade de uma melhor compreensão.

Apresentando no Gráfico 1 a porcentagem média no grupo das patologias nas estruturas em todas as escolas da rede municipal. Analisando-o pode-se perceber que a EMEIEF Antônio Tabosa Rodrigues – CAIC e a EMEIEF Costa e Silva apresentam os maiores índices (71%) de manifestações, enquanto o menor índice pertence a EMEIEF Irmã Nirvanda Leite Rolim (0%), isso significa que a primeira escola apresentou 5 dos 7 problemas analisadas no roteiro de análise.

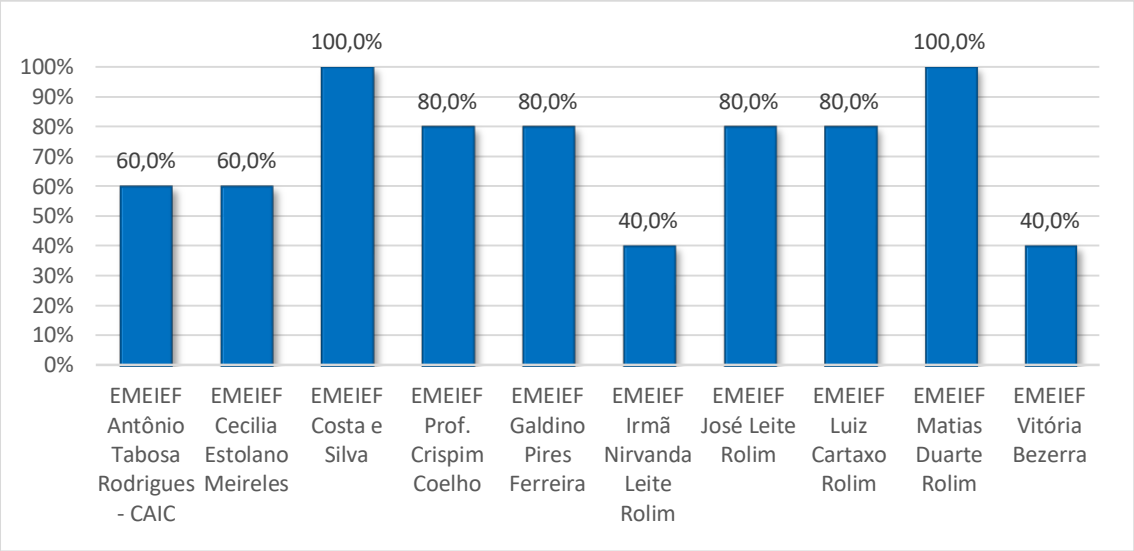
Quanto ao Gráfico 2, ele representa a porcentagem média no grupo das manifestações patológicas situadas nas alvenarias de todas as escolas municipais de Cajazeiras-PB, onde pode-se analisar que a EMEIEF Costa e Silva e a EMEIEF Matias Duarte Rolim apresentam os maiores índices (100%), e quanto ao menor índice pertence a EMEIEF Irmã Nirvanda Leite Rolim (40%).

Gráfico 1 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas as estruturas.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Gráfico 2 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas as alvenarias.

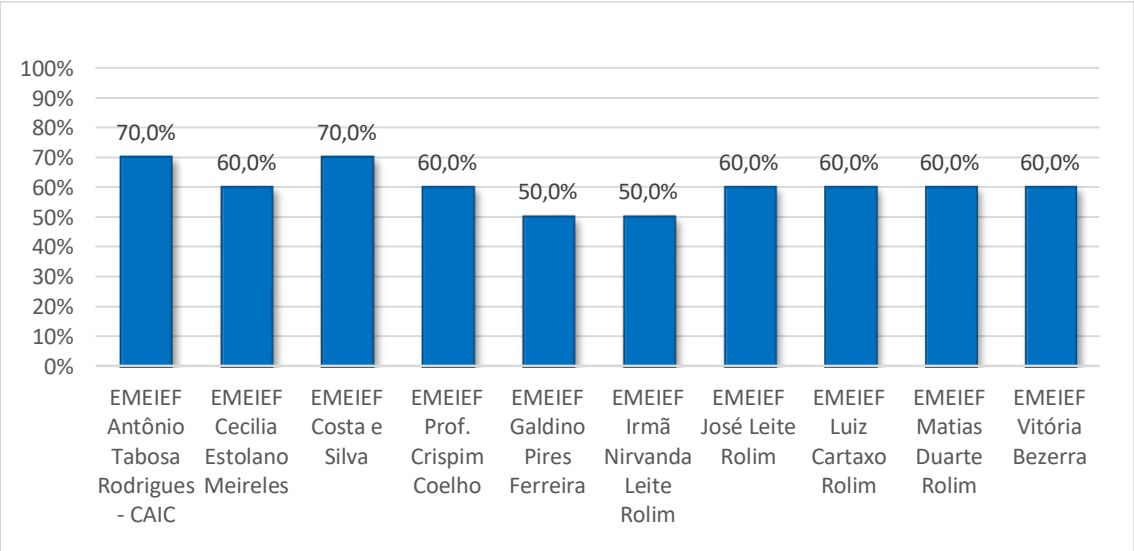


Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

No Gráfico 3, apresenta-se a porcentagem média do grupo das patologias presentes nos revestimentos de todas as escolas municipais de Cajazeiras-PB.

