MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM REGIÕES LITORÂNEAS

Enéas Pinto Neto[1], Leonardo Fanticelli Crespo[1], Otávio Gava Giuriato[1], Pedro Junior Zucatelli[2]

[1]Acadêmicos de Engenharia Civil – Multivix São Mateus (ES)
[2]Doutor/Engenheiro de Petróleo/ Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Entende-se por construção em concreto armado a utilização conjunta de concreto e aço, apesar do surgimento de novos métodos construtivos, este, ainda domina as edificações do Brasil. Apesar da evolução do setor da construção civil, ainda é muito comum a realização de obras sem o devido cumprimento das normas e sem o mínimo de acompanhamento técnico, seja por questões econômicas ou desconhecimento do que tal escolha pode gerar. As manifestações patológicas se encontram presentes em edificações de diversos portes e regiões, gerando desconforto aos usuários e comprometendo o desempenho da estrutura, isto se torna mais frequente e intenso em ambientes agressivos, como o marinho. O presente trabalho buscou estudar uma edificação que se encontra demasiadamente próxima a costa marítima apresentando anomalias em suas estruturas com o objetivo de encontrar a origem e as causas dos processos e compreender de que modo ocorrem na estrutura, a partir disto encontrar o melhor método para deter as reações, recuperando a estrutura e garantindo que não ocorra novamente, bem como apresentar medidas a serem tomadas para novas construções expostas em ambientes semelhantes.

Palavras-chave: manifestações patológicas; estruturas de concreto armado; ambientes agressivos.

ABSTRACT

Reinforced concrete construction is understood as the combined use of concrete and steel. Despite the emergence of new construction methods, the latter still dominates buildings in Brazil. Despite the evolution of the construction sector, it is still very

common to carry out works without due compliance with standards and without the minimum technical monitoring, whether for economic reasons or lack of knowledge of what such a choice can generate. Pathological manifestations are present in buildings of various sizes and regions, causing discomfort to users and compromising the performance of the structure. This becomes more frequent and intense in aggressive environments, such as the sea. That said, this study sought to study a building that is located too close to the coast and presents anomalies in its structures with the objective of finding the origin and causes of the processes and understanding how they occur in the structure. From there, find the best method to stop the reactions, recovering the structure and ensuring that it does not occur again, as well as present measures to be taken for new buildings exposed to similar environments.
Keywords: Pathological manifestations, reinforced concrete structures, aggressive environments.

1 INTRODUÇÃO

O concreto armado foi um imenso avanço na construção civil, divisor de águas para a sofisticação de estruturas e avanços de estudos que proporcionam métodos inovadores, tornando possível realizações de obras de artes, tais como as do brasileiro e mundialmente famoso arquiteto, Oscar Niemayer.

Segundo Botelho e Marchetti (2018) a pedra era o principal material dos antigos, usada para a construção de moradia, vencer vão de rios ou construção de templos para adoração de deuses. Ficou nítido a eficácia de seu uso: a pedra era durável e resistia bem aos esforços de compressão (quando usada como pilar). Entretanto no caso de ser usada para vencer vãos de médio porte (pontes, como exemplo), surgiam forças superiores ao qual o material mostrava-se resistir, no caso, a tração.

Com a limitação dada a necessidade de encontrar pedras naturais para seus empreendimentos o homem inventou o concreto (que pela mistura feita com cimento, pedra, areia e água, resulta em uma pedra artificial), todavia, as propriedades mecânicas eram semelhantes: boa resistência à compressão e ruim à tração. Com o novo obstáculo surgiu um conceito: usar um material resistente à

compressão na parte comprimida (concreto) e um resistente a tração na parte tracionada (aço), surgindo assim o concreto armado.

De acordo com Rocha (2015) durante sua vida útil as construções ficam expostas às intempéries, agentes que agridem a estrutura alterando suas propriedades, por conseguinte reduzindo o desempenho no qual fora projetada.

Dada a necessidade de esclarecer o que ocorre na vida útil da estrutura, surgiu um novo campo de estudos no qual busca entender os motivos das manifestações patológicas, chamado de patologias do concreto armado (Silva, 2018).

> Designa-se, genericamente por Patologia das estruturas esse novo campo da engenharia das construções que se ocupa das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (Souza; Ripper,1998, p.14).

Análogo a medicina, o termo patologia significa doença, porém, com o estudo voltado a análise das alterações que ela provoca. Partindo de tal perspectiva o engenheiro passou a estudar as origens das manifestações patológicas (diagnosticar o problema). Estudando os mecanismos e consequências de tais manifestações, buscando prever como o problema evoluiria e quais seriam as consequências (elaborar os prognósticos). Em seguida buscou tratamento para as causas do problema de modo a corrigi-lo definitivamente (indicar terapias), ainda, desenvolveu sistemas de proteção que impedissem sua ocorrência (profilaxia das edificações), como cita Rocha (2015).

Apesar da evolução dos materiais e das técnicas de construção, as manifestações patológicas estão se tornando cada vez mais presentes nas construções. Segundo Lottermann (2014) as patologias são grandes responsáveis por comprometer a vida útil das edificações, principalmente as estruturais.

Em questões financeiras, vários estudos têm demonstrado a importância de considerar a durabilidade da estrutura de modo a gerar economia nos gastos do setor. Em países da Europa tais gastos podem chegar à metade do valor destinado à construção, como demonstrando na Tabela 1.

Tabela 1 – Detalhamento dos gastos com construções nos países.

