

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 4



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 4



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 4 /
Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-753-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.533210212>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO




A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 4” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino e pesquisa no Brasil e dois trabalhos internacionais, um localizado no México e o outro no município de Valenzuela, na Espanha. Em todos esses trabalhos, foram apresentadas problemáticas distintas que são: a inovação através do desenvolvimento de um aplicativo através da tecnologia Building Information Modelling (BIM) para estimar a utilização de custos de obras em tempo real. O uso de exemplos práticos no ensino de métodos numéricos. O estudo da eliminação de erros sistemáticos através de equipamentos geodésicos e topográficos durante a execução de locações de obras. Levantamento de causas de patologias nos elevados de concreto armado. Descrição através de exemplos numéricos da habilidade do elemento de viga unificado suportar grandes translações e rotações. E por fim, uma proposta de fornecer um sistema de aterro sanitário em conjunto de um plano de gestão ambiental que seja sustentável e economicamente viável.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA ESTIMATIVA E ATUALIZAÇÃO DE CUSTOS DE OBRA EM TEMPO REAL – BIM 5D Dieisom Henrique Macagnan Abrahão Bernardo Rohden  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102121	
CAPÍTULO 2	23
MÉTODOS NUMÉRICOS APLICADOS A LA INGENIERÍA CIVIL Francisco José Arroyo Rodríguez Mauricio Arroyo Terrazas Marco Arroyo Terrazas  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102122	
CAPÍTULO 3	34
O USO INTEGRADO DE RECEPTORES GNSS E DA ESTAÇÃO TOTAL NA LOCAÇÃO DE EDIFÍCIOS Gerson Jonas Schirmer Rafael Cardoso Gelson Lauro Dal'Forno  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102123	
CAPÍTULO 4	48
CAUSAS DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ELEVADOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM Fernando Gama Gomes Marta Marielly Gomes Silva Laércio Gouvêa Gomes  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102124	
CAPÍTULO 5	62
ANÁLISE NAO LINEAR DE ARCOS UTILIZANDO A FORMULAÇÃO CO-ROTACIONAL William Taylor Matias Silva Sebastião Simão da Silva  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102125	
CAPÍTULO 6	83
RELLENO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE VALENZUELA Roberto Alejandro Rojas Holden  https://doi.org/10.22533/at.ed.5332102126	
SOBRE O ORGANIZADOR	95
ÍNDICE REMISSIVO	96

CAUSAS DE PATOLOGIAS EM OBRAS DE ELEVADOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

Data de aceite: 01/12/2021

Fernando Gama Gomes

Instituto Federal do Pará, Graduando em Engenharia de Materiais
Belém-Pará-Brasil

Marta Marielly Gomes Silva

Instituto Federal do Pará, Pós-graduanda em Engenharia de Materiais, PPGEMAT/IFPA
Belém-Pará-Brasil

Laércio Gouvêa Gomes

Instituto Federal do Pará, Professor do Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais, PPGEMAT/IFPA
Belém-Pará-Brasil

RESUMO: Estruturas de concreto podem apresentar patologias de causas diversas, podendo ter origem na fase de projeto, na fase de execução das obras e até na fase de uso. Neste trabalho, realiza-se um levantamento nos elevados da Região Metropolitana de Belém a fim de identificar as possíveis causas das patologias apresentadas nestas obras. Expostas essas causas, são exemplificados os casos mais usuais, apresentando as possíveis soluções para os problemas encontrados. A durabilidade das estruturas de concreto é determinada pela qualidade e composição dos materiais utilizados, dosagem ou traço do concreto, compactação ou adensamento efetivo na estrutura, processo de cura efetiva e cobertura nominal das armaduras. Os resultados mostram que, nas obras dos elevados visitados, problemas de manutenção

destas estruturas e até redução na seção da armadura exposta, ocasionado por processo de corrosão, caracterizando diminuição da seção da armadura. Sabe-se que a perda de seção das armaduras contribui, significativamente, para a perda da capacidade de carga das estruturas de concreto, podendo induzi-las ao colapso. Além disso, foram identificadas similaridades nas principais causas das falhas construtivas encontradas na entrega pós-obra.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; estruturas de concreto; corrosão; manutenção.