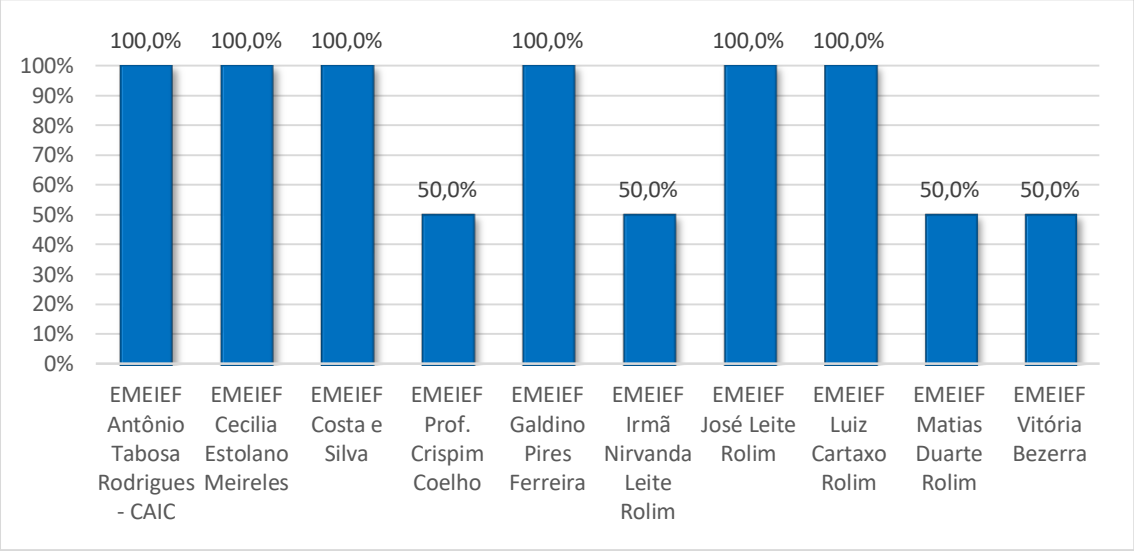
O Gráfico 4 apresenta a média de todas as escolas quanto à presença das manifestações patológicas nos elementos construtivos devido a ineficiente impermeabilização, gerando problemas originados nos efeitos da umidade. Foi o responsável por apresentar os índices mais alarmantes, contendo as maiores médias dos grupos levantados nos roteiros de análises.

Gráfico 3 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas aos revestimentos.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Gráfico 4 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas a ausência de impermeabilização adequada.

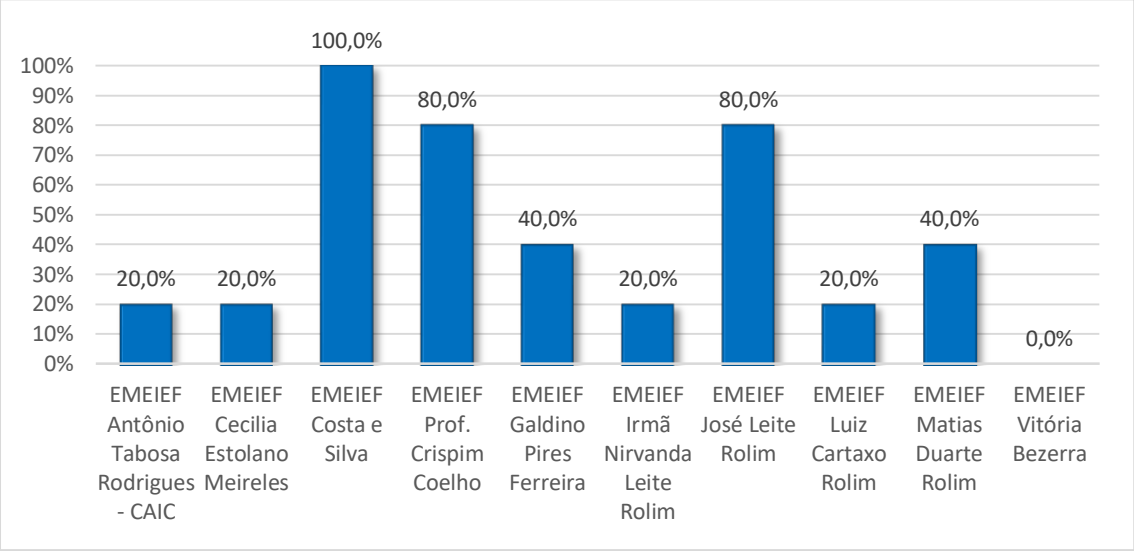


Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Analisando no Gráfico 5, a porcentagem média no grupo das patologias ligadas a problemas nas instalações hidráulicas e de gás de escolas da rede municipal, pode-se perceber que a EMEIEF Costa e Silva apresenta o maior índice (100%), e quanto ao menor índice pertence a EMEIEF Vitória Bezerra (0%).

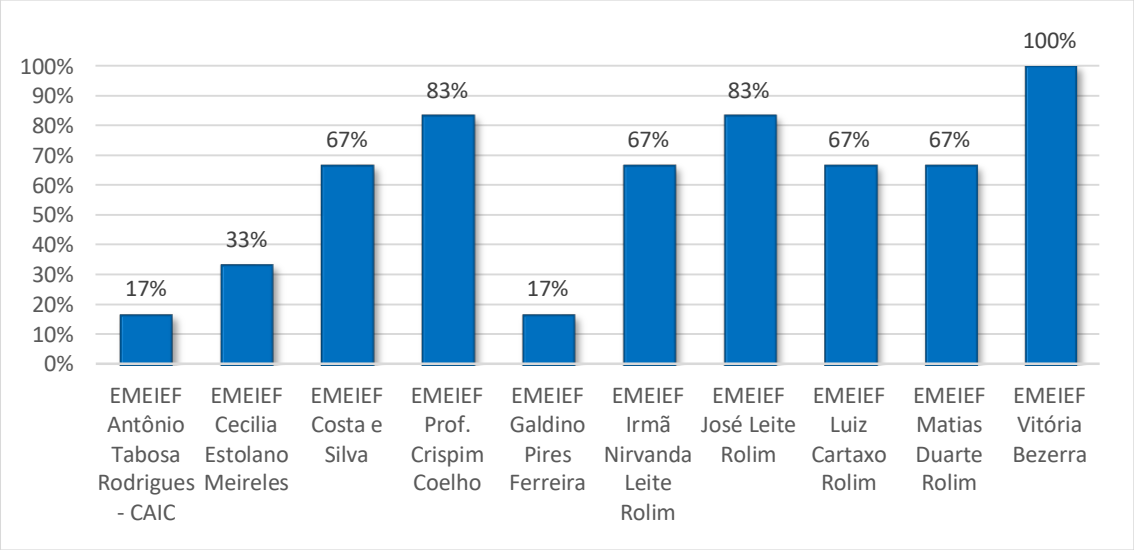
O Gráfico 6 apresenta a média do grupo das patologias associadas às instalações elétricas de todos os prédios escolares da rede municipal de Cajazeiras-PB, tendo como resultado a EMEIEF Vitória Bezerra com índice de 100% dos itens analisados do grupo das instalações elétricas, comprovando assim as análises visuais feitas nas vistorias, quando foi perceptível a presença de vários defeitos na rede elétrica da edificação.