País	Gastos com novas construções	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construções
França	€ 85,6 Bilhões (52%)	€ 79,6 Bilhões (48%)	€ 165,2 Bilhões (100%)
Alemanha	€ 99,7 Bilhões (50%)	€ 99,0 Bilhões (50%)	€ 198,7 Bilhões (100%)
Itália	€ 58,6 Bilhões (43%)	€ 76,8 Bilhões (57%)	€ 135,4 Bilhões (100%)
Reino Unido	€ 60,7 Bilhões (50%)	€ 61,2 Bilhões (50%)	€ 121,9 Bilhões (100%)

Nota: Todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se referem a 2002

Fonte: Ueda e Takewaka (2007 *apud* Medeiros; Andrade; Helene, 2011, p.3)

De acordo com Helene et al. (1992) geralmente as manifestações patológicas dispõem de um caráter evolutivo, ou seja, uma vez iniciado tendem a se agravar continuamente. Portanto, tendo em vista que o custo aumenta no decorrer do tempo, quanto antes for detectado e iniciado as medidas de correção na estrutura, maior será a facilidade e eficiência da recuperação e consequentemente menor será o custo, como é citado por Sitter (1984 *apud* Anselmo et al., 2016).

Segundo Andrade e Silva (2005), é importante salientar que a deterioração da estrutura sempre ocorrerá devido a ação do tempo e agentes agressivos presentes no ambiente, porém a rapidez no qual estão surgindo é preocupante.

A deterioração precoce está ligada a diversos fatores, entre eles estão: a classe de agressividade do ambiente, projeto mal elaborado, materiais de baixa qualidade, execução incorreta e falta de manutenção. Segundo Souza e Ripper (1998) o “ambiente influencia demasiadamente sobre a estrutura e as regiões litorâneas são extremamente nocivas à estrutura, estão dentre uma das classes de agressividade mais fortes”, como traz a NBR 6118 da ABNT (2014, p. 221.).

Devido à alta ocorrência da problemática em tal regiões, é de suma importância realizar estudos nas edificações que apresentam anomalias, tendo em vista que a situação pode gerar adversidades além do desconforto visual, no qual expõe a saúde e o risco de vida das pessoas.

Ao executar uma estrutura de concreto tem como expectativa que a mesma seja duradoura, de modo que resista as condições ambientais da região previstas na fase de projeto, garantindo a segurança, estabilidade e desempenho durante sua vida útil, como cita a NBR 6118 da ABNT (2014).

A NBR 8681 da ABNT (2003) diz que as estruturas devem ser projetadas para que possuam uma vida útil de no mínimo 50 anos. Entretanto, nem todas atendem as expectativas da norma, portanto, dar-se-á necessidade estudá-las de modo a compreender as causas e seus mecanismos, com finalidade de corrigir, impedir o avanço e prevenir para que não ocorra novamente.

A abordagem do tema tem como objetivo geral expor o agravante de tal situação através de uma pesquisa bibliográfica e análise em campo, explorando as possíveis causas e propondo estratégias de intervenção. Supõe-se que a causa da deterioração precoce advém predominantemente da proximidade à costa marítima, consequentemente, a edificação sofre ataques intensos e contínuos de cloretos, os quais causam a despassivação do aço e propiciam o processo de corrosão, como cita Nadalini e Bispo (2017). A intervenção vem em conseguinte à identificação da causa e a severidade das manifestações, a partir da confirmação da suposição pretende-se apresentar um método corretivo de tal forma a deter o processo, bem como impedi-lo que ocorra novamente.

O estudo foi realizado nas estruturas de uma Empresa em Guriri localizada na cidade de São Mateus – ES (Imagem 1).

Imagem 1 - Empresa em Guriri localizada na cidade de São Mateus

Fonte: Google Earth Pro, 2020.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

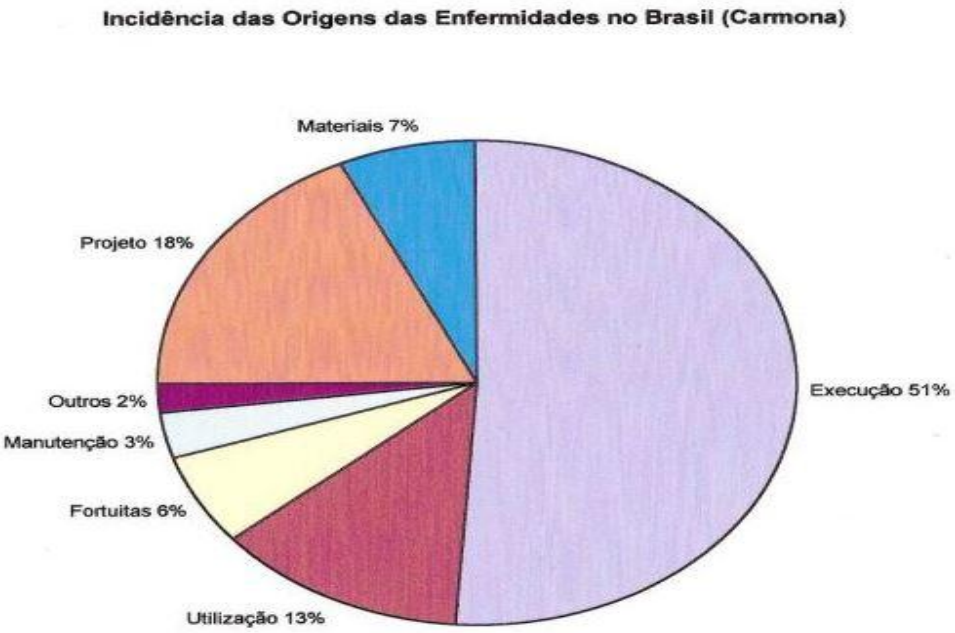
2.1 PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As manifestações patológicas, como cita Rocha (2015), podem surgir devido a diversas causas na estrutura de concreto armado, estes motivos são inicialmente diagnosticados pela aparência que é gerada, entretanto, normalmente as estruturas apresentam sintomas muito semelhantes ainda que a origem seja distinta. Esta variável diante dos sinais torna o estudo patológico uma área complexa dentro da engenharia, tornando necessário na maioria dos casos uma avaliação mais aprofundada.