CAUSES OF PATHOLOGIES IN HIGH-WORKS OF THE METROPOLITAN REGION OF BELÉM

ABSTRACT: Concrete structures may present pathologies of different causes, which may originate in the design phase, in the execution phase of the works and even in use. In this work, a survey is carried out in the highlands of the Metropolitan Region of Belém in order to identify the possible causes of pathologies presented in these structures. Having exposed these causes, the most usual cases are presented, presenting the possible solutions to the problems encountered. The durability of concrete structures is determined by the quality and composition of the materials used, dosage or trace of the concrete, compaction or effective densification in the structure, effective curing process and nominal cover of the reinforcement. The results show that, in the works of the high visited, problems of maintenance of these structures and even reduction in the section of exposed reinforcement, caused by corrosion process,

characterizing a decrease of the section of the armature. It is known that the section loss of the reinforcement contributes, significantly, to the loss of the load capacity of the concrete structures, being able to induce them to collapse. In addition, similarities were identified in the main causes of constructive failures found in post-work delivery.

KEYWORDS: Pathologies; concrete structures; corrosion; maintenance.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em pleno desenvolvimento econômico e, mesmo assim, convive com diversos problemas sociais (desemprego, saúde, educação, habitação, entre outros), de tal modo, não pode se dar ao luxo de custear despesas extremamente elevadas em obras de reparo estrutural, as quais, na maioria das vezes, poderiam ser evitadas.

O estudo de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, conhecida como patologias das construções, é um novo campo da engenharia das construções que se propõe a pesquisar as origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (SOUZA e RIPPER, 1998).

Os fenômenos patológicos habitualmente apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos (HELENE, 1992). Dessa forma, entende-se que diversas são as causas que levam uma estrutura de concreto armado à sofrer danos, por isso é de extrema importância o estudo desse ramo da engenharia, para que sejam evitadas manifestações patológicas que venham a diminuir a durabilidade das estruturas, assim como é necessário um conhecimento de como solucionar e recuperar aquelas que apresentam problemas patológicos, de maneira a recuperá-las, curá-las e impedir que o agente causador volte a causar os mesmos problemas.

Determinadas manifestações incidem com mais constância, devido à necessidade de cuidados que frequentemente são ignorados, seja no projeto, na execução ou até mesmo na utilização. Segundo Silva (2011), pode-se dizer que os problemas patológicos de maior gravidade nas estruturas em concreto armado, especialmente pelo seu evidente risco à integridade da estrutura, são a corrosão da armadura do concreto, as fissuras e as flechas excessivas das peças estruturais.

Por outro lado, a ABNT NBR 6118:2014 destaca como mecanismos preponderantes de deterioração do concreto a lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas, que dissolvem e transportam os compostos hidratados de pasta de cimento; a expansão por ação de águas e solos que estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias; a expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos; e as reações químico-físicas superficiais de certos agregados, decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica. A mesma norma, também destaca, os mecanismos

preponderantes de deterioração relativos à armadura, como o processo de carbonatação nas estruturas de concreto armado e a despassivação por elevado teor de cloreto.

A soma de tantos fatores prejudiciais à estrutura, reforçada pelo crescimento acelerado que a construção civil vem atingindo, provoca a necessidade de inovações que trazem em si a aceitação subentendida de maiores riscos, leva ao ponto de viver em uma época de grandes preocupações.

Na construção civil a rapidez na execução e o emprego de novas tecnologias são fundamentais para tornar o mercado mais competitivo e possibilitar novos empreendimentos. Inovações e rapidez de execução acarretaram na necessidade de se desenvolver o conhecimento relacionado às estruturas e aos materiais, a fim de proporcionar o avanço das construções (MARTINS E FIORITI, 2016).

Entretanto, ainda que o investimento em tecnologias relacionadas a essas construções cresceu e evoluiu desde o início das civilizações até os dias atuais, ainda assim, existem sérias limitações e inevitáveis falhas que acabam por prejudicar o desempenho de algumas estruturas. Esses fatores conduzem ao surgimento de manifestações patológicas, que podem ser entendidas como perda ou queda de desempenho de um conjunto ou componente estrutural.