Gráfico 5 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas às instalações hidráulicas/instalações de gás.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Gráfico 6 – Porcentagem média em todas as escolas da presença de patologias ligadas às instalações elétricas.



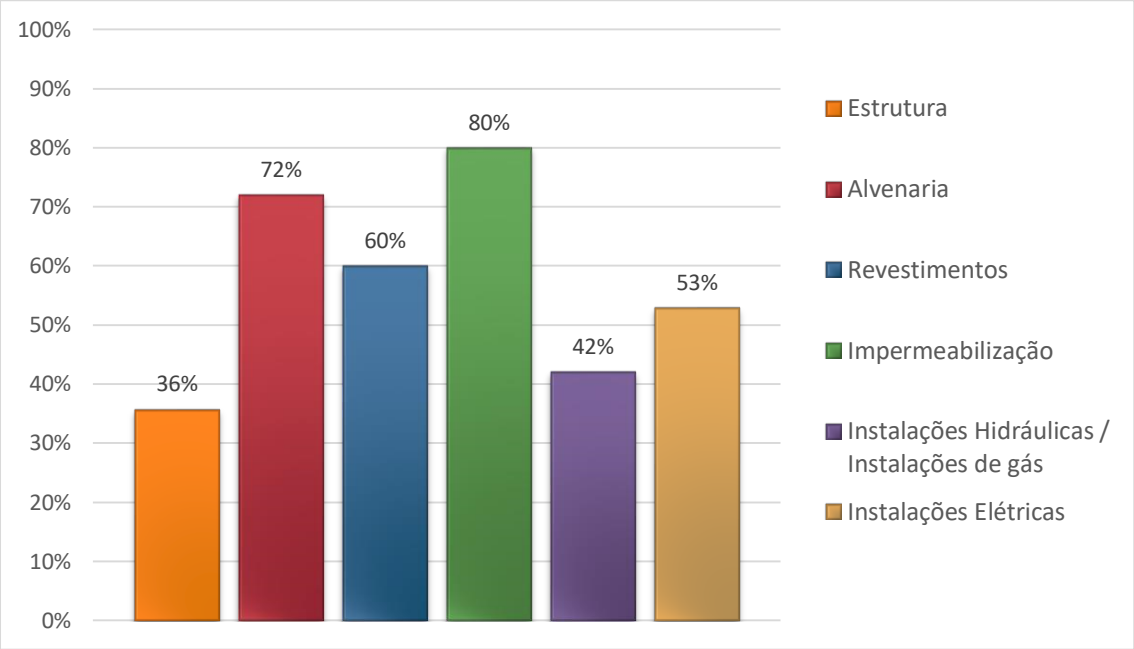
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Em posse dos dados médios de cada grupo dividido por escolas como particionado no roteiro de análises ~~e~~ para uma melhor visualização geral sobre os grupos foi realizada uma distribuição de acordo com as porcentagens médias de cada grupo de patologias em todas as escolas analisadas, a qual pode ser analisada no Gráfico 7.

Analisando os resultados, pode-se notar que o grupo de patologias ligadas à estrutura apresentam uma média de 36% de presença nas escolas; no grupo de patologias na alvenaria, existem presença em 66% das escolas; quanto ao grupo de revestimento, 60% das patologias estão presentes nas escolas; o maior índice de

ocorrência das patologias geradas pela ausência de impermeabilização adequada, teve como resultado 80% de presença nas escolas; o grupo das patologias nas instalações hidráulicas/gás apresenta-se em 42% das escolas, enquanto que o grupo das instalações elétricas apresenta-se em 53%.

Gráfico 7 – Porcentagem média em todas as escolas de presença dos itens analisados pelo roteiro de análises patológicas.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Apesar de apresentar o menor índice médio de presença nas escolas, as patologias do grupo das estruturas são a de maior relevância visto que possui a responsabilidade de sustentação de toda a edificação.

Duas escolas apresentaram o maior índice médio na incidência da presença das manifestações patológicas ligadas à estrutura, conforme mostrado no Gráfico 1, entretanto, em conjunto com a vistoria *in loco* e os roteiros de análise, a escola que apresentou qualitativamente a maior necessidade de avaliação das patologias foi a EMEIEF Antônio Tabosa Rodrigues – CAIC.

4.3 ESTUDO DE CASO

O estudo foi realizado na EMEIEF Antônio Tabosa Rodrigues – CAIC e os resultados são apresentados na mesma sequência apresentada na revisão bibliográfica.

4.3.1 PATOLOGIAS DEVIDO A MOVIMENTAÇÕES DE ORIGEM TÉRMICAS OU ESTRUTURAIS

O primeiro ponto de análise da abertura se deu em uma parede externa do prédio escolar, sendo apresentada nas Figuras 34 até a Figura 37, as quais expõem o mesmo local, tendo como mudança o ponto de observação da fissura com o intuito de uma melhor representação. A Figura 34 expõe o comprimento em que essa abertura se encontra na parede, iniciando da parte mais baixa da parede até o seu topo, aumentando a sua espessura a medida que caminha em direção ao topo da parede. Patologia possível de ter ocorrido devido a deslocamentos diferenciais entre as paredes que se cruzam, prejudicada ainda mais, devido à falta de travamento entre as fiadas de alvenaria, constituindo uma região de "junta a prumo".

Na Figura 35 pode-se perceber que a fissura vai ganhando espessuras maiores a medida que vai chegando ao topo da parede, sendo possível uma visualização que atravesse a parede, proveniente da ruptura de sua massa.

Na Figura 36, foi realizado então a verificação da espessura da parede no ponto de altura média da parede, tendo como resultado uma espessura maior que 3 mm, lembrando que como citado na revisão bibliográfica a abertura que estiver acima de 1,5 mm caracteriza-se aquela abertura como fenda.

Quanto à avaliação desta fissura, passados 14 dias da aplicação do selo de gesso no retorno à escola para verificação da movimentação da fissura, pode-se perceber que não houve nenhum tipo de movimentação, tratando-se, portanto, de uma fissura passiva. (Figura 37).