Ainda segundo Rocha (2015), mesmo com o avanço da tecnologia e dos processos construtivos, a construção é feita substancialmente da mão de obra humana, onde os materiais são manipulados por funcionários as vezes não tão capacitados quanto necessário. Junto a isto inclui-se o aumento da complexidade dos projetos arquitetônicos, cuja visando o design aumenta, na maioria das vezes, a dificuldade de execução. O conjunto destes fatores é responsável pela maioria dos motivos causadores de enfermidades (manifestações patológicas) encontradas nas construções no Brasil.

O Gráfico 1 a seguir demonstra os motivos das patologias nas obras, a execução se destaca, porém, comumente aparece aliada a outros motivos diretores, como falha na elaboração do projeto ou a utilização para fins não mensurados.

Gráfico 1 - Principais origens de patologias no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011 *apud* Andrade, 2018).

Segundo análise de Rocha (2015) diversos estudos fomentam a grande variabilidade nas causas dos problemas em estruturas, responsabilizando-se por isto os diferentes climas entre regiões, métodos construtivos, qualificação da mão de obra, qualidade dos materiais, falhas de projeto e a utilização. Ainda que as causas sejam diversas, na maioria dos casos poderiam ser evitadas, como um investimento maior na contratação de mão de obra qualificada e execução de um bom projeto, bem como um responsável técnico competente para averiguação das normas a serem seguidas e certificação de execução correta no canteiro de obras.

Como cita Brito (2017) apenas mediante a apuração dos dados obtidos através de uma análise bem executada é possível compreender os motivos que causaram as adversidades, possibilitando a aplicação da correta solução do problema, seja recuperação, proteção ou prevenção.

Helene (1992) explica que as manifestações patológicas se originam a partir de um mecanismo, e que o avanço para situações graves engloba dois ou mais fatores que se juntam e agem em paralelo, deteriorando a estrutura a ponto de tornar-se necessário uma intervenção

2.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS

As estruturas de concreto suportam e garantem a segurança da construção, funcionam análogo ao esqueleto do corpo humano, no qual oferece estabilidade e apoio aos demais órgãos para que possam trabalhar em conjunto formando um único elemento geral, portanto, é de extrema importância o seu correto dimensionamento e execução.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nos traz diretrizes que devem ser seguidas para que se garanta o ideal comportamento da estrutura. Dentre elas a NBR 6118 da ABNT (2014, p.221) explica que o desempenho em serviço da estrutura e a durabilidade são requisitos de qualidade para a estrutura de concreto, cuja o desempenho “consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada”. E a durabilidade “na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.”

Existem classificações de agressividade de acordo com o meio, estruturas expostas a ambientes considerados agressivos requerem cuidados especiais desde o projeto à manutenção.

Dentre as situações em que a estrutura está sujeita a agressividade mais acentuada, está a localização próxima ao litoral. A NBR 6118 (2014) apresenta um as classes de agressividade de acordo com o ambiente em que a construção está localizada (Quadro 1).

Quadro 1 - Quadro com as classes de agressividade ambiental.

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

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

Diante avaliação do ambiente é de responsabilidade do projetista estrutural aplicar as precauções de modo a garantir a integridade da estrutura.

É importante salientar que embora a exposição em qualquer ambiente seja capaz de deteriorar o concreto, há importantes diferenças de acordo com a classificação dos agentes agressivos, tendo em vista onde maior for a agressividade do meio, mais rápido e intenso será o processo de deterioração, como cita Corsini (2013).

Nascimento (2015) fomenta a ideia de que a vida útil do concreto armado está ligada diretamente à sua capacidade de resistir ao ambiente em que se encontra, onde, variam de não agressivo a altamente agressivos.

A estrutura se encontra em região de baixa agressividade quando está inserida em ambiente seco, visto que há a necessidade de água para desencadear o processo. De mesmo modo, ambiente demasiadamente saturados são insignificativamente hostis ao concreto armado, em virtude da necessidade de oxigênio para que o processo de corrosão ocorra. Também se inclui estruturas submersas, em ambientes fechados e região rural devido ao baixo teor de poluentes, como citado por Nascimento (2015)

Ainda segundo Nascimento (2015), o ambiente se torna mais agressivo em regiões urbanas, em decorrência do índice de umidade elevado, bem como a alta variação de temperatura, considerando-se na classe intermediaria, ainda, se agrava em grandes centros urbanos devido a alta concentração de impurezas, como a fuligem ácida e o óxido de enxofre.

Entre os ambientes mais agressivos estão regiões sob a atmosfera marítima e zonas industriais, estes locais podem ser expostos a ciclos de molhagem e secagem, podendo haver ingresso de água carregada de elementos químicos agressivos para estrutura, bem como gases e cinzas derivados de processos industriais, como dito por Corsini (2013).

2.3 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Segundo Cremonini (2018) o diagnóstico das patologias caracteriza-se pela identificação e descrição das causas, mecanismos, natureza e origem dos defeitos. Entretanto descobrir as principais causas não é simples, Tutikian e Pacheco (2013) citam que para a realização desta etapa não deve ser realizada de maneira imediata, e sim resultado da consideração de todo processo evolutivo do caso.

Construções classificadas em ambientes de alto grau de agressividade como em regiões litorâneas, apresentam características semelhantes. Segundo Andrade (2018) a patologia mais custosa e danosa na construção civil é a corrosão do aço nas estruturas.

Segundo Rocha (2015) além da função de resistir à compressão, devido à alta alcalinidade o concreto protege o aço contra a corrosão, pois passiva a armação na sua superfície impedindo a dissolução do ferro. Souza e Ripper (1998) concluem que um concreto de boa qualidade a corrosão ocorre muito lentamente, e sempre que o pH se encontrar superior a nove, é garantido a proteção do aço.