Como a patologia pode ser influenciada pelo comportamento da estrutura em uso, pelo tempo e pelas condições de exposição, percebe-se, portanto, que há uma forte relação entre a patologia e desempenho, vida útil e durabilidade da edificação (SANTOS, 2012).

A rapidez na execução e o emprego de novas tecnologias são fundamentais para tornar o mercado mais competitivo e possibilitar novos empreendimentos. Inovações e rapidez de execução acarretaram na necessidade de se desenvolver o conhecimento relacionado às estruturas e aos materiais, a fim de proporcionar o avanço das construções.

Portanto, este trabalho trata de um levantamento de causas de patologias nos elevados da Região Metropolitana de Belém, onde através de inspeção visual foram identificadas as manifestações patológicas existentes nos sistemas estruturais em concreto armado dessas obras. Salienta-se, contudo, que não fez parte do objetivo, entrar no mérito da qualificação e da atuação dos profissionais, assim como das empresas que participaram dos projetos e execução destes empreendimentos, sendo o único foco a identificação das manifestações patológicas vistas sob a ótica da sintomatologia.

Justifica-se este trabalho na necessidade de se evitar a ocorrência de manifestações patológicas no concreto armado, que acabam por diminuir a vida útil e desempenho das edificações, além de gerar um acréscimo de custo para recuperar e reforçar uma estrutura afetada.

2 | METODOLOGIA

A metodologia selecionada para a formulação do trabalho é considerada altamente

rica didaticamente. Dessa forma, foram necessárias quatro etapas para a realização do trabalho, as quais são apresentadas de forma esquemática na Figura 1.

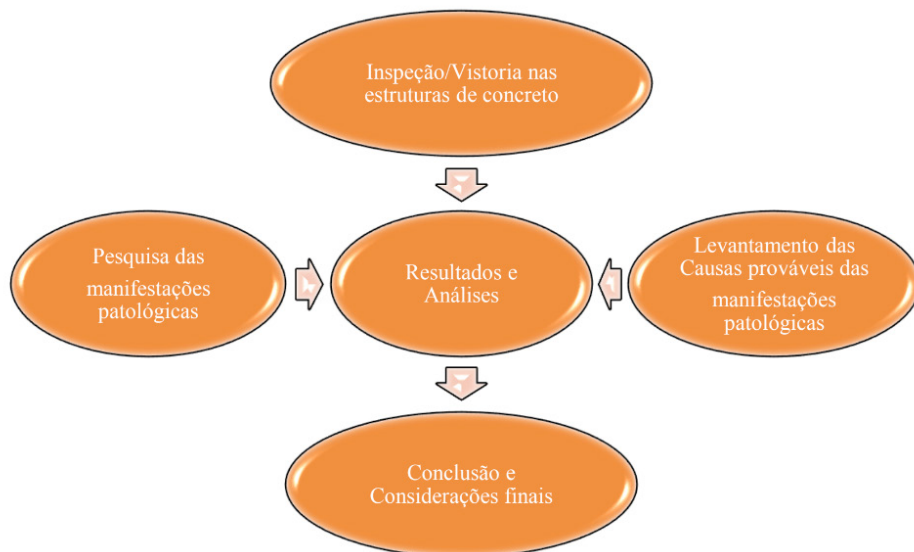


Figura 1. Fluxograma das etapas executadas no desenvolvimento do trabalho.

Fonte. Autores (2021)

Na primeira etapa (Inspeção/Vistoria nas estruturas de concreto) utilizada no desenvolvimento deste trabalho, foi iniciada com a visita técnica dos alunos em estruturas de concreto armado, neste momento, decidiu-se fazer inspeções/vistoria mais detalhadas em estruturas dos elevados (Mariguela; Daniel Berg e Gunnar Vingren) na Região Metropolitana de Belém (RMB). Esta etapa consistiu na verificação das manifestações patológicas utilizando os sentidos da visão, da audição e do tato. O objetivo foi identificar e registrar através de fotografias as manifestações patológicas existentes no sistema estrutural de concreto armado.