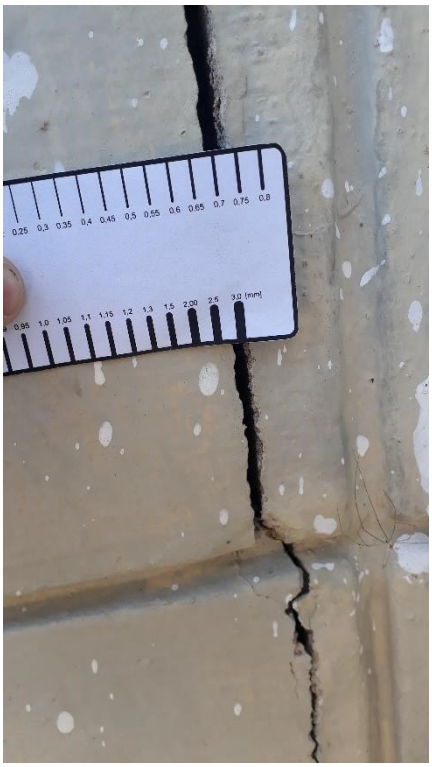
Figura 34 – Comprimento da fissuração em parede externa do prédio escolar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 35 – Elevada espessura da abertura no topo da parede.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 36 – Verificação da espessura da fenda localizada em parede externa do prédio escolar.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

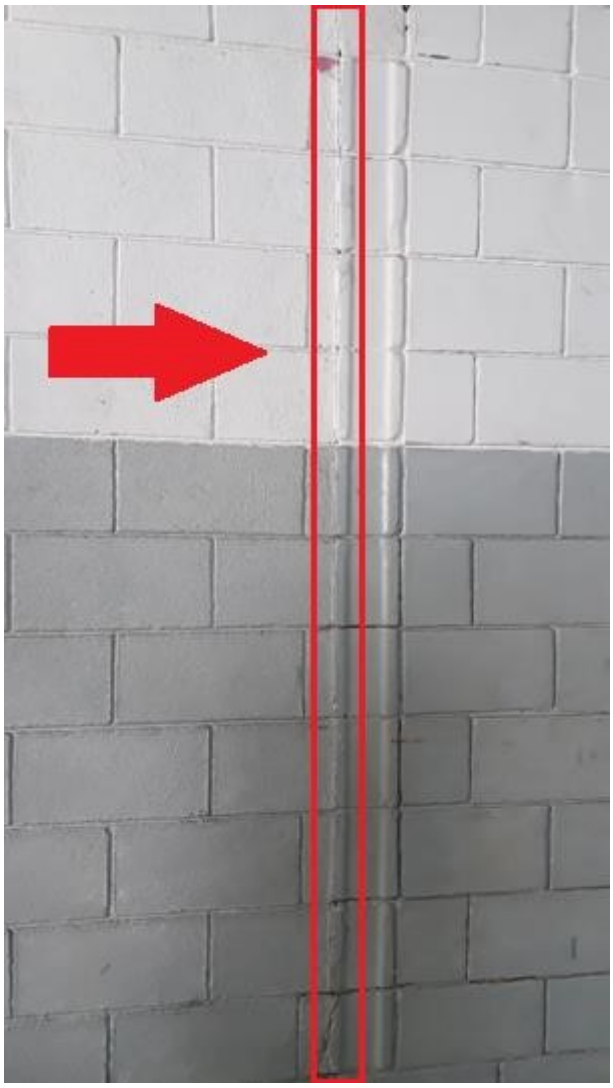
Figura 37 – Verificação da movimentação da fenda em parede externa do prédio escolar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O segundo caso do monitoramento das fissuras, no intuito de localizar alguma fissuração na parte interior da escola, foi analisado uma fissura localizada no auditório.

Na Figura 38 é possível analisar o comprimento que essa fissura possui, se encontrando da parte mais baixa da parede até a o encontro com a laje. Tendo como característica a pequena variação na sua espessura e seguindo a prumada do encontro de da fiada de blocos assentadas de maneira diferentes.

Figura 38 – Comprimento da fissuração em parede do auditório escolar.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Na Figura 39 apresenta-se o estudo quanto à determinação da espessura da abertura, e a sua classificação. Com o auxílio do fissurômetro pode-se defini-la com a espessura de 0,95 mm localizada abaixo do selo de gesso, caracterizando-a como uma trinca.

Tendo passado 14 dias da aplicação do selo de gesso, foi verificado o comportamento da fissura, e como não houve geração de fissuras no selo pode-se concluir que se trata de uma fissura passiva.

Figura 39 – Verificação da espessura e comportamento da fissura.

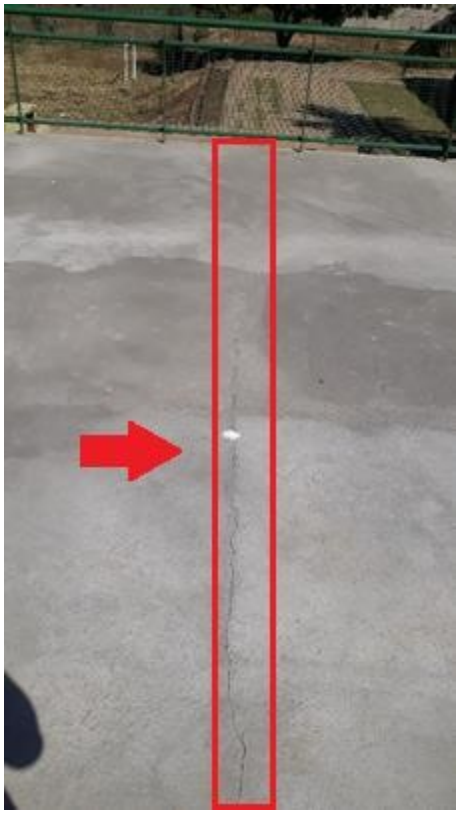
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Realizando um estudo sobre o contra piso de uma abertura localizada sob uma laje, verifica-se que essa abertura tinha como característica o seu comprimento que se estendia linearmente de uma ponta a outra do piso, como mostra a Figura 40. Esta fissura caracteriza-se como sendo uma junta de dilatação devido a variação térmica que a laje está sofrendo.

Na Figura 41 foi obtido o resultado de que se trata de uma fissura ativa, ainda está sofrendo movimentações em relação à sua espessura. Essa movimentação é característica de regiões externas onde há a presença de grandes gradientes térmicos durante o dia, temperaturas mais altas durante a manhã e temperaturas mais baixas durante a noite, causando dilatação e retração do revestimento de piso, respectivamente.

Em relação a espessura dessa abertura, foi analisado conforme pode ser observado na Figura 42, que a mesma possui espessura de 0,95 mm. Sendo caracterizada como uma trinca.