Entretanto, de acordo com Silva (2018), além da variação da qualidade e defeitos na execução devido a mão de obra, o próprio processo de solidificação da massa de concreto pode deixar meios de ligação externo-interno. Como cita Silva (2018), o concreto possui vazios internos devido à evaporação da água durante o processo de cura e a presença de bolhas de ar. Estes poros podem formar uma ligação com o meio externo permitindo a entrada de água, gases e substâncias agressivas ao aço. Portanto, os mecanismos que agridem a estrutura encontram através destes vazios o espaço que necessitam para atuarem.

Dentre os principais agressores às estruturas diante ambientes altamente agressivos estão a carbonatação e o ataque de íons cloretos, como cita Reis (2001).

Segundo Nadalini e Bispo (2017) o ataque por íons cloreto age causando uma ruptura local da camada passivadora devido à alta concentração da substância presente na atmosfera marítima, os íons são transportados através do vento e impregnam na superfície da estrutura. Com a presença da água (pela precipitação, por exemplo) ocorre o processo de transporte para o interior da estrutura através dos poros e fissuras, e ao atingir a armadura inicia-se o processo de corrosão.

Silva (2018) salienta que a corrosão da armadura em razão ao ataque de cloretos é um dos mecanismos mais sérios e intensos que podem ocorrer nas estruturas de concreto armado, refletindo na diminuição da vida útil da construção. Explica ainda que o processo causa diminuição da seção do aço, reduzindo a aderência aço/concreto e consecutivamente a capacidade resistiva do elemento.

A confirmação do fenômeno pode ser inicialmente percebível pelo surgimento de manchas marrom alaranjadas. Pelo fato de a corrosão causar reações internas expansivas, pode ocorrer a desagregação do concreto e destacamento da camada de cobrimento, entretanto, caso haja bastante umidade e as reações sejam constantes, os óxidos podem se esvair através dos poros na massa de concreto, apresentando somente as manchas.

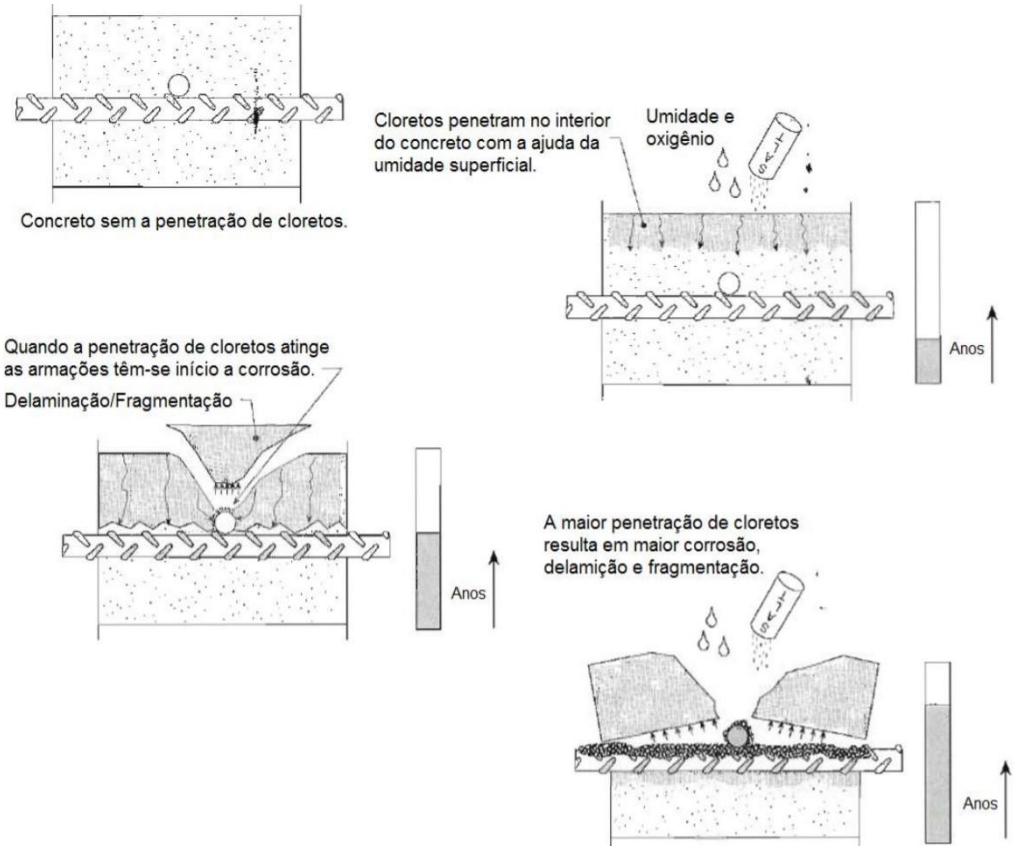
Portanto, embasado substancialmente na norma do DNIT 084/2006 – ES que limita a perda de resistência da barra em 10%, cria-se critérios em relação ao aço:

> Se a perda de seção da barra for de até 10%, inicialmente deve-se efetuar uma limpeza correta em toda base, criando uma superfície aderente e marcando as áreas não deterioradas ou não aderidas. Em seguida, retira-se todo o concreto, para que se possa fazer a limpeza da barra e revesti-la com tintas anticorrosivas, e por fim preencher novamente a seção com um novo concreto. Entretanto, se a perda for maior que 10%, corta-se a parte da barra danificada, repõem-se com uma nova e amarra-a a um trecho íntegro da barra antiga (Nascimento, 2015, p.186).