Na segunda etapa (Pesquisa das manifestações patológicas) consistiu em realizar pesquisas relacionadas a descrição dos aspectos gerais das manifestações patológicas encontradas na literatura e apresentadas nos sistemas estruturais em concreto armado; acompanhadas da terceira etapa (Levantamento das causas prováveis das manifestações patológicas) que ocorreram durante a realização de inspeção/vistoria nas estruturas de concreto.

Na quarta etapa (Resultados e Análises) foram apresentadas as hipóteses de causas prováveis das anomalias identificadas nas etapas anteriores com formulações de hipóteses baseadas na semelhança dos casos encontrados na literatura e outras citadas pelos autores referenciados neste trabalho. Por fim, a quinta etapa acompanha a realização

da análise dos resultados e apresenta conclusões do trabalho.

Ressaltamos que algumas limitações foram encontradas no desenvolvimento do trabalho, merecendo destaque as informações incompletas referentes as etapas de execução da construção, a impossibilidade de obtenção de amostras através de processo destrutivo e a acesso/inexistência de projetos complementares.

3 | RESULTADOS

O critério de escolha dos elevados objeto de estudo partiu do quesito estrutural, ou seja, a definição do concreto armado como material constituinte do sistema estrutural e ter suas estruturas aparentes. Pois nestas condições seria possível identificar e analisar, a partir das visitas a campo e fotografias digitais, as eventuais manifestações patológicas.

3.1 Elevados da Região Metropolitana de Belém

O projeto intitulado “Ação MetrÓpole” do Governo do Estado do Pará que objetiva impantar o Sistema Integrado de transporte da Região Metropolitana de Belém tem como finalidade solucionar o grande problema de mobilidade da Cidade de Belém, uma das primeiras etapas do projeto já foi concluída que corresponde a construção do elevado “Gunnar Vingren” nas Avenidas Júlio Cezar e Centenário, e “Daniel Berg”, nas Avenidas Júlio Cezar e Pedro Álvares Cabral, Figura 2. Além disso, há outros elevados que estão no mesmo contexto de mobilidade do sistema integrado de transporte como o elevado “Mariguela” localizado nas Avenidas Dr. Freitas e Almirante Barroso; Elevados do “Complexo do Entroncamento”, nas Avenidas Almirante Barroso e Rodovias Augusto Montenegro e Br-316; e Elevado “Mário Covas”, nas Rodovias BR 316 e Mário Covas, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2. Localização dos Elevados na Região Metropolitana de Belém, da esquerda para a direita.
 Fonte. Autores (2021)

3.2 Elevado “Gunnar Vingren”

O elevado “Gunnar Vingren” está localizado nas Avenidas Júlio Cezar e Centenário, no bairro Val-de-Cans, Figura 3, se refere a uma ação governamental conhecida como Ação MetrÓpole a fim de compor um sistema integrado de transporte viário na RMB.



Figura 3. Elevado “Gunnar Vingren”.
 Fonte. DOL – Diário on line. (2016)

O Elevado em questão foi constituído em estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e proteção). O local já foi palco de acidentes, inclusive, com registros de mortes, onde um condutor de motocicleta caiu do elevado de uma altura de cerca de 6 metros, após colidir com a mureta de proteção. Segundo o jornal DOL – Diário on line (2016), os condutores afirmam que o elevado tem a pista estreita, com sinalização precária, além de ter mureta baixa e pouca iluminação pública, o que prejudica ainda mais o tráfego no período noturno. A predisposição da estrutura, ou de uma de suas partes, para apresentar manifestações patológicas pode ser originada durante a fase de projeto, de construção ou ser adquirida na fase de uso.

Com base nos dados de campo, as manifestações patológicas mais evidentes foram provenientes de fissuras, nichos, irregularidades geométricas, manchas escuras, exposição e corrosão da armadura, eflorescências e lixiviação. A seguir, no Quadro 1, serão apresentadas algumas das anomalias observadas.

Manifestações Patológicas	Imagens obtidas <i>in loco</i>	
Fissuras (1)		
	(a)	(b)
Manchas escuras (3)		
	(a)	(b)



Quadro 1. Registro das manifestações patológicas identificadas no Elevado “Gunnar Vingren”.

3.3 Elevado “Daniel Berg”

O elevado “Daniel Berg” está localizado nas Avenidas Júlio Cezar e Pedro Álvares Cabral, no bairro Val-de-Cans, Figura 4, se refere a uma ação governamental conhecida como Ação Metrópole a fim de compor um sistema integrado de transporte viário na RMB.



Figura 4. Elevado “Daniel Berg”.

Fonte. DOL – Diário on line (2016).

O Elevado em questão foi constituído em estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e proteção). Com base nos dados de campo, as anomalias mais evidentes foram provenientes de choque mecânico, agentes biológicos, fissuras, manchas escuras, exposição e corrosão da armadura, eflorescências e lixiviação, conforme mostra a Figura 5.



Figura 5. Anomalias. (A) Ação mecânica; (B) Infiltração e corrosão; (C) Manchas Escuras.

Fonte. Autores (2021)

3.4 Elevado “Mariguela”

O elevado “Mariguela” está localizado nas Avenidas Almirante Barroso e Dr. Freitas, no bairro Marco. O Elevado em questão foi constituído em estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e proteção). Com base nos dados de campo, as manifestações patológicas mais evidentes foram provenientes de causas naturais, fissuras com infiltrações, manchas escuras e exposição e corrosão da armadura, conforme mostra as Figuras 6.



Figura 6. Elevado Mariguela. (A) Fungos; (B) Manchas; (C) Exposição e corrosão de armaduras e (B) Ações Mecânicas.

Fonte. Autores (2021)

3.5 Complexo de Elevados do Entroncamento

O complexo de elevados do entroncamento está localizado nas Avenidas Almirante Barroso, Rodovia Augusto Montenegro e Rodovia BR-316, no bairro Souza. Os Elevados em questão foram constituídos em estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e proteção). Com base nos dados de campo, as manifestações patológicas mais evidentes foram provenientes de infiltrações, manchas escuras, eflorescências e lixiviação e causas naturais, conforme mostra as Figuras 7.

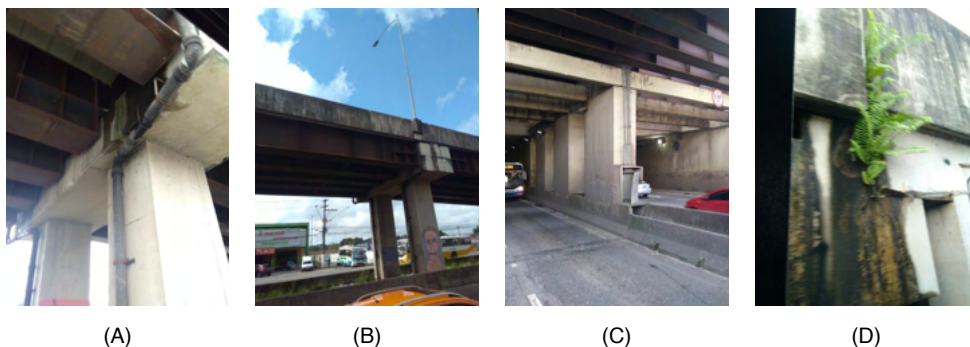


Figura 8. Complexo de Elevados do Entroncamento. (A) Infiltração; (B) Manchas Escuras; (C) Eflorescência e Lixiviação; (D) Fungos.

Fonte. Autores (2021)

3.6 Elevado “Mario Covas”

O elevado “Mario Covas” está localizado na Rodovia BR-316, no município de Ananindeua, Km 4, Figura 8. Também conhecido como “viaduto do coqueiro”, possui um trevo incompleto com 3 pétalas, inaugurado no início da década de 1980 e, atualmente, está em obras com a construção da quarta pétala que interligará a Avenida João Paulo II.



Figura 8. Elevado “Mário Covas”, também conhecido como “Viaduto do Coqueiro”.

Fonte. DOL – Diário on line. (2016)

O Elevado em questão foi constituído em estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e proteção). Com a investigação, as anomalias mais evidentes estão na Figura 9, podendo ser originadas durante a fase de projeto, de construção ou adquiridas na fase de uso.



Figura 9. Elevado Mário Covas. (A) Infiltração; (B) Manchas escuras; (C) Fissuras e deterioração.

Fonte. Autores (2021)

4 | DISCUSSÕES

Através das inspeções realizadas nos elevados, foi possível observar que as manifestações patológicas apresentam fatores variados e diversificadas anomalias como corrosão, fissuras, infiltrações, presença de umidade contínua, manchas, fungos, ações mecânicas (choque), nichos, lixiviação e falta ou deficiência de manutenção.

- 1) Os elementos dos sistemas estruturais estudados (neste caso, pilares, vigas e lajes) estão expostos à ação de intempéries, e com isso, a deterioração dos materiais que compõem o sistema estrutural reagem com os agentes externos e acarretam, muitas vezes, problemas de desgastes variados. Portanto, é concebível considerar que estes fatores relacionados a um mau planejamento e/ou execução, acabam por contribuir com as principais manifestações patológicas apresentadas neste trabalho.
- 2) As fissuras e infiltrações foram detectados nos elementos estruturais analisados (pilares, vigas e lajes), e são pertinentes pois chamam mais atenção dos leigos, condutores e usuários, sendo indicativo de anormalidade no sistema ou que algo está para acontecer. A caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, embora o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, podendo ser instaladas pelos mais diversos motivos, superando a sua resistência última à tração (SOUZA e RIPPER, 1998; MARTINS e FIORITTI, 2016).

3) Os nichos de concretagem e segregações no concreto dos elementos estruturais estão particularmente ligados à execução e supervisão inadequada da concretagem das peças, e apresentam como causas prováveis: a baixa trabalhabilidade do concreto, insuficiência no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, além de alta densidade de armaduras, corroborando com análise de Martins e Fioritti (2016).

4) Outra anomalia observada foi a desagregação do concreto tanto nos pilares quanto nas vigas e lajes, principalmente no Elevado “Mariguela”, esta patologia consiste na perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção, causando separação de partes do concreto, provocada, em geral, pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água (SILVA, 2011; VITÓRIO, 2005 e 2003).

5) As Manchas escuras foram percebidas nos elementos estruturais e podem ser causadas pelos seguintes fatores: deficiência dos dispositivos de drenagem, levando a ocorrência de infiltração e umidade, estimulando para que microrganismos se proliferem nos mesmos, implicando no surgimento de bolor, sendo agravado principalmente pela falta de manutenção nas estruturas. As manchas na superfície do concreto alteram a sua textura e uniformidade de coloração causando prejuízos estéticos, podendo ainda, gerar o desenvolvimento de problemas patológicos mais sérios. As manchas brancas na superfície do concreto das vigas e lajes são definidas como eflorescências e lixiviação, respectivamente; e essas alteram a uniformidade de coloração do concreto e sua textura, causando prejuízos estéticos. (SILVA, 2011). O processo de lixiviação ocorre na presença de água quando o concreto for mal adensado, e/ou estiver, por algum motivo, fissurado ou apresentar juntas mal executadas, permitindo a penetração da água.

6) A exposição e conseqüente corrosão de armaduras nos elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e proteção) tem suas causas prováveis associadas principalmente à utilização de um concreto de baixa qualidade, utilização de água ou agregados não puros, possíveis erros projetuais bem como erros de execução, durante a vibração do concreto e na execução do recobrimento da armadura, assim como ação mecânica e uma manutenção precária desse concreto como outros problemas relacionados com as intempéries, como excesso de umidade e o contato com águas residuais.

5 | CONCLUSÃO

Dos resultados apresentados, a manifestação patológica que mais se destacou, tanto pela quantidade quanto pela intensidade, foram as fissuras. Suas conseqüências estão relacionadas à durabilidade das estruturas de concreto armado, pois são veículos de entrada de água e agentes agressivos para o interior da massa, e com isso, acarretam

em patologias mais sérias, como por exemplo, a desagregação do concreto e a corrosão de armaduras.

As manchas escuras também são encontradas em vários fatores analisados, ressaltamos que mesmo não apresentando grandes riscos para o bom funcionamento do sistema como um todo, podem acarretar no desenvolvimento de problemas patológicos mais sérios, ou intensificar aqueles já existentes.

A exposição e o avançado processo de corrosão de armaduras foi a anomalia que mais chamou a atenção, tanto pela quantidade de elementos com esse tipo de manifestação patológica, como também pela situação crítica em que alguns desses elementos já se encontravam.