Figura 40 – Extensão da fissura localizada sob a laje.

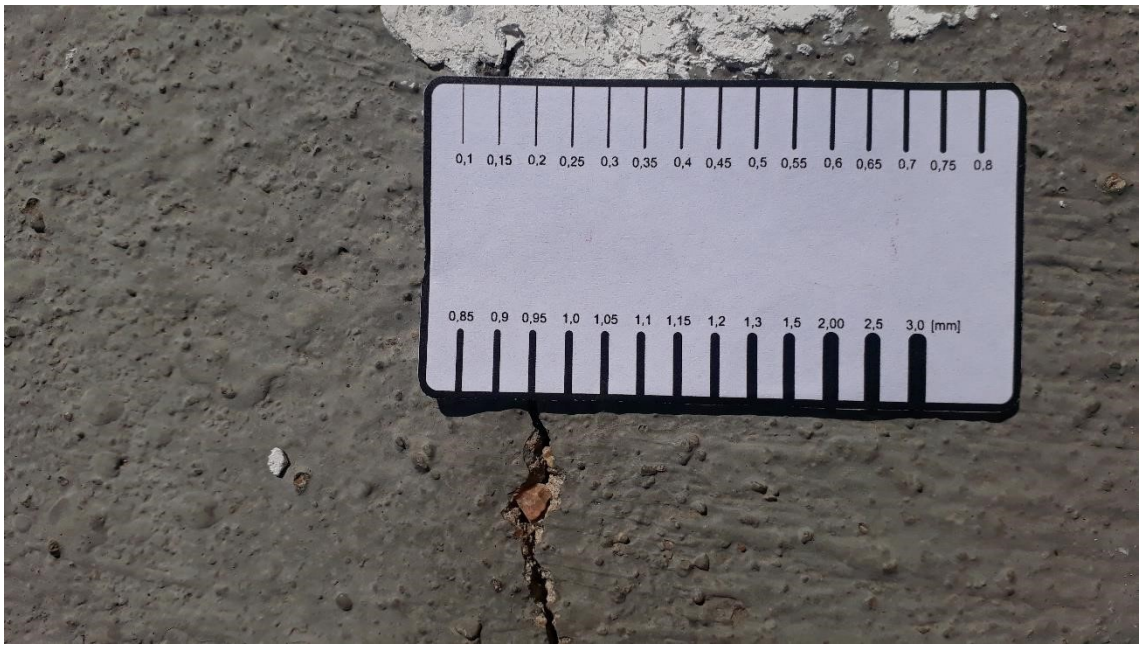


Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 41 – Fissura ativa devido a variação térmica.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 42 – Espessura média da fissura localizada sob a laje.



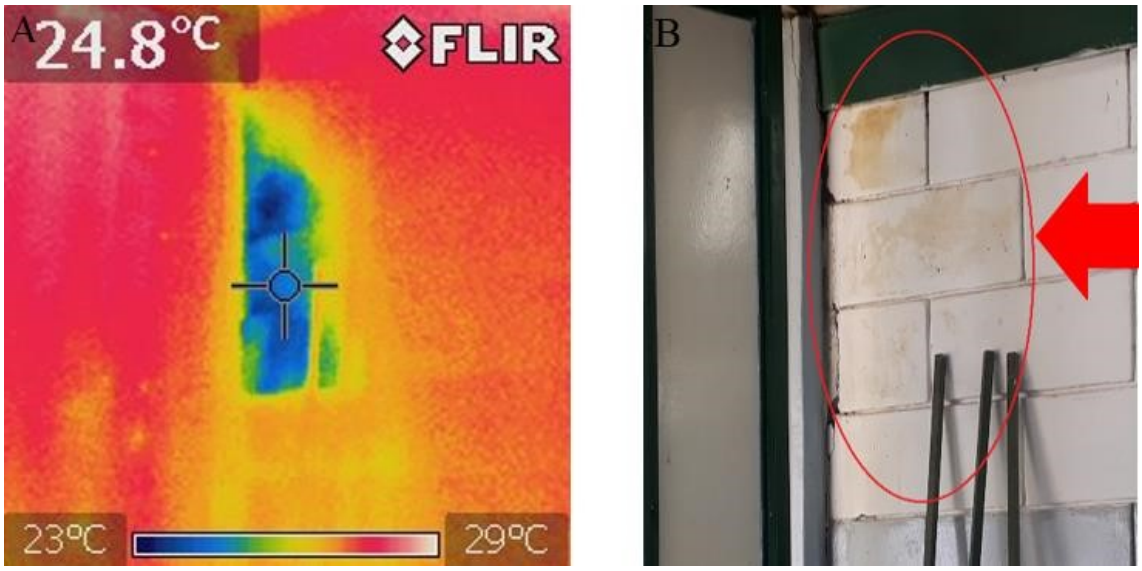
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

4.3.2 PATOLOGIAS DEVIDO A PRESENÇA DE UMIDADE

Através do ensaio de umidade utilizado o Termovisor foi identificado a presença de alguns pontos de umidade no edifício escolar. A exposição dos resultados desse ensaio, com o intuito de uma melhor organização e entendimento sobre a situação do estudo, segue a tabulação das imagens sendo uma figura capturada na imagem térmica e em paralelo uma figura do registro fotográfico do mesmo local.

O primeiro e segundo estudo se deu no auditório escolar, onde foram detectados sinais de umidades. O primeiro estudo pode ser visto na Figura 43, apresentando manchas de umidade localizada na parte superior da parede e tem sinais de infiltrações do pavimento superior e como fica muito próximo da janela essa patologia pode ter sido em decorrência de águas pluviais.

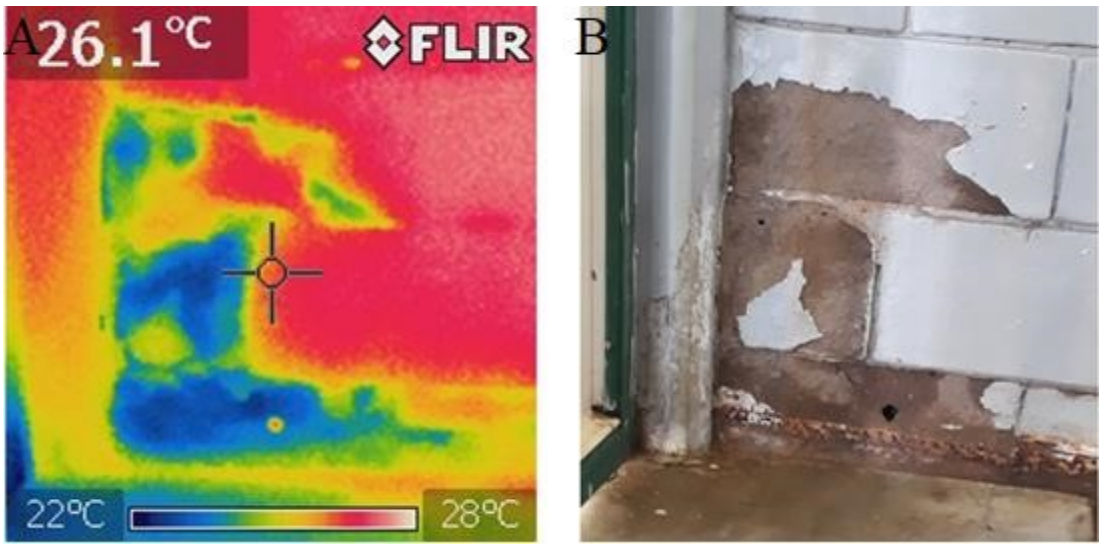
Figura 43 – Infiltração de água na parte superior da parede do auditório: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) presença de manchas devido umidade.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O segundo estudo no auditório, se localiza na parte inferior da parede, como pode ser visto na Figura 44, evidenciada pela imagem do termovisor que apresenta a presença de uma temperatura inferior ao do restante da parede. Pode resultar também que nesse caso acontece umidade ascendente, a qual se dá pelo efeito da capilaridade.

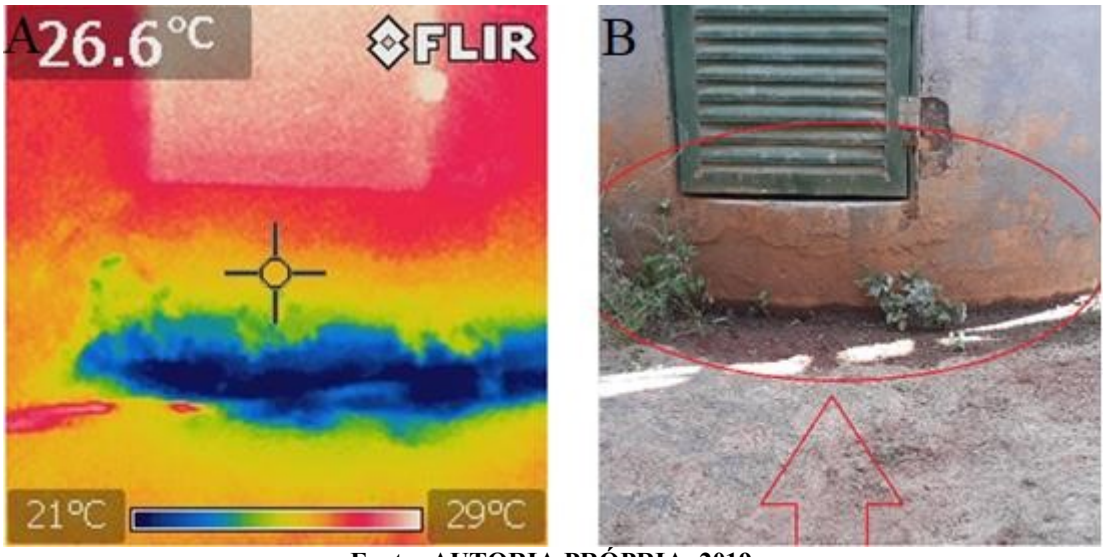
Figura 44 – Infiltração de água na parte inferior da parede do auditório: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) descascamento da pintura e do emassamento, como também infiltrações devidas à umidade ascendente.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O terceiro estudo de umidade foi localizado numa estrutura de caixa d´água conforme a Figura 45, onde há a presença de umidade advinda do solo, pelo efeito da capilaridade.

Figura 45 – Infiltração de água na parte inferior do reservatório de água: (a) imagem termográfica indicando região úmida; (b) descascamento da pintura e do emassamento, como também infiltrações devidas à umidade ascendente.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

4.3.3 PATOLOGIAS DEVIDO A CORROSÃO DAS ARMADURAS

O primeiro local a ser realizado o ensaio da carbonatação do concreto se deu no pilar localizado próximo ao ginásio da escola, onde houve a quebra do concreto até que

chegasse a armadura da peça, tendo aplicado a solução de fenolftaleína e como esperado, pelo seu elevado grau de deterioração, verifica-se que não houve alteração da coloração do concreto, salvo alguns pontos isolados, e, portanto conclui-se que toda a área se encontrava carbonatada, como pode ser visto na Figura 46.

Figura 46 – Pilar localizado por detrás da escola, carbonatado.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Na Figura 47, pode ser analisado um pedaço do concreto que destacou durante a quebra da peça. Pode-se observar que parte da armadura tinha sofrido o processo de corrosão e houve redução da seção transversal da armadura.

Figura 47 – Pedaço de concreto do pilar localizado por detrás da escola com parte da seção transversal da armadura do pilar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Como o ensaio de carbonatação tem como foco principal analisar a profundidade da frente de carbonatação, e como o concreto que fazia contato direto com a armadura estava carbonatado foi preciso realizar a análise do cobrimento do pilar, tendo como espessura de aproximadamente 3 cm (Figura 48).

Figura 48 – Cobrimento do pilar localizado por detrás da escola.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Tendo agora como ponto de ensaio um pilar interno da edificação localizado em um corredor, foi aplicado a fenolftaleína, e como esperado devido à exposição da

armadura e a fissuração em que o pilar se encontrava, que não houve alteração da coloração, no local de aplicação, dessa forma comprovando que já se encontra carbonatado. Havendo uma exceção localizado na parte inferior do pilar, como pode ser visto na Figura 49.

Figura 49 – Carbonatação em pilar localizado no corredor do prédio escolar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Seguindo o roteiro da metodologia foram analisadas as vigas do prédio escolar. Analisando a viga central do auditório da escola e como esperado devido a armadura se encontrar exposta e ao baixo cobrimento das vigas de apenas 1 cm, com elevado grau de fissuração da peça, quando aplicada a fenolftaleína pode-se comprovar que em torno da armadura o concreto estava carbonatado, conforme Figura 50.

Figura 50 – Viga central do auditório, com armadura exposta e concreto carbonatado.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

As lajes foram os últimos elementos estruturais analisados pelo ensaio da carbonatação. No auditório da escola, foi analisada uma laje com cobrimento de apenas 1 cm, conforme pode ser visto na Figura 51 e 52, que não houve alteração da coloração do elemento, caracterizando assim a região analisada como carbonatada e que a laje está sofrendo pelo processo da corrosão de sua armadura.

Figura 51 – Laje localizada em auditório com presença de fissuras e armadura exposta.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Figura 52 – Região de laje do auditório encontra-se carbonatada e com descascamento da pintura.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

4.3.4 PATOLOGIAS DEVIDO AO DESGASTE SUPERFICIAL DO CONCRETO

Na vistoria do edifício foram notificados alguns pontos em que haviam o desgaste superficial do concreto, principalmente sob o piso, já que uma característica particular desse prédio escolar perante os demais é que o piso se trata de placas de concreto armado.

Durante a vistoria foram analisados diversos pontos em que o piso está tendo essa manifestação patológica. Como mostra a Figura 53, em que pode ser observado um exemplo da parte interna da edificação.

Figura 53 – Desgaste superficial do concreto na parte interna do edifício escolar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Outros exemplos de lugares em que há o desgaste superficial do concreto no piso pode ser observado na Figura 54.

Figura 54 – Desgaste superficial de piso de concreto armado: (a) piso localizado na parte externa do prédio escolar; (b) piso localizado no interior da escola.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Um outro ambiente em que se faz presente o desgaste superficial, foi na quadra poliesportiva da escola, destacando-se principalmente a fissuração e o desgaste da pintura, como pode ser observado na Figura 55.

Figura 55 – Desgaste superficial do piso da quadra poliesportiva escolar.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

4.3.5 PATOLOGIAS DEVIDO AO ENRAIZAMENTO DAS ÁRVORES

Outro tipo de manifestação patológica encontrada na escola em estudo foram as patologias devido ao enraizamento das árvores, em que muitas das vezes podem gerar danos a estruturas ou deformações nos elementos construtivos da edificação. O caso em que se fez presente foi a elevação do piso na área externa do prédio escolar, conforme observado na Figura 56.

Figura 56 – Elevação do piso devido ao crescimento das raízes da árvore.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Na Figura 57 é possível mensurar o desnível gerado pelo crescimento das raízes da árvore localizada entre o corredor externo e a edificação.

Figura 57 – Medição da elevação do piso devido ao crescimento das raízes.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo revelou dados e informações das manifestações patológicas presentes nas escolas da rede municipal de Cajazeiras-PB. Os resultados referem-se apenas às escolas atendidas na rede municipal urbana.

Conforme as vistorias nas edificações escolares foram identificadas algumas manifestações patológicas, que consistem na sua maioria em: manchas, eflorescências, mofos e bolores, fissuras, trincas e rachaduras, desgaste superficial do concreto, corrosão na armadura dos elementos estruturais, interruptores danificados, descascamento da pintura, defeitos em alvenaria, dentre outros. Vale salientar que a maior parte desses problemas se manifestou devido à presença de umidade.

Quanto à anamnese, pode ser gerado um banco de dados com as informações coletadas pelo roteiro de análises e constatou-se que apesar do baixo índice pluviométrico anual de Cajazeiras-PB, as manifestações patológicas mais recorrentes entre as escolas analisadas se faziam ligadas a ausência de uma impermeabilização adequada, tendo como a segunda manifestação patológicas mais recorrente, os problemas em alvenarias.

Com os resultados das vistorias e da anamnese das escolas municipais, foi então escolhida a escola EMEIEF Antônio Tabosa Rodrigues – CAIC como estudo de caso deste trabalho. Por meio das análises realizadas pode-se comprovar que a maioria dos danos que ocorreram nos elementos construtivos poderiam ser minimizados caso houvesse um efetivo controle periódico de manutenção preventiva e de reparo. Foi concluído que era necessário uma série de reparos a serem realizados afim de minimizar os danos sobre a edificação.

Dadas as informações geradas por este trabalho, seria oportuno que houvesse um desenvolvimento formal do setor da construção civil e do meio científico no sentido de gerar mais trabalhos desta natureza, corroborando com a finalidade de melhorar os níveis atuais de durabilidade e vida útil das edificações escolares.

Importante lembrar que a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de danos em edificações são fundamentais para o processo de produção e uso destas. Permitem conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas, o que tende a melhorar a qualidade geral das edificações e otimizar a aplicações dos recursos, principalmente em obras públicas.

Por fim, cabe salientar, que mesmo ocorrendo melhorias nas técnicas construtivas e o emprego de materiais de construção com maior controle de qualidade, ainda se observa um grande número de edificações apresentando patologias das mais variadas espécies. Porém, um programa eficiente de inspeção/manutenção constante assegura a durabilidade das edificações, permitindo determinar prioridades para as ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS-ABENDI. **Ensaios não destrutivos e inspeção (s.d.)**. Disponível em: http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=709&c=17&s=&friendly=. Acesso em 29 ago. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Estruturas de concreto armado - procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12815:** Concreto endurecido – determinação do coeficiente de dilatação térmica linear – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12817:** Concreto endurecido – determinação do calor específico – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12820:** Concreto endurecido -determinação da condutividade térmica – método de ensaio. Rio de Janeiro: 2012.

AMARAL, Gabriel Martins; FREIRE, Guilherme Giorgi Jácomo. **Uso da termografia infravermelha na identificação de umidade em elementos de vedação de edifícios**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2017.

AMBROSIO, T. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004. Disponível em: http://docplayer.com.br/15610720-Patologia-tratamento-ereforco-de-estruturas-de-concreto-no-metro-de-sao-paulo.html. Acesso em 20 ago. 2019.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado:** análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ASSIS, Fernando Fernandes; RABELO, Guilherme Quintino. **Fissuras por movimentação térmica em estruturas de concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharela em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2013.

BAZAN, G. C. G. **Análise do cobrimento e carbonatação em obras de arte especiais no estado de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

BRASIL ESCOLA. Principais manifestações patológicas encontradas em edificação. S.d. Disponível em: https://monografias.brasilescola.uol.com.br/engenharia/principais-manifestacoes-patologicas-encontradas-em-uma-edificacao.htm. Acesso em 15 set. 2019.

CÁNOVAS, M. Fernándes. **Patologia e terapia do concreto armado.** Tradução de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988.

CASCUDO, Osvaldo. **O controle da corrosão das armaduras em concreto.** Inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Pini, 1997.

COUTINHO, A. Sousa. **Fabrico e propriedades do betão**. Vol. I. 2. ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil 1988. 602 p.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre:** recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988.

DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado:** análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

FARIAS, R. F. **Corrosão das armaduras do concreto:** mecanismos e controle. Dissertação (Mestrado) - USP, São Paulo, 1992.

FIGUEIREDO, Enio P.; MEIRA, Gibson R. Corrosão das armaduras das estruturas de concreto. **Boletim técnico ALCONPAT Internacional.** Vol. 6, México, 2013.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manutenção para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 2ª ed., 1992.

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

HIRT, Bruno Francisco. **Manifestações patológicas em obras de escolas públicas estaduais do Paraná**. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DO PARANÁ - IBAPE-PR. Inspeção e Manutenção Predial. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar, Paraná, 2016. Disponível em https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/inspecao-e-manutencao-predial.pdf. Acesso em 20 ago. 2019.

LICHTENSTEIN, Norberto B. Patologia das construções. **Boletim Técnico**. Vol. 6, p. 86, 1986.

LIMA, Flávia Roberta Roque. **Levantamento de patologias na alvenaria:** fissuras, eflorescências e umidade. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade Pitágoras, Londrina, 2017.

LIMA, R. C. A. de; SILVA FILHO, L. C. P. da; CASONATO, C. A. Melhorando o comportamento do concreto de alto desempenho (HPC) em altas temperaturas. **Revista Materiales de Construcción**. Vol. 53, N. 271-272, Madrid-Espanha, 2003.

MACHADO, A. de P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono.** São Paulo: Pini, 2002.

MEDEIROS, Giovana. **Métodos de ensaios não destrutivos para estruturas de concreto.** 2010. Disponível em https://www.cimentoitambe.com.br/metodos-de-ensaios-nao-destrutivos-para-estruturas-de-concreto/. Acesso em 29 ago. 2019.

MEHTA, P K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto:** microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

MENDONÇA, Luís Viegas; AMARAL, Miguel M. do; CATARINO, Pedro Soares. **A termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios**. Lisboa, 2010. Disponível em: http://www.spybuilding.com/private/admin/ficheiros/uploads/6b0dca6c9e15cc51dc73bde0562a31d5.pdf. Acesso em 29 ago. 2019.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco - PR.** Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná: Paraná, 2010.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante do. Corrosão em armaduras de concreto. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**. UNIT-ALAGOAS, vol. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago. 2013.

OLIVEIRA, L. C. de; MAZER, W.; MEDEIROS, A. Monitoramento de fissuras e trincas combinado com teste de carga em uma residência unifamiliar construída sem projetos de engenharia**.** *In:* Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018. **Anais.** Disponível em http://www.ibapepr.org.br/wp-content/uploads/cbpat2018-monitoramento-de-fissuras-e-trincas-combinado-com-teste-de-carga-em-uma-residncia-unifamiliar-construida-sem-projetos-de-engenharia-leonardo-covatti.pdf. Acesso em 12 ago. 2019.

POGLIALLI, F.S.J. **Durabilidade de estruturas de concreto em usinas siderúrgicas**. Monografia. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. **Revista Técnico-Científica CREA-PR** (Online), vol.1, p. 1-18, 2013. Disponível em: http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/viewFile/14/10. Acesso em: 07 set. 2019.

RIPPER, Thomaz; SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

SILVA FILHO, L. C. P da; HELENE, P. **Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração**. Rio Grande do Sul: IBRACON, 2011.

SILVA, Igor Sousa; SALES, Juscelino Chaves. **Patologias ocasionadas pela umidade:** estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA. Cinpar, João Pessoa - PB, 2013.

TECNOSIL. Corrosão de armadura: o que causa e como amenizar esse dano? 2018. Disponível em: <http://www.tecnosilbr.com.br/conteudo/?p=110>. Acesso em: 18 jun. 2018.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios:** causas, prevenção e recuperação. 1.ed. São Paulo: Pini/EPUSP/IPT, 1989.

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Editora Sagra, 1991.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife: IBAPE, 2003. 58 p.

VITÓRIO, A. **Manutenção e gestão de obras de arte especiais**. VII Encontro Nacional das Empresas de Arquitetura e Urbanismo, Pernambuco, 2005.

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

APÊNDICE

Roteiro de Análises Patológicas.

EDIFICAÇÃO ESCOLAR: _____

NÚMERO DE CADASTRO: _____ SIGLA: _____

BAIRRO: _____ IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL: _____

SISTEMAS CONSTRUTIVOS E INSTALAÇÕES	ANOMALIAS TÉCNICAS	OBSERVAÇÕES
Estrutura	( ) Trincas	
	( ) Armadura exposta	
	( ) Baixo cobrimento da armadura	
	( ) Carbonatação	
	( ) Eflorescência	
	( ) Formação de estalactites	
	( ) Bicheiras	
Alvenaria	( ) Desaprumo	
	( ) Espessura < ou >	
	( ) Falta de esquadro	
	( ) Desalinhamento	
	( ) Fora do nível	
Revestimentos	( ) Desuniformidades	
	( ) Desagregação	
	( ) Descascamento	
	( ) Caimentos	
	( ) Empolamentos	
	( ) Enrugamentos	
	( ) Bolhas/crateras	
	( ) Trincas	
	( ) Falta de rejuntes	
	( ) Falta de aderência	
Impermeabilização	( ) Infiltrações	
	( ) Deterioração da proteção mecânica	
Instalações Hidráulicas / Instalações de gás	( ) Aberturas / Fechamentos	
	( ) Captação pluvial insuficiente	
	( ) Escoamento deficiente	
	( ) Vazamentos	
	( ) Corrosão	
Instalações Elétricas	( ) Ausência de sinalização	
	( ) Disjuntor desliga	
	( ) Fiação exposta	
	( ) Quadros com fundo de madeira	
	( ) Disjuntor superior à carga de desarme	
	( ) SPDA	

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2018.