É importante expor, em concordância com Silva (2018), que as fissuras ocasionadas devido à corrosão da armadura, além de afetarem visualmente a estrutura gerando insegurança aos usuários, favorecem o próprio processo de corrosão, intensificando e dando velocidade à reação devido ao aumento da exposição da armadura.

Em sequência a Imagem 2 representa o avanço do ataque de íons cloretos desde a penetração à corrosão da armadura.

Imagem 2 - Processo de ataque por íons cloretos no concreto armado



Fonte: Emmons, 1998 – adaptado por Rocha, 2015.

Outro processo responsável por permitir a corrosão do aço é a despassivação por carbonatação do concreto, mais intenso em atmosferas localizadas nos centros urbanos e industriais, como ressalta Reis (2001).

A carbonatação é um processo que ocorre no concreto. Silva e Cabral (2011) revelam que entre as principais substâncias danosas ao concreto armado está o dióxido de carbono. Anselmo et al. (2016) citam que tal processo age lentamente intensificando-se com o tempo, penetrando da superfície para o interior progressivamente, tendo sua velocidade variando pelo ambiente em que está exposto.

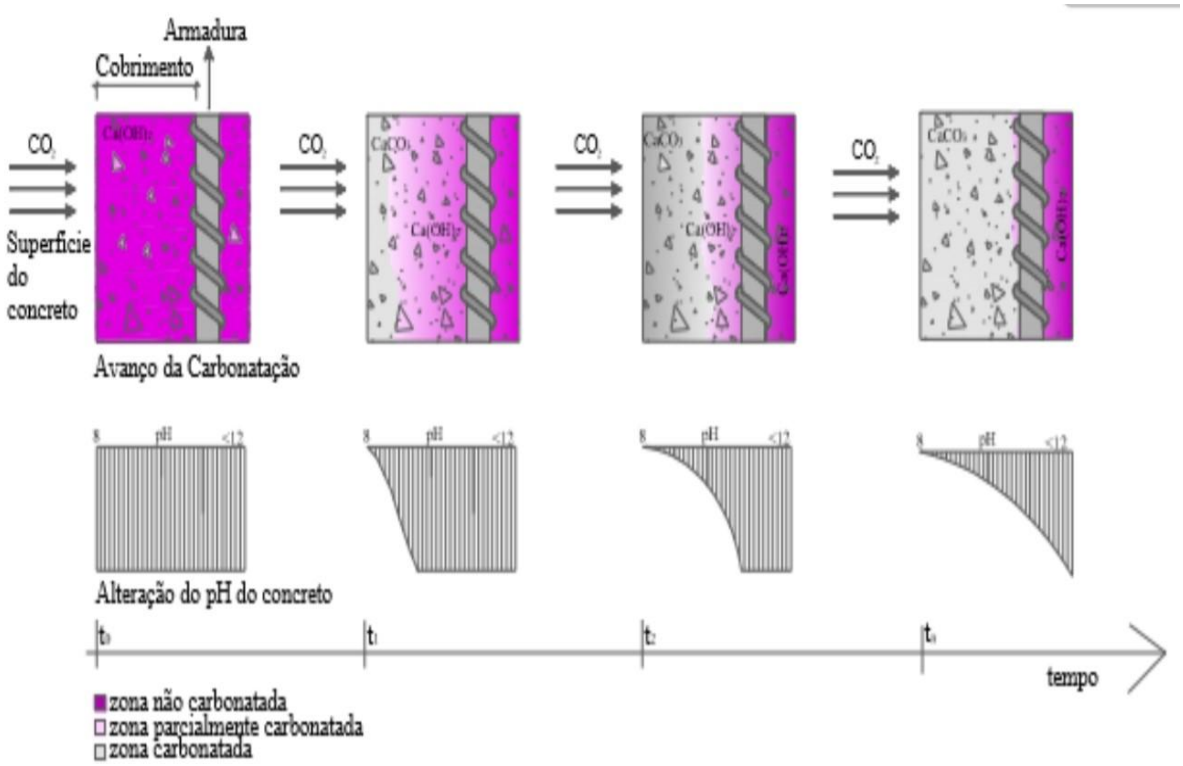
Segundo Silva (2018) o processo de carbonatação age reduzindo o pH do concreto de iniciais 12 a 14 para valores inferiores a 9. Rocha (2015) explica que isto ocorre quando o dióxido penetra no concreto através dos poros e reage com os subprodutos presentes no interior, resultante da reação ocorre a redução da camada ao seu redor.

Souza e Ripper (1998) ainda ressalvam que a carbonatação em si, se restrita a uma espessura em que não entrassem em contato com o aço, beneficiaria o concreto aumentando a resistência química e mecânica.

Silva (1995, p.45) ressalta que “em concreto de mediana qualidade observa-se que a velocidade da carbonatação varia entre 1 e 3 mm por ano de vida útil do concreto”.

A Imagem 3 a seguir deixa evidente como o processo evolui e a importância da correta espessura de cobrimento.

Imagem 3 - Processo carbonatação do concreto armado



Fonte: Possan, 2010.

Somente após o entendimento dos processos é possível realizar uma análise precisa e fundamentada. Souza e Ripper (1998) salientam que a última etapa do diagnóstico é dependente do sucesso das outras fases, podendo levar a diversas conclusões. Além do diagnóstico, Tutikian e Pacheco (2013), relatam que se deve apresentar um prognóstico, relatando as consequências futuras caso as medidas corretivas não sejam realizadas além de informar quais são, contemplando a etapa de terapia a ser executada.

2.4 MEDIDAS PARA GARANTIA DA DURABILIDADE DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Diante dos processos responsáveis pela deterioração proveniente da corrosão em estruturas expostas às atmosferas marinhas, é necessário aplicar medidas que busquem afastar o precoce fim da vida útil do concreto armado.