Em menor proporção estão o processo de lixiviação em vigas e lajes, os nichos e as irregularidades geométricas, fenômenos que ocorrem normalmente, por dissolução e o carreamento do hidróxido de cálcio existente no cimento por meio da ação da água, ocorrendo eflorescências de carbonato e redução do pH do concreto; quando o concreto foi mal adensado, e/ou esteja, por algum motivo, fissurado ou apresente juntas mal executadas, permitindo a penetração da água. Estas manifestações patológicas precisam da mesma forma como as abordadas anteriormente, de cuidados e recuperação para não se agravarem com o passar do tempo.

Portanto, com o estudo e as análises realizadas, é possível afirmar que muitas das manifestações patológicas detectadas poderiam ter sido minimizadas, e até mesmo evitadas, caso houvesse maior controle das etapas do processo construtivo, e que ao serem associadas a uma efetiva manutenção das estruturas de concreto armado, poderiam proporcionar maior qualidade e vida útil aos elementos estruturais. À falta de manutenções adequadas as estruturas, que não são realizadas de forma constante e preventiva, contribuindo para o aparecimento das anomalias, como também para o aumento do grau e intensidade delas, acarretando na necessidade de processos de reparos e reestruturação, afetando o funcionamento da edificação e levando a um gasto financeiro maior do que se houvesse uma prevenção efetiva e constante.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal do Pará pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

[1] SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.

[2] HELENE, P. Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora Reabilitar. São Paulo, 2003.

[3] SILVA, F. A. S. Avaliação do teor de íons cloreto no ar atmosférico da praia de futuro em Fortaleza/CE. Monografia. Universidade Federal do Ceará, 2011.

[4] ABNT -Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

[5] MARTINS, J. F. A.; FIORITI, C. F. Investigação de manifestações patológicas em sistemas estruturais de concreto armado: estudo de caso em edificação pública. Revista Brasileira de Iniciação Científica, Itapetininga, v. 3, n. 4, 2016.

[6] SANTOS, M. R G dos. **Deterioração das estruturas de concreto armado – Estudo de caso.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte / MG, 2012.

[7] DOL – Diário on line. <http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-386172-elevado-da-morte-preocupa-condutores.html> Acesso em 11 de abril de 2018.

[8] SILVA, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará.** Monografia. Universidade Federal do Ceará, 2011.

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

[10] VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Instituto Pernambucano de Avaliação e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

[11] TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil.** Boletín Técnico. ALCONPAT Internacional, Mérida – México, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acurácia 34, 39, 44

Autodesk Revit 2020 1, 14

B

BIM 1, 2, 3, 4, 9, 11, 16, 17, 20, 21, 22

C

Construção civil 1, 2, 3, 21, 22, 50, 61

Corrosão 48, 49, 54, 56, 58, 59, 60

D

Diseño 23, 81, 82, 85, 94

Dynamo 2.1 1

E

Elemento de viga Bernoulli-Timoshenko 62

Estação total 34, 35, 36, 37, 39, 46

Estruturas de concreto 48, 49, 50, 51, 59, 60, 61

F

Formulação co-rotacional 62, 63, 79, 80, 81

G

GPS 34, 35, 39, 40, 41, 43, 44

I

Ingeniería 23, 24, 32, 33, 82, 83, 85, 94

L

Locação de obra 34

M

Manutenção 3, 48, 58, 59, 60, 61

Métodos dos elementos finitos 62

Métodos numéricos 23, 24, 32, 33, 81, 82

Modos de deformação naturais 62

N

Não-linearidade geométrica 62

O

Orçamentação 1, 2, 12

P

Patologias 48, 49, 50, 60

Plan de gestión ambiental 84, 87

Plataforma 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12

Programação 1, 6, 7, 8, 9, 11

Projetos 2, 3, 12, 50, 52

S

Sinapi 1, 10, 11, 12, 13, 20

Softwares 1, 3, 6, 7, 8, 35

Suelo 84, 85, 86

T

TecNM 23

TRANSGEOLOCAL 34, 35, 40, 41, 47

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 4

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 4

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br