À frente do detalhamento sobre a reação eletroquímica que ocorre no processo de carbonatação e no ataque de íons cloretos, Costa (2013) resume que para que ocorra tais reações, é necessário a presença simultânea de umidade e oxigênio, sendo que, a ausência de um dos componentes incapacita o processo completamente. Ressalvando que a umidade ideal para que ocorra o processo se encontra entre 70% a 80%, portanto, um ambiente saturado também detém a reação.

Costa (2013) ainda destaca que para a corrosão ser danosa à estrutura a velocidade em que ocorre é tão importante quanto o processo em si, tendo em vista que é um processo natural no qual o elemento busca a neutralidade.

Apesar dos processos eletroquímicos serem de fato os responsáveis pela reação, outros mecanismos agravam sua ocorrência.

As falhas humanas, como cita Trindade (2013) estão muito presentes nas obras, desde defeitos construtivos em projetos à execução, seja por baixa qualidade da mão de obra, falta de acompanhamento por um responsável habilitado, ou até mesmo o desprezar das normas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza diretrizes a serem seguidas para o adequado comportamento da estrutura. A NBR 6118 (2014)

apresenta “a classificação de agressividade do ambiente requisitos mínimos de cada classe, de modo a garantir a vida útil do concreto armado”, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos de composição do concreto diante as classes de agressividades.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 4.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CA	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≤ C20	≤ C25	≤ C30	≤ C40
	CP	≤ C25	≤ C30	≤ C35	≤ C40

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

Helene (1998) avalia que o simples fato de utilizar um fck de 40 Mpa em relação a um de 20 Mpa pode multiplicar a vida útil da estrutura por 4. Exemplificando a dependência da durabilidade em relação à escolha dos materiais e ao cumprimento da norma.

Helene (1998) ainda discorre que a garantia da durabilidade da estrutura de concreto armado, em concordância com vários autores, depende essencialmente da camada de cobrimento da armadura, ainda, ressalva que reduzindo a espessura da camada pela metade, implica reduzir quatro vezes a vida útil da estrutura.

Diante da importância de tal camada, a NBR 6118 (2014) fornece as espessuras necessárias para cada classe de agressividade, a respeito da região em que a construção está inserida, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Cobrimento mínimo diante às classes de agressividades.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje[2]	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido[1]	Todos	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

É importante salientar a importância do estudo estrutural a fim de garantir que a edificação se encontre nas conformidades, bem como frisar que as patologias em sua maioria ocorrem em consequência a falhas de execução e a falta de controle de qualidade, implicando na diminuição da segurança e durabilidade, como cita Santos (2014). Além da estrutura em si tais irregularidades colocam em risco as vidas dos usuários da edificação, pois segundo Pina (2013) há possibilidade que a estrutura entre em colapso sem aviso prévio.

Diante disto ressalta-se que as patologias podem ocorrer na fase da etapa de construção ou após a entrega da edificação. Rocha (2015) salienta que as condições que a estrutura apresenta que favoreçam o aparecimento de tais manifestações são de responsabilidade do projetista (cobrimento insuficiente, como exemplo), enquanto o construtor é responsável pelas falhas construtivas, seja pela escolha de materiais inadequados, inconformidade com as normas de execução ou em relação ao projeto.

Tendo em vista o perigo que estruturas danificadas podem trazer, há demasiada vantagem de solucionar o problema em sua matriz, seja na fase construtiva (métodos preventivos) ou em problemas apresentados durante sua vida útil (ações corretivas). Para que seja aplicado os adequados métodos enfatiza-se a importância de um projeto estrutural executado com qualidade, bem como a execução por meio de mão de obra qualificada, acompanhada de um engenheiro responsável munido do conhecimento necessário.

3 METODOLOGIA

O presente artigo é de caráter exploratório e qualitativo, utilizando o estudo de caso e empregou a pesquisa explicativa como objetivo de identificar o problema, elaborar o diagnóstico e buscar soluções através do aprendizado obtido nas fontes de pesquisas bibliográfica e informações coletadas em campo.

Desse modo, a pesquisa sobre as adversidades presentes no objeto estudado pode fornecer conhecimento suficiente para intervenção prática imediata, como cita Fleury e Werlang (2017).

O estudo é baseado na pesquisa bibliográfica a partir de livros específicos da área, artigos científicos, revistas técnicas, consultas e discussões com profissionais da área de modo a alcançar o domínio do tema e realizar visitas no local onde a estrutura se encontra, realizando inspeções visuais e coleta de imagens através de

fotografias, a fim de verificar em qual grau de agressão patológicas as estruturas se encontram, bem como a causa, para elaboração de uma intervenção.

Utilizou-se fontes de diversos níveis, a fim de produzir um estudo com embasamento teórico e prático, compilando ideias e fatos produzidos por diversos autores referências no tema, bem como imagens coletadas e discutidas entre profissionais, em concordância com artigos e normas, buscando a confiabilidade do que se disserta no presente artigo.

O estudo foca em estruturas expostas em ambiente demasiadamente agressivo devido a localização próxima do litoral, logo, estudos de estruturas em localidades semelhantes apresentarão resultados análogos, se tratando de uma amostragem intencional. Portanto, se caracteriza por uma amostragem não probabilística, onde seleciona-se os elementos estudados.

Para o levantamento de informações, realizou-se entrevista com os proprietários de modo a auxiliar no estudo, buscando quais métodos construtivos foram utilizados, quais normas foram seguidas e quando se percebeu as manifestações. Indispensável a observação em campo do objeto em estudo, bem como recolhimento de dados a fim de possibilitar posteriores análises e discussões.

O estudo empregou a base da pesquisa qualitativa, pois abordou o tema aplicando uma inspeção nos elementos deteriorados com finalidade de revelar os motivos, como evoluem e esclarecê-los, baseando-se na observação e fontes bibliográficas, dar significado aos dados coletados com objetivo de criar conhecimento com aplicação teórica e prática.

A união da pesquisa bibliográfica e o estudo qualitativo é capaz de fomentar excelência acerca do tema abordado, dado que há a junção dos estudos já realizados e um estudo específico. A pesquisa bibliográfica tem como objetivo a investigação do material teórico acerca do assunto de interesse e antecede a pesquisa de campo (Alyrio, 2009). Já no estudo qualitativo os pesquisadores buscam compreender e explicar o porquê das coisas, como cita Gerhardt et al. (2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do estudo realizado pôde-se obter informações suficientes para diagnosticar as patologias encontradas nas estruturas. Foi relatado suas possíveis

causas e formas de correção, bem como o que deve ser feito para evitar tais anomalias. É válido ressaltar que o estudo em questão se trata de uma edificação com mais de 20 anos que se encontra em uma região pouco desenvolvida, portanto, na época da construção havia certa dificuldade ao acesso à informação e à mão de obra qualificada, ainda, muitas vezes executadas sem elaboração de projeto, como o estrutural.

Entretanto, apesar de tal idade ser considerada elevada em relação a situação socioeconômica da época, é considerada precoce para o comprometimento da estrutura, visto que, a NBR 6118 da ABNT (1980, p.30) já informava as espessuras mínimas de cobrimento, no qual, para concreto em ambientes fortemente agressivos tal camada deveria ter 4 cm.

A Imagem 4 trata-se de uma estrutura (pilar x viga) que se encontram na face externa (em contato direto com intempéries), onde é perceptível que há manifestações patológicas, nas quais se caracterizam pela corrosão da armadura e desagregação do concreto. Sua possível causa envolve insuficiência da camada de cobrimento da armadura e concreto demasiadamente poroso, tendo como agravantes a exposição ao ambiente marinho e a exposição às intempéries.

Imagem 4 - Corrosão das barras de aço e desagregação do concreto na estrutura do pilar x viga

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda, percebe-se a existência de uma camada de reboco aplicada no corpo do pilar com o objetivo de deter a corrosão e disfarçar a aparência.

É importante salientar que medidas paliativas como esta surtem efeitos contrários ao esperado, além de impossibilitar a contínua análise de evolução do caso pode acelerar ainda mais o processo (Reis, 2001).

A Imagem 5 trata-se de duas vigas em balanço que também se encontram no lado externo, com aspecto visual desagradável devido às anomalias patológicas presentes, sendo, as mesmas citadas na estrutura avaliada acima, ou seja, corrosão da armadura e desagregação do concreto. Além da viga pode-se observar anormalidade na laje pela exposição da ferragem já corroída, salientando que a situação se agrava em outros pontos. Na possível causa além da insuficiência de cobrimento e alta porosidade no concreto acrescenta-se excesso de umidade e percolação da água, como percebe-se a infiltração advinda da não impermeabilização da laje exposta na face superior, tendo os mesmos agravantes, ou seja, a exposição ao ambiente agressivo e a exposição às intempéries.

Imagem 5 - Corrosão das barras de aço e desagregação do concreto na estrutura da viga e laje

Fonte: Elaborado pelos autores.

As imagens apresentadas demonstram a intensidade das patologias encontradas no objeto estudado, salienta-se que as anomalias vão além das apresentadas, mostrando-se presentes nas estruturas de demais edificações da empresa. As manifestações detectadas resumem-se em corrosão da armadura, inclusive com rompimento de estribos devido à ferrugem e em decorrência a desagregação do concreto. A intensidade da deterioração varia de acordo com os ambientes devido à exposição direta (ou não) às intempéries, ambientes sobre a piscina e demasiadamente úmidos, no quais produtos químicos utilizados para tratamento da água agridem a estrutura e a umidade acelera o processo.

A corrosão é um processo que ocorre nas barras de aço que estão inseridas no concreto, portanto, para deter tal fenômeno deve-se proteger a armadura e a melhor proteção é a do próprio concreto (Nascimento, 2015). As manifestações encontram-se em sua maioria em estado avançado, sendo assim, a solução apresentada pode ser aplicada em todas as estruturas com tais anomalias.

O processo corretivo inicia-se com uma limpeza ao redor da armação com a remoção do concreto degradado com objetivo de eliminar o material comprometido e possibilitar o acesso e a limpeza das barras de aço, em seguida, aplica-se uma pintura com tinta anticorrosiva na armação de modo a cessar o processo de corrosão, por fim realiza-se novamente o preenchimento da seção com um novo concreto (Santos, 2014). Entretanto, há casos em que se torna necessário acrescentar um processo no método, como citado por Nascimento (2015), se a seção da barra teve uma perda maior do que 10% se faz necessário a substituição da mesma, repondo com uma nova e amarrando-a em um trecho não comprometido,

Para obter êxito na recuperação da estrutura todas as etapas devem ser realizadas com excelência. Sendo assim, é fundamental salientar a descrição dos processos apresentados por Santos (2014) em que para realizar a remoção do concreto utiliza-se marteletes ou uma talhadeira com marreta, retirando o material segregado e ao redor da barra, a limpeza é feita com auxílio de escova de aço ou lixamento manual de modo a remover a ferrugem existente na armadura.

Caso seja necessário a substituição da barra devido sua perda de seção, é retirado através de corte a parte comprometida existente e adiciona-se a nova barra certificando-se o transpasse mínimo entre as mesmas. Caso não seja necessário a substituição é realizada o tratamento da armadura com aplicação de pintura

anticorrosiva. Para garantir a durabilidade da estrutura recuperada enforma-se todo elemento no qual houve pontos de anomalias e realiza-se a concretagem garantindo o cobrimento mínimo de acordo com a norma, bem como a qualidade da massa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta dados obtidos através da realização de um estudo de caso e pesquisas bibliográficas acerca de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, especificamente em uma edificação demasiadamente próxima à orla marítima.

Através do estudo foi possível evidenciar os fatores que mais influenciaram no processo de deterioração das estruturas, constatou-se que a falta de cobrimento dos elementos foi a principal causa, ocorreu devido à ausência do projeto estrutural e erro na execução, a falta de acompanhamento de um profissional foi um fator determinante onde possibilitou que o erro ocorresse. É inevitável mencionar o ambiente em que a estrutura está exposta como agravante e acelerador do processo: devido à proximidade com a orla marítima foi demonstrado o quão danoso o ataque de íons-cloretos pode ser.

Mais importante que conhecer o ambiente no qual será erguido uma edificação é conhecer as normas que o norteiam (o ambiente e a construção em si), ainda mais importante é exercê-las de fato. Apesar do ambiente estudado ser extremamente agressivo às estruturas há métodos e processos na construção civil que impedem a deterioração precoce da estrutura.

Medidas preventivas são ideais para evitar tais anomalias e as complicações subsequentes, se tornou evidente o quão fundamental é a presença de um profissional capacitado nas etapas da construção, desde a elaboração do projeto à execução. Entretanto, para o caso estudado as manifestações se encontram em estado avançado, fazendo-se necessário aplicar ações corretivas nos quais buscam deter o processo de deterioração e evitar o ressurgimento das anomalias.

A eficácia dos métodos corretivos nas estruturas é de alto índice, porém, deve-se evitar ao máximo que seja necessário aplicá-los. O melhor caminho é focar na correta elaboração de projetos, no caso, especialmente o estrutural e na correta execução da obra sendo realizada com acompanhamento técnico e com mão de

obra qualificada. Tais medidas trazem segurança, economia e durabilidade para a construção tornando o processo prazeroso e gratificante.

Em concordância com a importância da construção civil para a sociedade, aprimorando os processos produtivos se torna essencial. Realizar estudos a fim de obter informações sobre as causas das edificações executadas de forma errônea possibilita aprender com situações ocorridas e impedi-las de ocorrer novamente. Sendo assim, estudos para futuros trabalhos em torno do desenvolvimento de um sistema eficaz de controle que fiscalize edificações existentes de modo a guiar os proprietários caso haja intervenções necessárias é de essencial existência, como também a criação de um programa de conscientização à sociedade sobre a importância da contratação de profissionais capacitados para construções e as possíveis consequências da contratação de mão de obra não capacitada

REFERÊNCIAS

ALYRIO, Rovigati Danilo. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, p. 58-60, 2009.

ANDRADE, Erika Bressan Botelho de. **Principais manifestações patológicas encontradas em edificação.** Emepro. 2018.

ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas. 2008. Artigo científico.

ANSELMO, Mauruzan et al. **Patologias na construção civil**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto**: Procedimento. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6118**: Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.** Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR. 8681: 2003. **Ações e segurança nas estruturas:** Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado**: Eu te amo. Editora Blucher, 2018.

BRITO, Thaís Farias De. **Análise de Manifestações Patológicas na Construção Civil pelo Método GUT**: estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. João Pessoa, 2017.

CORSINI, Rodnei. **Ambientes agressivos**. Projetos de estruturas de concreto expostas a ambientes quimicamente agressivos exigem atenção especial para assegurar desempenho e vida útil à edificação, 2013.

COSTA, Guilherme Mendes. **Manifestação Patológica do Concreto Armado com foco na oxidação da Ferragem**. 2013.

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

FLEURY, Maria Tereza Leme; DA COSTA WERLANG, Sergio Ribeiro. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GV Pesquisa**, 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GOOGLE EARTH. https://earth.google.com/web/. Consulta realizada em: 10/06/2020.

HELENE, Paulo RL et al. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Pini, 1992.

LOTTERMANN, André Fonseca. **Patologias em estruturas de concreto**: estudo de caso. 2014.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Oliveira; HELENE, Paulo. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. **Concreto: ciência e tecnologia**, v. 1, p. 773-808, 2011.

NADALINI, Ana Carolina Valerio; BISPO, Adrielle de Oliveira. **Patologia em estruturas de concreto armado em ambiente marítimo.** XIX Cobreap, Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2017.

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

PINA, G. L. **Patologia nas habitações populares**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006577.pdf

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.** 2010. 265 f. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REIS, Lília Siqueira N. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** 2001. 114 f. 2001. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

ROCHA, Bruno dos Santos. **Manifestações patológicas e avaliação de estruturas de concreto armado**. 2015. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9WWGLB/1/manifesta__es_patol_gicas_e_avalia__o_de_estruturas_de_concreto_armado.pdf

SANTOS, Camila Freitas. **Patologia de estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria, RS, Brasil. [publicação online], 2014.

SILVA, Amanda Fernandes Pereira. **Patologias em estruturas de concreto armado**: estudo de caso. 2018.

SILVA, Enrique Douglas Casado da. **Patologia em estruturas de concreto armado**: estudo de caso em edificações do campus i da universidade federal da paraíba. 2018.

SILVA, K. L.; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 2011.

SILVA, Matheus Monteiro da. **Estudo de caso acerca das manifestações patológicas presentes em edificações situadas em ambiente marítimo no município de Aracati.** Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido**.** 2018. https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/82f6aafd-2b32-4536-9a07-acd34aeac404/content

SILVA, Paulo Fernando A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. Pini, 1995.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Pini, 1998.

TRINDADE, D. dos S. Patologia em estruturas de concreto armado. **Trabalho de conclusão de curso** (Monografia) apresentada a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria–RS, 2015.

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. Inspección, diagnóstico y prognóstico em la construcción civil. **Boletín Técnico.** ALCONPAT Internacional, Mérida, 2013.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf