

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4



Marcia Regina Werner Schneider Abdala

(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
134	Impactos das tecnologias na engenharia civil 4 [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-543-3 DOI 10.22533/at.ed.433192008 1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série CDD 690
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A construção civil é um setor extremamente importante para um país, e como tal é responsável pela geração de milhões de empregos, contribuindo decisivamente para os avanços da sociedade.

A tecnologia na construção civil vem evoluindo a cada dia e é o diferencial na busca da eficiência e produtividade do setor. A tecnologia permite o uso mais racional de tempo, material e mão de obra, pois agiliza e auxilia na gestão das várias frentes de uma obra, tanto nas fases de projeto e orçamento quanto na execução.

A tecnologia possibilita uma mudança de perspectiva de todo o setor produtivo e estar atualizado quanto às modernas práticas e ferramentas é uma exigência.

Neste contexto, este e-book, dividido em dois volumes apresenta uma coletânea de trabalhos científicos desenvolvidos visando apresentar as diferentes tecnologias e os benefícios que sua utilização apresenta para o setor de construção civil e também para a arquitetura.

Aproveite a leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DURABILIDADE E DEGRADAÇÃO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REFORÇO COM FRP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Amanda Duarte Escobal Mazzú Mariana Corrêa Posterlli Gláucia Maria Dalfré	
DOI 10.22533/at.ed.4331920081	
CAPÍTULO 2	14
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTO DE CURA QUÍMICA FORMADOR DE MEMBRANA NA PROFUNDIDADE CARBONATADA DO CONCRETO	
Alisson Rodrigues de Oliveira Dias Daniel Mendes Pinheiro Wilton Luís Leal Filho João Mateus Reis Melo	
DOI 10.22533/at.ed.4331920082	
CAPÍTULO 3	26
ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	
Amanda Fernandes Pereira da Silva Hildegard Elias Barbosa Barros Diego Silva Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.4331920083	
CAPÍTULO 4	39
ESTUDO DAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA PONTE DO BRAGUETO EM BRASÍLIA - DF	
Erick Costa Sousa Juliano Rodrigues da Silva Marcelle Eloi Rodrigues Maysa Batista Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.4331920084	
CAPÍTULO 5	54
AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE	
Cristiane Santana da Silva Amâncio da Cruz Filgueira Filho Roberto de Castro Aguiar Klayne Kattiley dos Santos Silva Manueli Sueni da Costa Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4331920085	

CAPÍTULO 6	66
CORROSÃO: MECANISMOS E TÉCNICAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ariane da Silva Cardoso Thayse Dayse Delmiro Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani Eliana Cristina Barreto Monteiro Tiago Manoel da Silva Agra	
DOI 10.22533/at.ed.4331920086	
CAPÍTULO 7	87
ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO VERTICAL PÚBLICA EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CIDADE DO RECIFE-PE	
Amâncio da Cruz Filgueira Filho Iago Santos Calábria Bruno de Sousa Teti Lucas Rodrigues Cavalcanti Amanda de Moraes Alves Figueira Walter de Moarais Calábria Junior	
DOI 10.22533/at.ed.4331920087	
CAPÍTULO 8	97
INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	
Romildo Alves Berenguer Yane Coutinho Lira Fernanda Cavalcanti Ferreira Thaís Marques da Silva Bráulio Silva Barros Joanna Elzbieta Kulesza	
DOI 10.22533/at.ed.4331920088	
CAPÍTULO 9	110
AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Diego Silva Ferreira Hudson Chagas dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4331920089	
CAPÍTULO 10	122
POLUIÇÃO VISUAL: ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DA CIDADE DE SINOP – MT	
Cristiane Rossatto Candido Renata Mansuelo Alves Domingos João Carlos Machado Sanches	
DOI 10.22533/at.ed.43319200810	

CAPÍTULO 11 134

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NUMA EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE

Rafael Filgueira Amaral
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Lucíolo Victor Magalhães e Silva
Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Walter de Moarais Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.43319200811

CAPÍTULO 12 147

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Camila Fernanda da Silva Siqueira
Walter de Moarais Calábria Junior
Lucas Rodrigues Cavalcanti

DOI 10.22533/at.ed.43319200812

CAPÍTULO 13 159

ERROS CONSTRUTIVOS COMO ORIGEM DE PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO EM OBRAS NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB

Kleber de Sousa Batista
Maria Aparecida Bezerra Oliveira
Rafael Wandson Rocha Sena

DOI 10.22533/at.ed.43319200813

CAPÍTULO 14 171

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Luiz Oliveira Aguiar
Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.43319200814

CAPÍTULO 15 185

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA

Matheus Nunes Reis

DOI 10.22533/at.ed.43319200815

CAPÍTULO 16 199

INVESTIGAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM UM MURO DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DO RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti
Iago Santos Calábria
Amâncio da Cruz Filgueira Filho
Lucas Rodrigues Cavalcanti
Amanda de Moraes Alves Figueira
Walter de Moarais Calábria Junior

DOI 10.22533/at.ed.43319200816

CAPÍTULO 17 213

MÉTODOS E ENSAIOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DE PATOLOGIA ESTRUTURAL EM PILARES DE CONCRETO ARMADO COM BAIXA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Robson Viera da Cunha
Itallo Mahatan Danôa Lima
Delio Leal e Silva
Flavio César Fernandes
Danilo Lima da Silva
José de França Filho

DOI 10.22533/at.ed.43319200817

CAPÍTULO 18 228

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO

Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar
Pablo Luiz Oliveira Aguiar
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.43319200818

CAPÍTULO 19 241

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite
Edjanissa Kettilan Barbosa da Silva
Adri Duarte Lucena

DOI 10.22533/at.ed.43319200819

CAPÍTULO 20 257

REFORÇO ESTRUTURAL, MONOLITIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Carlos Fernando Gomes do Nascimento
José Carlos Juvenal da Silva
Thaís Marques da Silva
Felipe Figueirôa de Lima Câmara
Manueli Suêni da Costa Santos
Dandara Vitória Santana de Souza
Cristiane Santana da Silva
Esdras José Tenório Saturnino
Igor Albuquerque da Rosa Teixeira
Marília Gabriela Silva e Souza
Carlos Eduardo Gomes de Sá Filho
Eliana Cristina Barreto Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.43319200820

CAPÍTULO 21	271
ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO	
Brenno Tércio da S. Miranda	
Cícero Jefferson R. dos Santos	
Danylo de Andrade Lima	
Edmilson Roque da Silva Júnior	
Larissa Santana Batista	
Marcelo Laédson M. Ferreira	
Marco Antônio Assis de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.43319200821	
CAPÍTULO 22	288
ESTUDO SOBRE INSERÇÃO DE RASPAS DE PNEUS NO TIJOLO ECOLÓGICO FABRICADO NA REGIÃO DE TERESINA-PI	
Francisca das Chagas Oliveira	
Francisco Arlon de Oliveira Chaves	
Linardy de Moura Sousa	
Marcelo Henrique Dias Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.43319200822	
CAPÍTULO 23	297
PROJETO SEPTICA – EXPERIÊNCIAS EM EXTENSÃO PARA O SANEAMENTO RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DO BRUMADO (MARIANA – MG)	
André de Oliveira Faria	
Aníbal da Fonseca Santiago	
Jefferson de Oliveira Barbosa	
Lívia de Andrade Ribeiro	
Thainá Suzanne Alves Souza	
Thaissa Jucá Jardim Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.43319200823	
CAPÍTULO 24	310
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS	
Romildo Alves Berenguer	
Yane Coutinho Lira	
Fernanda Cavalcanti Ferreira	
Thais Marques da Silva	
Bráulio Silva Barros	
Joanna Elzbieta Kulesza	
DOI 10.22533/at.ed.43319200824	
CAPÍTULO 25	322
CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE	
Victor Nogueira Lima	
Gabriela Linhares Landim	
Larissa de Moraes Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.43319200825	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	336
ÍNDICE REMISSIVO.....	337

DURABILIDADE E DEGRADAÇÃO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REFORÇO COM FRP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Amanda Duarte Escobal Mazzú

Mestranda, PPGECiv, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
São Carlos – São Paulo

Mariana Corrêa Posterli

Doutoranda, SET, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP)
São Carlos – São Paulo

Gláucia Maria Dalfré

Professora Doutora, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
São Carlos – São Paulo

RESUMO: A utilização de polímeros reforçados com fibras (FRP - *Fiber Reinforced Polymer*, em língua inglesa) como material de reforço teve início na década de 70, tendo se consolidado como uma alternativa leve, durável e de fácil execução. Entretanto, quando se aplica o sistema de reforço baseado na colagem externa (designado na literatura internacional por técnica EBR, *Externally Bonded Reinforcement*), os materiais ficam desprotegidos e diretamente expostos à ação do meio ambiente. Sabe-se que elevada temperatura, umidade e raios ultravioletas (UV) provocam a degradação do sistema de reforço, podendo resultar em perda de aderência e redução da resistência e rigidez do elemento estrutural. Neste âmbito, um programa experimental em andamento tem o objetivo de avaliar a evolução temporal de

propriedades mecânicas (nomeadamente tensão de tração e módulo de elasticidade) de resinas epoxídicas usualmente utilizadas em sistema de reforço externo. Os resultados mais relevantes obtidos até o momento serão aqui apresentados e discutidos.

PALAVRAS-CHAVE: Reforço com FRP, Resinas epoxídicas, Durabilidade, Comportamento a longo prazo.

DURABILITY AND DEGRADATION OF STRUCTURAL ADHESIVES USED IN FRP STRENGTHENING TECHNIQUES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT: The use of Fiber Reinforced Polymers (FRP) as strengthening material began in the 70's, having been consolidated as a lightweight, durable and easy to apply alternative. However, when using the Externally Bonded Reinforcement technique (EBR), the strengthening materials are unprotected and directly susceptible to the environmental actions. It is known that high temperature, humidity and ultraviolet rays (UV) cause degradation of the strengthening systems, which can result in loss of bond and reduction of the strength and stiffness of the structural element. In this context, an ongoing experimental program aims to evaluate the temporal evolution of mechanical properties (namely tensile strength and modulus of elasticity) of epoxy resins typically used in the external strengthening technique. The most

relevant results obtained will be herein presented and discussed.

KEYWORDS: FRP strengthening, Epoxy resins, Durability, Long-term behavior.

1 | INTRODUÇÃO

A principal técnica de reforço com materiais compósitos (FRP, *Fiber Reinforced Polymer* em língua inglesa) consiste na colagem externa de mantas ou laminados do material na superfície do elemento (de concreto, aço ou madeira). Esta técnica é conhecida na literatura internacional por EBR (*Externally Bonded Reinforcement*) e permite que o reforço seja realizado de forma rápida, com pouca intervenção durante a instalação e sem a necessidade de muitos equipamentos, justificando a facilidade de aplicação. Além disso, Boer *et al.* (2013) ainda consideram a técnica de aplicação de mantas de FRP uma alternativa mais barata e durável para o reforço e recuperação de estruturas.

Embora as propriedades e vantagens do reforço utilizando FRP descritas anteriormente sejam bem conhecidas, uma vez que o sistema de reforço é colado na superfície do elemento estrutural, este permanece desprotegido e susceptível às ações ambientais. Nesse sentido, o desafio atual para os engenheiros civis está relacionado a questões que envolvem o comportamento desse material ao longo do tempo e à durabilidade do sistema de reforço, principalmente quando exposto a condições ambientais agressivas (SILVA, 2017).

Os fatores considerados mais críticos para a durabilidade dos sistemas de reforço em FRP são apresentados na Figura 1 (ISIS, 2006).

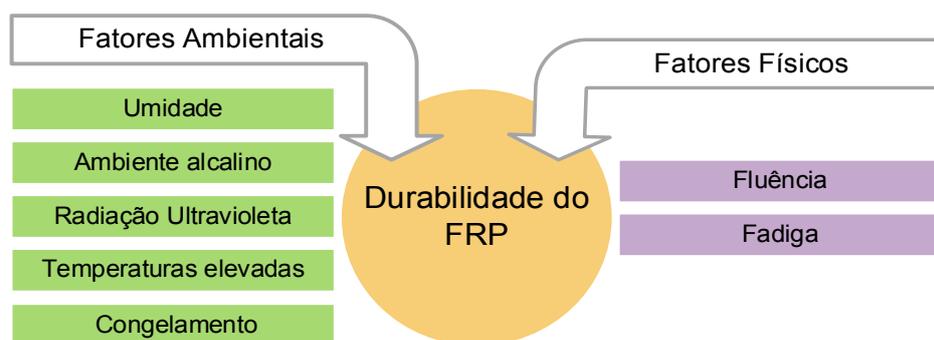


Figura 1 - Fatores que afetam a durabilidade dos compósitos de FRP (adaptado de ISIS, 2006)

A matriz polimérica tem papel importante na determinação da durabilidade do compósito quando exposto à degradação ambiental, pois além de transferir as tensões entre as fibras, seu papel também é de protegê-las. Em aplicações que envolvem o reforço externo de estruturas pela técnica EBR também é utilizado um adesivo polimérico para a adesão do compósito de FRP à superfície do concreto visando a transferência de esforços do elemento estrutural para o FRP.

A absorção de umidade pela resina epoxídica resulta primeiramente em amolecimento da matriz, ou seja, ocorre um aumento da mobilidade molecular da

matriz polimérica uma vez que as moléculas de água ocupam os espaços entre as cadeias poliméricas, reduzindo as forças coesivas intermoleculares. Este é um processo reversível que resulta em redução da temperatura de transição vítrea (T_g), a temperatura acima da qual as propriedades mecânicas do polímero mudam de um sólido rígido e frágil para as de um plástico fluido e viscoso. No caso de exposição à umidade por um longo período de tempo, ocorre simultaneamente a hidrólise, um ataque às ligações químicas da resina, modificando irreversivelmente sua estrutura química e reduzindo a sua T_g (GHORBEL; VALENTIM, 1994). Dessa forma, o enfraquecimento das ligações intermoleculares dos polímeros resulta em redução da sua resistência, módulo de elasticidade, deformação máxima e dureza (ISIS, 2006).

Yang *et al.* (2008) avaliaram o efeito da imersão de resinas epoxídicas em água por 24 meses (em temperatura constante de 23°C, 38°C e 60°C). Os resultados da pesquisa indicam uma pequena redução da T_g para as amostras mantidas à 23°C e uma redução mais expressiva para as amostras mantidas à 38°C e 60°C. Além disso foram constatadas reduções nas propriedades mecânicas das amostras de resina obtendo-se, ao fim dos 24 meses, reduções na resistência à tração de 43%, 44% e 69% e reduções no módulo de elasticidade de 36%, 40% e 68% para as temperaturas de 23°C, 38°C e 60°C, respectivamente.

A degradação dos constituintes dos polímeros quando expostos à radiação UV ocorre por meio de um mecanismo conhecido como fotodegradação, em que a radiação UV, dentro de uma gama de comprimentos de onda específicos (290 a 400nm) quebra as ligações químicas entre as cadeias poliméricas. A quebra dessas ligações só é possível pois a energia de ligação dos polímeros é menor que a energia promovida pela luz UV (KARBHARI *et al.*, 2003; TONG; WHITE, 1996; ZHAO *et al.*, 2017).

Os efeitos da fotodegradação geralmente atingem apenas poucos microns da superfície exposta do FRP. Porém, apesar da degradação superficial, os componentes poliméricos geralmente apresentam uma redução desproporcional de suas propriedades mecânicas, uma vez que as fissuras resultantes da fotodegradação superficial concentram as tensões nessas regiões e, portanto, fraturam com níveis de tensão muito menores dos esperados para amostras que não foram expostas (KARBHARI *et al.*, 2003). As fissuras resultantes da fotodegradação também atuam de maneira a aumentar a susceptibilidade dos compósitos de FRP ao ataque de outros mecanismos de degradação como a absorção de umidade e soluções alcalinas (ISIS, 2006).

Pesquisa realizada por Zhao *et al.* (2017) avaliou o comportamento de diferentes tipos de resinas poliméricas quando expostas à radiação UV. A exposição ao UV foi feita de maneira cíclica em uma câmara de envelhecimento acelerado onde os corpos de prova foram submetidos a ciclos de 8 horas com radiação UV (280 a 315nm) e 4 horas de condensação com temperatura e umidade constantes (95% e 60°C) por um total de 90 dias. Os resultados dos ensaios de tração indicaram redução de 65% na resistência à tração e redução de 69% no módulo de elasticidade das resinas éster vinílicas, enquanto as resinas epoxídicas apresentaram redução apenas do módulo de elasticidade em 20%.

Os adesivos poliméricos usualmente empregados na construção civil sofrem redução

significativa tanto de suas propriedades mecânicas quanto da sua adesão ao concreto quando expostas a temperaturas acima de sua temperatura de transição vítrea T_g (usualmente varia entre 65°C e 120°C). Quando a temperatura ambiente supera a T_g , as resinas poliméricas apresentam modificações em sua estrutura molecular provocada pelo enfraquecimento das suas ligações intermoleculares, o que causa amolecimento e redução do módulo de elasticidade da matriz (ISIS, 2006). Para temperaturas mais elevadas, entre 300°C e 500°C ocorre a decomposição das matrizes poliméricas empregadas nos compósitos de FRP (MOURITZ, 2007).

Okba *et al.* (2017) avaliaram o efeito da elevação de temperatura no comportamento de resinas do tipo poliéster e vinil éster. Após a cura das resinas (7 dias à temperatura de 23°C e umidade de 30%) elas foram mantidas à 60°C, 100°C, 150°C e 200°C por períodos de 1, 2, 3 e 6 horas. Os resultados dos ensaios de tração das resinas revelaram que, para apenas 1 hora de exposição, ocorreram reduções de 35%, 64%, 88% e 96% na resistência à tração da resina poliéster mantida à temperatura de 60°C, 100°C, 150°C e 200°C, respectivamente. Para a resina epoxídica foram obtidas reduções de 43%, 88%, 94% e 98% na resistência à tração dos corpos de prova mantidos por apenas 1 hora à temperatura de 60°C, 100°C, 150°C e 200°C, respectivamente. O aumento do tempo de exposição às temperaturas indicadas teve pouco efeito na redução das propriedades mecânicas das resinas.

A escassez de pesquisas na área e a forma pouco fundamentada que as normas ou códigos tratam as questões envolvendo o comportamento do sistema de reforço em FRP quando exposto a diferentes condições ambientais conduzem à necessidade de mais investigações na área da durabilidade e comportamento mecânico das resinas epoxídicas utilizadas para adesão ou impregnação de mantas e laminados de carbono (CFRP) ou vidro (GFRP) ao substrato de concreto segundo a técnica EBR.

Nesse sentido a presente pesquisa apresenta os principais resultados experimentais obtidos para o comportamento mecânico (nomeadamente tensão de tração e módulo de elasticidade) de adesivos epoxídicos usualmente empregados no reforço externo de estruturas de concreto quando expostos a condições de degradação acelerada.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de caracterizar a degradação de adesivos estruturais utilizados em sistemas de reforço de estruturas de concreto armado, foi conduzido um programa experimental no qual foram moldados 60 corpos de prova de resina epoxídica [resina A (*primer*) e resina B (laminação)], os quais foram expostos a uma câmara de envelhecimento acelerado. Estes corpos de prova foram submetidos a ensaio de tração uniaxial após 7 e 14 dias de cura da resina e 14, 28 e 42 dias de envelhecimento acelerado, conforme apresenta a Tabela 1.

Ambiente de exposição	Idade de ensaio	Quantidade de corpos de prova	
		Resina A (Primer)	Resina B (Laminação)
Referência (ambiente laboratorial)	7 dias (cura parcial)	6	6
	14 dias (cura completa)	6	6
Envelhecimento acelerado	14 dias	6	6
	28 dias	6	6
	42 dias	6	6
Total de corpos de prova		30	30

Tabela 1 - Campanha experimental

As principais variáveis a serem estudadas para análise da degradação dos adesivos estruturais são o comportamento tensão *versus* deformação e as alterações do módulo de elasticidade dos corpos de prova de resina epoxídica.

O programa experimental foi dividido em três etapas: confecção dos corpos de prova, exposição aos ambientes pré-definidos e caracterização dos materiais por meio de ensaios de tração uniaxial.

2.1 Confecção dos corpos de prova de resina epoxídica

Para a confecção dos corpos de prova de resina epoxídica foi necessária a utilização de moldes de teflon, garantindo-se, desta maneira, a estabilidade dimensional dos corpos de prova durante o processo de produção (DALFRÉ, 2016). A geometria dos corpos de prova de resina epoxídica seguiu as dimensões apresentadas na recomendação ISO 527-2 (2012).

A moldagem dos corpos de prova, cujo processo é apresentado na Figura 2, foi realizada primeiramente misturando-se os componentes A e B das resinas epoxídicas do tipo primer e do tipo laminação por um tempo mínimo de 3 minutos, de modo a se obter a homogeneização dos materiais. Em seguida, a mistura obtida foi lançada nos moldes de teflon, removendo-se o excesso de resina. Por fim, após 24h de cura, os corpos de prova foram desmoldados e os moldes foram limpos e preparados para nova moldagem. O processo de mistura mecânica dos componentes de resina provoca a formação de bolhas que persistem mesmo após o lançamento da resina nos moldes. Desta maneira, os corpos de prova que apresentavam uma grande quantidade de bolhas foram descartados, uma vez que este excesso de bolhas pode influenciar o desempenho à tração do material.

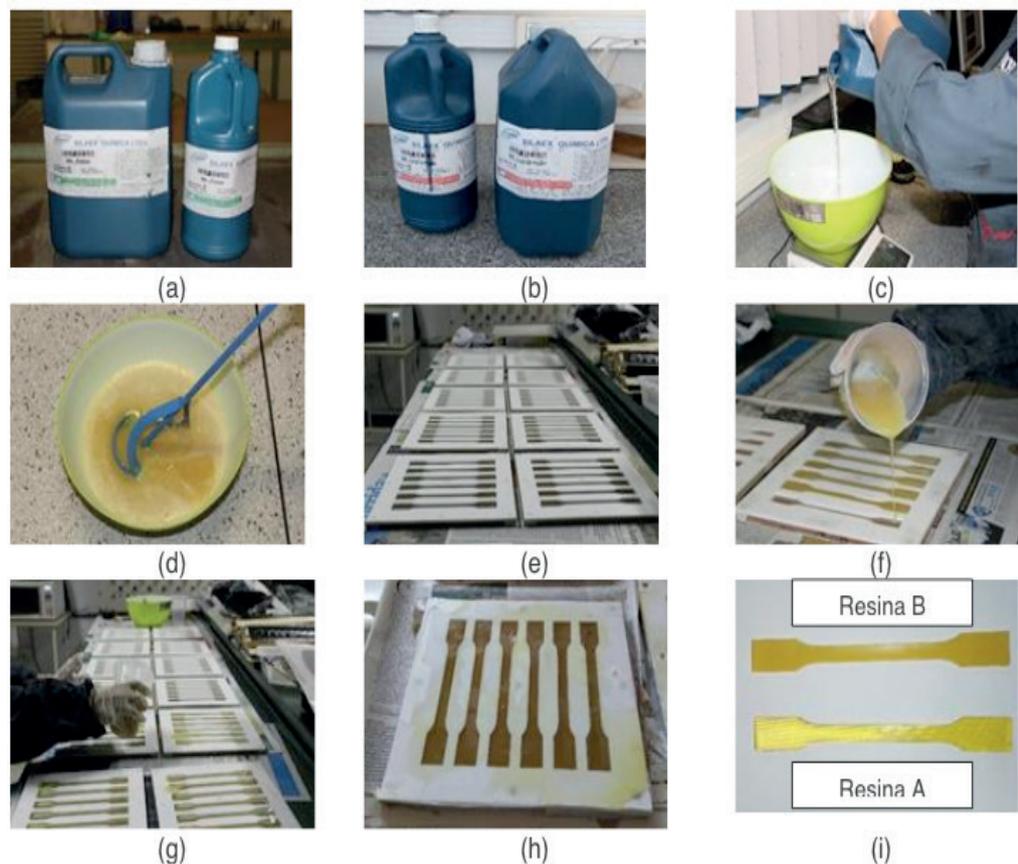


Figura 2 - (a) Resina A, (b) Resina B, (c) pesagem dos componentes, (d) mistura mecânica, (e) moldes de teflon, (f-g) lançamento da mistura nos moldes, (h) corpos de prova após 24h de cura e (i) aspecto final dos corpos de prova (ESCOBAL, 2017)

2.2 Exposição aos ambientes pré-definidos

Após o tempo necessário para cura completa dos corpos de prova de resina epoxídica (14 dias), estes foram expostos aos ambientes previamente apresentados na Tabela 1. Assim, os corpos de prova submetidos a envelhecimento acelerado foram mantidos em câmara de envelhecimento da marca Equilam, disponível no Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras (LaMEM) da Universidade de São Paulo (EESC/SET/USP), a fim de acelerar o processo de deterioração dos corpos de prova por meio da ação da irradiação UVA, UVB, condensação e choque térmico.

Para o envelhecimento acelerado foi utilizado um ciclo de 12h composto por 8h de irradiação UVB a $0,7 \text{ w/m}^2$ e $60 \text{ }^\circ\text{C}$ e 4h de vapor a $50 \text{ }^\circ\text{C}$. A Figura 3 apresenta a câmara de envelhecimento acelerado utilizada.



Figura 3 - Câmara de envelhecimento acelerado utilizada para a degradação dos corpos de prova (ESCOBAL, 2017)

2.3 Caracterização dos materiais por meio de ensaios de tração uniaxial

Com o objetivo de caracterizar a degradação de adesivos estruturais utilizados em sistemas de reforço com FRP de estruturas de concreto armado, o comportamento à tração dos corpos de prova de resina epoxídica foi obtido por meio de ensaios de tração uniaxial realizados de acordo com os procedimentos da recomendação ISO 527-2 (2012). Assim, 6 amostras foram analisadas para cada tipo de resina e idade de ensaio.

Os ensaios foram realizados em uma máquina de ensaios universal da marca Instron, modelo 5569, presente no Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com velocidade de aplicação de carga de 2 mm/min. A Figura 4 apresenta a execução do ensaio de tração uniaxial e o aspecto dos corpos de prova de Resina A após o ensaio.

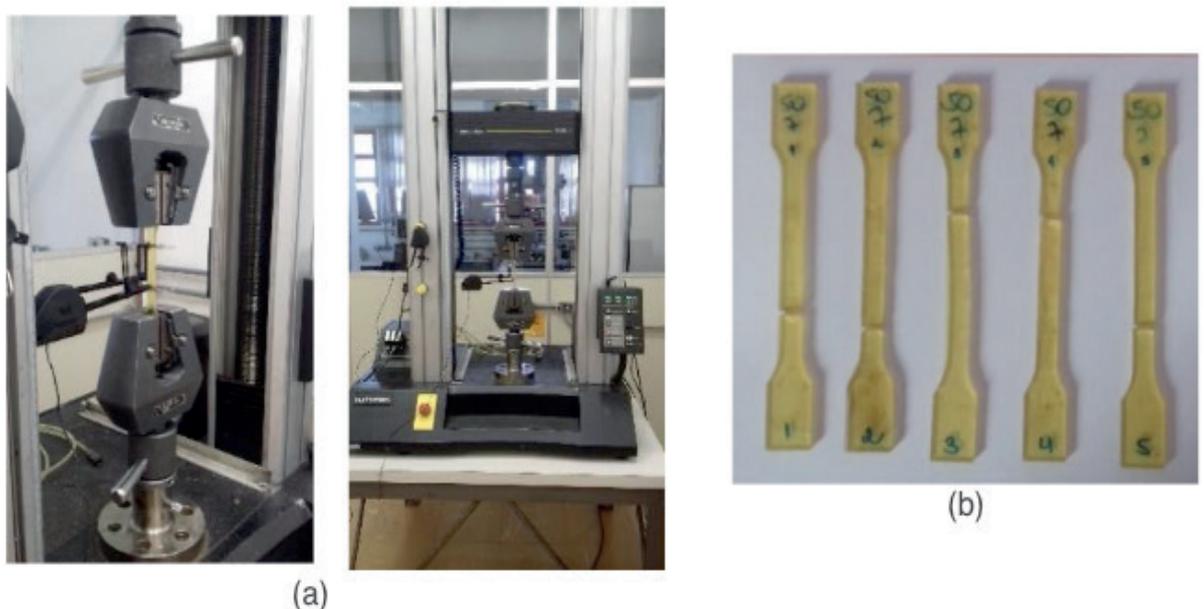


Figura 4 - Ensaio de tração uniaxial dos corpos de prova de resina epoxídica: (a) Execução do ensaio e (b) Exemplo de corpos de prova após ensaio de tração uniaxial (ESCOBAL, 2017)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos de tensão de tração máxima e módulo de elasticidade dos corpos de prova de resinas epoxídicas do tipo A e B mantidos em câmara de envelhecimento acelerado. Os corpos de prova foram submetidos a ensaio de tração uniaxial após 7 e 14 dias de cura da resina, e 14, 28 e 42 dias de envelhecimento acelerado.

3.1 Resina A (*Primer*)

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os corpos de prova de resina epoxídica do tipo *Primer*, enquanto a Figura 5 apresenta os diagramas médios tensão *versus* deformação do material analisado.

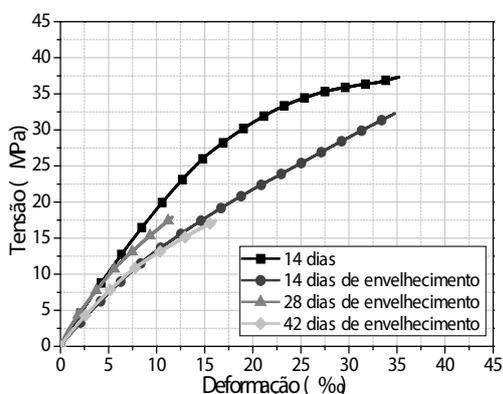


Figura 5 - Diagrama tensão versus deformação dos corpos de prova de resina epoxídica A (*primer*) (ESCOBAL, 2017)

7 dias de cura		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	34,34	1,91
2	32,85	1,98
3	31,39	2,09
4	32,73	2,20
5	-----*	-----*
6	-----*	-----*
14 dias de cura		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	33,79	2,15
2	33,13	2,52
3	38,12	2,22
4	36,28	2,09
5	39,34	2,15
6	-----*	-----*
14 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	15,04	2,06

2	12,93	1,17
3	24,75	1,53
4	22,21	1,81
5	12,50	1,58
6	25,34	1,60
28 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	15,67	2,37
2	12,01	3,51
3	11,29	3,28
4	14,02	2,09
5	16,36	1,92
6	13,10	1,91
42 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	12,54	1,89
2	12,36	1,71
3	15,91	1,86
4	10,39	1,81
5	12,63	1,81
6	20,64	1,83
* Corpos de prova descartados		

Tabela 2 - Resultados obtidos para os corpos de prova de resina epoxídica A (*primer*)

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 2, nota-se que, como esperado, há um pequeno incremento na tensão de tração máxima e no módulo de elasticidade dos corpos de prova ensaiados após 14 dias de cura, em relação aos corpos de prova ensaiados após 7 dias de cura. Como pode ser visto na Figura 5, aos 14 dias de envelhecimento acelerado, os corpos de prova já apresentaram redução em sua resistência à tração máxima (cerca de 44%) e em seu módulo de elasticidade (cerca de 24%). Aos 28 dias de envelhecimento acelerado, observou-se uma redução da resistência à tração máxima de aproximadamente 35%, em relação aos 14 dias de envelhecimento acelerado, enquanto o módulo de elasticidade apresentou aumento. Aos 42 dias de envelhecimento acelerado, a tensão de tração máxima e o módulo de elasticidade apresentaram redução.

A Figura 6 apresenta os corpos de prova de resina A após a execução dos ensaios de tração uniaxial. É possível notar um escurecimento da coloração das amostras ao longo do tempo de exposição à câmara de envelhecimento acelerado.

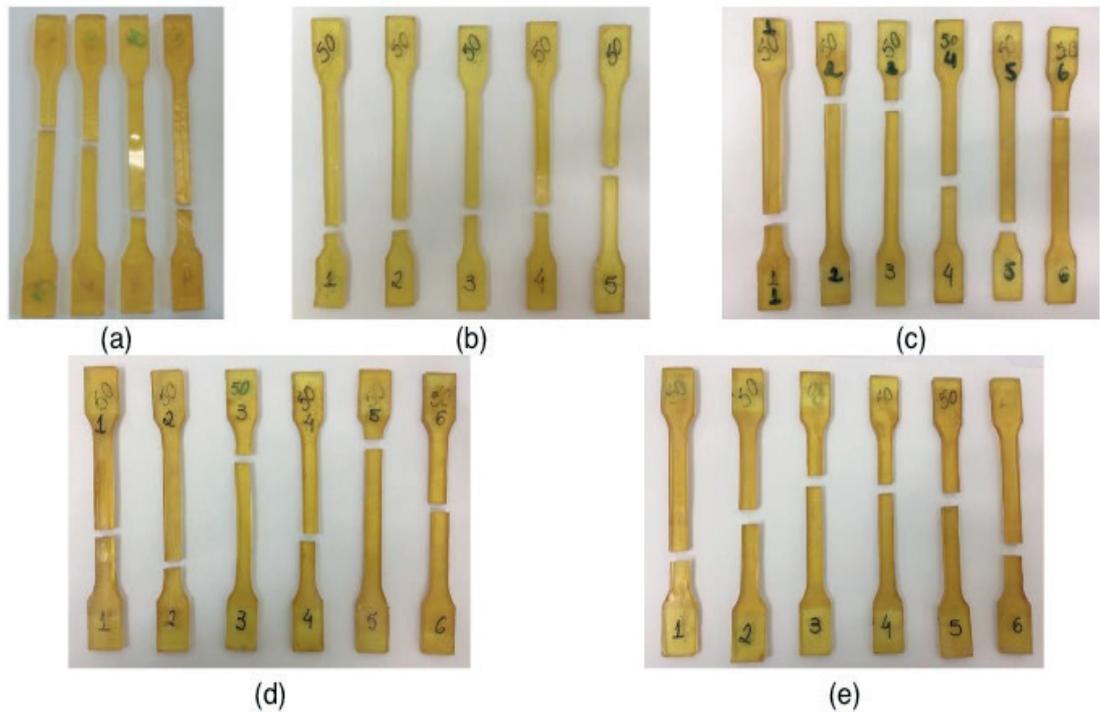


Figura 6 - Corpos de prova de resina A submetidas a ensaio de tração uniaxial: (a) 7 dias de cura, (b) 14 dias de cura, (c) 14 dias de envelhecimento acelerado, (d) 28 dias de envelhecimento e (e) 42 dias de envelhecimento acelerado (ESCOBAL, 2017)

3.2 Resina B (Laminação)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os corpos de prova de resina epoxídica B (laminação), enquanto a Figura 7 apresenta os diagramas médios tensão *versus* deformação do material analisado.

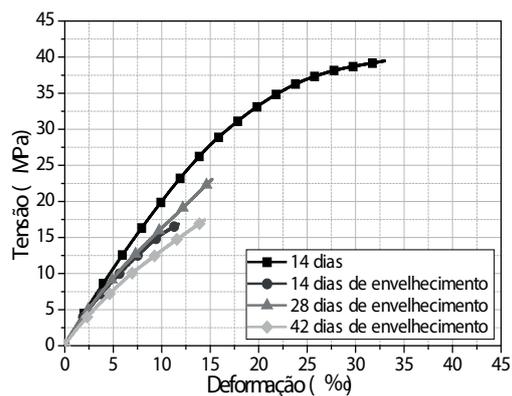


Figura 7 - Diagrama tensão *versus* deformação dos corpos de prova de resina epoxídica B (laminação) (ESCOBAL, 2017)

7 dias de cura		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	37,10	2,40
2	36,02	2,17
3	39,82	2,38

4	38,14	2,20
5	-----*	-----*
6	-----*	-----*
14 dias de cura		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	39,95	2,32
2	39,30	2,39
3	38,39	2,32
4	38,73	2,17
5	36,95	2,27
6	-----*	-----*
14 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	14,99	2,02
2	15,21	2,13
3	15,31	2,12
4	14,81	2,49
5	17,44	2,21
6	16,33	2,34
28 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	12,57	2,75
2	18,38	1,57
3	13,78	1,65
4	18,09	2,15
5	19,70	2,23
6	11,83	3,14
42 dias de envelhecimento acelerado		
Amostra	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	16,35	1,39
2	12,62	2,25
3	14,58	1,80
4	12,34	1,95
5	-----*	-----*
6	-----*	-----*
* Corpos de prova descartados		

Tabela 3 - Resultados obtidos para os corpos de prova de resina epoxídica B (laminação)

Como pode ser visto na Tabela 3, a tensão de tração máxima e o módulo de elasticidade praticamente não apresentaram mudanças entre 7 e 14 dias de cura da resina. Observando-se a Figura 7 é possível perceber que após 14 dias de envelhecimento acelerado, a tensão de tração máxima apresentou uma grande redução (cerca de 60%), enquanto o módulo de elasticidade se manteve aproximadamente constante (redução de apenas 3%). A partir de 14 dias de envelhecimento acelerado, a tensão de tração máxima e o módulo de elasticidade pouco se alteraram.

A Figura 8 apresenta os corpos de prova de resina B após a execução dos ensaios de tração uniaxial. É possível perceber, da mesma forma já mencionada para os corpos

de prova de resina A, um escurecimento da coloração das amostras, apresentado um aspecto cada vez mais envelhecido.

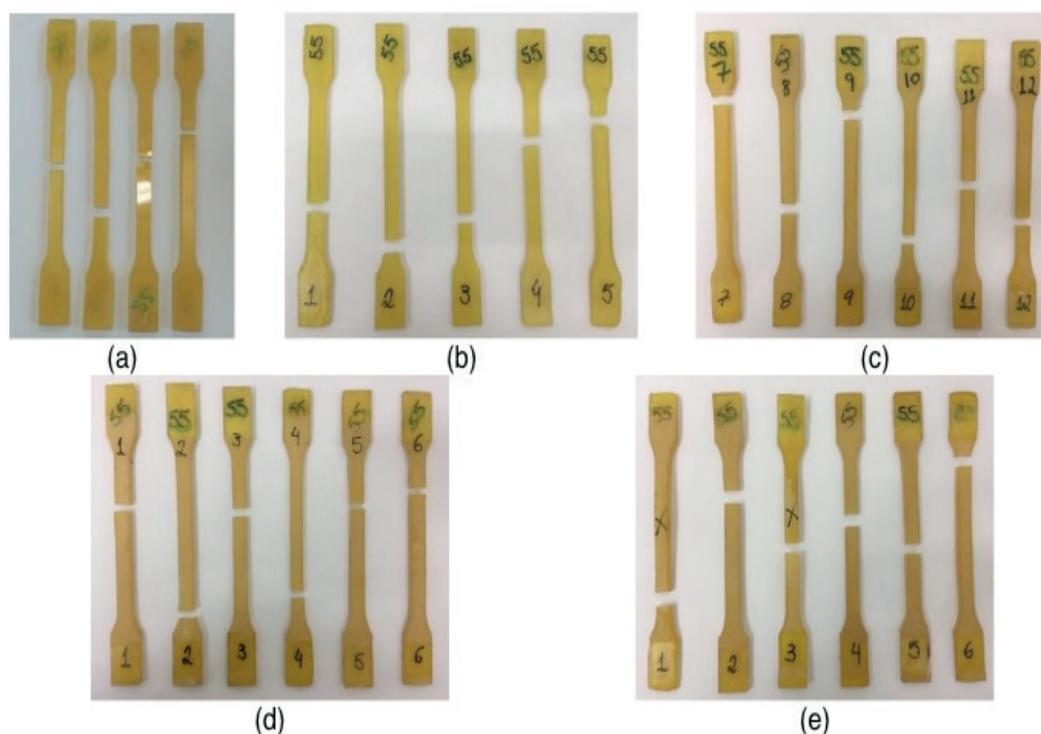


Figura 8 - Corpos de prova de resina B submetidas a ensaio de tração uniaxial: (a) 7 dias de cura, (b) 14 dias de cura, (c) 14 dias de envelhecimento acelerado, (d) 28 dias de envelhecimento e (e) 42 dias de envelhecimento acelerado (ESCOBAL, 2017)

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho baseou-se na análise experimental da degradação das propriedades mecânicas (nomeadamente, resistência à tração máxima e módulo de elasticidade) de resinas epoxídicas utilizadas como adesivos estruturais em sistemas de reforço de estruturas de concreto armado. O foco deste trabalho foi o estudo do envelhecimento acelerado, com vistas a se obter uma aproximação da realidade encontrada em estruturas de concreto armado reforçadas externamente segundo a técnica *Externally Bonded Reinforcement* (EBR). Para além disso, ainda está sendo conduzido um programa experimental que visa obter um melhor entendimento da degradação de resinas epoxídicas frente a sua exposição às intempéries, umidade constante e ciclos de umidade.

Com base na análise dos resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que, com relação ao envelhecimento acelerado de amostras de resina epoxídica A (*primer*) e B (laminação), a tensão de tração máxima atingida pelos corpos de prova foi afetada significativamente, assim como foram observadas alterações no módulo de elasticidade dos corpos de prova.

Desta maneira, verifica-se, com base nos resultados, a degradação das propriedades mecânicas destes materiais ao longo do tempo. Uma vez que na técnica de reforço EBR, que consiste na colagem externa do material de reforço na estrutura

a ser reforçada, o adesivo é responsável pela aderência das fibras ao substrato e pela eficaz transferência de tensões, o entendimento acerca de seu comportamento em longo prazo é de grande importância.

REFERÊNCIAS

BOER, P.; HOLLIDAY, L.; KANG, T.H.K. **Independent environmental effects on durability of fiber-reinforced polymer wraps in civil applications: A review**. Construction and Building Materials, v.18, p.360-370, 2013.

DALFRÉ, G. M. **Projeto Universal CNPq 483720/2013-5: Estudo da degradação da aderência de compósitos colados a superfícies de concreto armado quando submetidos a ciclos de umidade e carbonatação**. Relatório Técnico, CNPq. 2016.

ESCOBAL, A. D. **Caracterização da degradação de adesivos estruturais utilizados em sistemas de reforço de estruturas de concreto armado**. Relatório Final de Iniciação Científica, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). 2017.

GHORBEL, I.; VALENTIN, D. **Hydrothermal effects on the physico-chemical properties of pure and glass fiber reinforced polyester and vinylester resins**. Polymer Composites, v.14, n.4, p.324-334, 1994.

ISIS. **Durability of FRP Composites for Construction: Educational Module no.8**. The Canadian Network of Centers of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures, ISIS Canada Corporation, Manitoba, Canada, 2006.

ISO 527-2. **Plastics - Determination of Tensile Properties - Part 2: Test Conditions for Moulding and Extrusion Plastics**. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland, 2012.

KARBHARI, V.M.; CHIN, J.W.; HUNSTON, D.; BENMOKRANE, B.; JUSKA, T.; MORGAN, R.; LESKO, J.J.; SORATHIA, U.; REYNAUD, D. **Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure**. Journal of Composites for Construction, v.7, n.3, p.238-247, 2003.

MOURITZ, A.P. **Durability of Composites exposed to elevated temperature and fire**. In: KARBHARI, V.M. Durability of Composites for Civil Structural Applications, USA: CRC Press, 2007. Cap.6, p.98-125.

OKBA, S.H.; NASR, E.A.; HELMY, A.I.I.; YOUSEF, I.A. **Effect of thermal exposure on the mechanical properties of polymer adhesives**. Construction and Building Materials, v.135, p.490-504, 2017.

SILVA, P.M. **Time-dependent behavior and durability of RC slabs strengthened with NSM CFRP strips**. Thesis, Universidade do Minho, Portugal, 2017.

TONG, L.; WHITE, J.R. **Photo-oxidation of thermoplastics in bending and in uniaxial compression**. Polymer Degradation and Stability, v.53, p.381-396, 1996.

YANG, Q.; GUIJUN, X.; KARBHARI, V. **Hygrothermal ageing of an epoxy adhesive used in FRP strengthening of concrete**. Journal of Applied Polymer Science, v.107, n.4, p. 2607-2617, 2008.

ZHAO, J.; CAI, G.; CUI, L.; LARBI, A.S.; TSAVDARIDIS, K.D. **Deterioration of basic Properties of the materials in FRP-strengthening RC Structures under Ultraviolet Exposure**. Polymers, v.9, n.402, p.1-18, 2017.

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTO DE CURA QUÍMICA FORMADOR DE MEMBRANA NA PROFUNDIDADE CARBONATADA DO CONCRETO

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – Ceará

Daniel Mendes Pinheiro

Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

Wilton Luís Leal Filho

Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

João Mateus Reis Melo

Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

RESUMO: A água vem se tornando um material mais escasso, e cada vez mais se evita seu desperdício, seja em atividades diárias ou em grandes obras. Recentemente, vem se popularizando a substituição das técnicas de cura úmida para um sistema de cura alternativo que não haja consumo de água. Um desses métodos alternativos se dá por meio do cobrimento da superfície do concreto através da utilização de produtos químicos formadores de membranas, recebendo também, o nome de cura química. O propósito deste trabalho é realizar ensaios experimentais, a fim de avaliar a influência da cura química no processo de carbonatação das peças de concreto, principalmente em áreas de condições ambientais severas. Para isso foram

desenvolvidos durante este estudo, as etapas de moldagem, cura durante os sete primeiros dias, rompimento de corpos de prova e análise da profundidade carbonatada com aplicação de solução alcóolica de fenolftaleína a 1%, submetendo-os a três tipos de curas diferentes: por molhagens diárias, química e ao ar livre. Foi possível observar que a cura química apresentou resultados significativamente próximos ao da cura úmida convencional, sendo viável a sua substituição, levando-se em conta, evidentemente, o tipo de controle das estruturas curadas.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, cura química, carbonatação.

APPLICATION INFLUENCE OF LIQUID MEMBRANE-FORMING COMPOUNDS FOR CURING ON THE CONCRETE CARBONATION DEPTH

ABSTRACT: The water is becoming scarcer and more and more waste is avoided, whether in daily activities or major works. Recently, has become popular the replacement of water curing techniques for an alternative curing system that does not consume water. One of these alternative methods is by covering the surface of the concrete through the use of liquid membrane-forming compound, also known as curing compound. The purpose of this work is to

perform experimental tests in order to evaluate the influence of curing compound on the carbonation process of concrete parts, especially in areas with severe environmental conditions. To this, was developed the steps of molding, curing during the first seven days, breaking of specimens and analysis of the carbonated depth with the application of alcoholic solution of phenolphthalein at 1%, subjecting them to three types of different cures: water conventional, compound and in the open air. It was possible to observe that the curing compound presented results that were significantly close to the conventional water curing, and its substitution was feasible, taking into account, of course, the type of control of the cured structures.

KEYWORDS: Concrete, curing compound, carbonation.

1 | INTRODUÇÃO

Quando o concreto é exposto ao meio ambiente, ocorre a evaporação da água utilizada no amassamento. Essa perda de umidade irá reduzir o fator água/cimento inicial da mistura, afetando o processo de hidratação do cimento e, portanto, diminuindo a qualidade do concreto. Dessa forma, se faz necessário a realização de certas operações de cura, que segundo Helene (2013), é o conjunto de procedimentos adotados para proteger a superfície dos elementos estruturais, evitando evaporações precoces. A NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto - Procedimento (ABNT, 2004) corrobora a importância de proteger a superfície das estruturas quando afirma que a secagem é um dos agentes deletérios mais comuns ao concreto em seu início de vida.

A água vem se tornando um material mais escasso, e cada vez mais se evita seu desperdício, seja em atividades diárias ou em grandes obras. Na construção civil, já se fala sobre atividades que permitam o reuso da mesma, e, recentemente, vem se popularizando a substituição das técnicas de cura úmida para um sistema de cura alternativo que não haja consumo de água, não apenas para poupar o meio ambiente, mas também para promover a execução de obras mesmo em áreas remotas onde há escassez deste material, afirma Patil e Vyawahare (2014). Um desses métodos alternativos se dá por meio do cobrimento da superfície do concreto através da utilização de produtos químicos formadores de membranas, recebendo também, o nome de cura química.

Com essas alterações nos métodos de execução, surge portanto, uma necessidade de se fazer investigações relativas às características deste tipo de cura, dentre elas, o efeito na profundidade carbonatada da superfície do concreto. Portanto, o propósito deste trabalho é realizar ensaios experimentais, a fim de avaliar a influência da cura química no processo de carbonatação das peças de concreto. Para isso foram desenvolvidos durante este estudo, as etapas de moldagem, cura durante os sete primeiros dias, rompimento de corpos de prova e análise da profundidade carbonatada com aplicação de solução alcóolica de fenolftaleína a 1%, submetendo-os a três tipos

de curas diferentes: por molhagens diárias, química e ao ar livre.

2 | CURA DO CONCRETO

Os efeitos negativos de uma cura inadequada não são percebidos a olho nu e muitas vezes só irão se manifestar anos depois, por isso é tão negligenciada, afirma Helene (2013).

Segundo YE (2006) e ACI Committee 308R (2001), a região do concreto que sofrerá esses efeitos se estende da superfície da peça a uma profundidade que pode variar entre 5 e 20 milímetros, assim, como consequência de um processo de cura mal feito, o concreto poderá apresentar trincas e fissuras (ASTM C156, 2005), superfícies porosas proporcionando baixa resistência ao ataque dos agentes agressivos (HELENE, 2013) e corrosão da armadura (ABCP, 2002).

Elementos estruturais não submetidos à cura adequada possuem uma camada superficial frágil, permitindo que ocorra o processo de carbonatação de forma acelerada. As armaduras do concreto armado ou protendido estão protegidas da corrosão devido à alcalinidade da água presente no concreto afirma Battagin (2002), porém quando ocorre o processo de carbonatação, esse ambiente alcalino pode ser neutralizado pela ação do gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera. O gás reage com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) presente no concreto, dando origem ao carbonato de cálcio (CaCO_3), reduzindo o pH do concreto e despассивando a armadura.

Visto a necessidade da realização do processo de cura nos primeiros dias do concreto, esta pode ser realizada de três maneiras, que podem ser descritos de um modo geral como cura por molhagem, cura por membrana e cura acelerada. O primeiro método consiste em embeber o concreto em água, sendo o mais empregado nas obras e com o uso de aspersores. O segundo método consiste em impedir a perda de água pela superfície, sem a possibilidade de ingresso de água do exterior para o concreto. Segundo Neville (1997) as técnicas usadas para alcançar esses resultados incluem, dentre outras: o cobrimento da superfície do concreto com mantas ou papel reforçado e a utilização de compostos aplicados por pulverização formadores de membrana. Já a cura acelerada é realizada por meio de métodos que aceleram o ganho de resistência através do fornecimento de calor e umidade.

Vários graus de eficiências podem ser alcançados por meio de vários métodos de cura, pois dependem entre outras coisas, do material utilizado, do método de construção e da utilização prevista para o concreto endurecido (NAHATAA et al, 2013). Além de fatores ambientais como velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura atmosférica, que são mais difíceis de serem controlados e por isso influem diretamente na escolha do método.

2.1 Cura úmida

Este método consiste, de modo geral, em embeber o concreto em água. É desejável que “a superfície do concreto esteja continuamente em contato com água durante um período de tempo estabelecido, iniciando-se tão logo a superfície do concreto não seja mais danificada pelo contato com a água” (NEVILLE, 1997). Sendo que não deve haver gotejamento de água para evitar cavitação nos blocos (ABCP, 2002).

É fundamental que a água de cura seja isenta de substâncias que possam atacar o concreto endurecido. Além do que, o ACI Committee 308R (2001) recomenda que a diferença entre as temperaturas da água e do concreto não ultrapasse 11°C, para evitar choque térmico ou gradientes acentuados de temperatura.

Este método é o mais empregado nas obras e em grande maioria faz-se uso de aspersores, durante o período designado. Porém, é bastante negligenciado, pois comumente este processo acaba limitando-se apenas à molhagem de estruturas recém concretadas poucas vezes ao dia e por um curto período de tempo, geralmente devido a não contratação de um trabalhador propriamente para esta atividade, tornando-se, portanto, uma atividade de segundo plano.

2.2 Cura por membranas

Com base em Kosmakta et al (2003) e Neville (1997), pode-se definir a cura por membranas como sendo aquelas que agem de forma a reduzir a perda da água pela superfície do concreto. As técnicas usadas incluem cobertura da superfície do concreto com mantas ou papéis reforçados impermeáveis e a utilização de compostos químicos aplicados, em grande maioria, por pulverização e que formam uma membrana protetora na superfície. As mantas podem ser negras, o que é preferível em tempo frio, ou brancas, que têm a vantagem de refletir a radiação solar no tempo quente. Já para os compostos químicos, pode ser adicionado um pigmento branco ou de alumínio para reduzir a absorção da radiação solar, além de servir para indicar as regiões em que o produto não foi adequadamente aplicado.

O método que faz uso desses compostos formadores de membrana é conhecido como cura química e sua eficácia depende da qualidade dos produtos utilizados, do tempo transcorrido até o início da aplicação e da uniformidade da aplicação do produto na superfície (PEINADO, 2013). Uma das vantagens deste tipo em relação à realizada por molhagem é que não há a necessidade de adições periódicas do agente de cura na superfície da estrutura (KOSMAKTA, 2003), gerando economia de recursos.

Akinwumi e Gbadamosi (2014) não recomendam o uso dos métodos de cura química para misturas em que o fator água/cimento é menor que 0.4, isto porque, esses concretos não possuem água suficiente para uma completa hidratação.

A cura química é mais indicada para grandes áreas de concreto as quais estão expostas a grandes períodos de luz solar, ventos fortes e outras influências ambientais, sugere Kishore (2016). Indicando ainda para pavimentos de concreto, pistas de

aeroportos, tabuleiro de pontes, pisos de indústrias, barragens etc. Thomaz (2016) alerta que, no caso de emboços que receberão revestimento cerâmico fixado com argamassa colante, a cura química deve ser evitada ou utilizada com muito cuidado. Isto porque a película formada pelos produtos químicos tende a prejudicar ou mesmo impedir a aderência.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Na realização do processo químico foi utilizado um agente de cura de pronto uso a base de resinas sintéticas e aditivos especiais que atende à norma ASTM C309 e, segundo catálogo, quando aplicado sobre o concreto forma um filme protetor não aderente, transparente e brilhoso, que tem a finalidade de evitar a evaporação rápida de água da massa do concreto, exposto ao calor e vento, impedindo a diminuição da resistência, evitando a formação de trincas, fissuras e carbonatação.

A membrana formada pelos produtos químicos é constituída normalmente por emulsões de água ou solventes com base de resina acrílica, estireno e butadieno, ou ainda dispersões de ceras. Após o composto ser aplicado, a água ou solvente evapora, deixando para trás a cera ou resina que forma a membrana sob a superfície (VANDENBOSSCHE, 1999).

Os produtos químicos formadores de membrana são classificados de acordo com a cor adquirida após a aplicação e quanto ao tipo de constituinte sólido presente no líquido. O Quadro 1 mostra a tabela elaborada por Vandebossche (1999) contendo a classificação feita pelo American Society for Testing and Materials (ASTM) C309 e American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) M148, que são equivalentes. O produto utilizado se classifica, portanto, como Tipo 1 (cor) e Classe B (material).

Cor		Material	
Tipo	Descrição	Classe	Descrição
1	Transparente antes da secagem	A	Sem restrições
1-D	Transparente após secagem	B	Resina
2	Pigmentada		

Quadro 1 – Classificação dos produtos químicos formadores de membrana segundo a ASTM C 309 e AASHTO M 148

Fonte – Vandebossche (1999), traduzido por autores, 2019.

Sua aplicação deve ser realizada em uma única demão, com o uso de pulverizadores de baixa pressão para grandes áreas para garantir a uniformidade e velocidade da aplicação, tão logo finalizado o processo de concretagem e imediatamente após o desaparecimento da água de exsudação. Em casos onde as áreas são pequenas,

o composto pode ser aplicado com uso de pincel ou rolo de pintura (ACI Committee 308R, 2001). O Quadro 2 apresenta as demais características do produto químico utilizado.

Base química	Aparência	Tempo de secagem	Temperatura de aplicação	Embalagem	Rendimento
Emulsão de resinas sintéticas	Líquido leitoso transparente	30 à 40 minutos	Entre 5°C e 29°C	Balde de 20Kg	Em média 250gr/m ²

Quadro 2 – Características e propriedades do produto

Fonte – Os autores, 2019.

3.2 Métodos

Para avaliação da influência da cura sobre a durabilidade das estruturas de concreto, considerando o aspecto da carbonatação, foram moldados 36 corpos de prova, de dimensões 10x20cm, no Laboratório de Materiais de Construção do Centro de Tecnologias da Universidade Federal do Piauí – UFPI, segundo as recomendações da NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2003), utilizando cimento Portland CII-E-32 RS obtido no comércio local, seixo, areia e água, provenientes do próprio laboratório.

A confecção dos corpos de prova foi realizada utilizando traço 1:2:3 (volume) e fator água/cimento igual a 0,55, com utilização de betoneira. No dia seguinte a moldagem, foram retirados dos moldes e dado início aos processos de cura. Para o estudo foram comparados três processos: químico, úmido por molhagem e secagem ao ar livre. As aplicações destes métodos foram realizadas de forma a melhor representar os sistemas de cura realizados nos canteiros de obras, se dando da seguinte maneira, respectivamente: aplicação de produto químico formador de membrana; molhagem dos corpos de prova com aspersão de água e secagem natural sem aplicação de produtos ou água.

Na Figura 1 é possível observar a aparência da superfície dos corpos de prova durante a aplicação do produto químico antes do processo de secagem ocorrer por completo, pois nesse último estágio a membrana é transparente e imperceptível.



Figura 1 – Aparência da aplicação do produto na peça: imediatamente após a aplicação (à esquerda) e após 10 minutos de secagem (à direita)

Fonte – Os autores, 2019.

Os corpos de prova foram ensaiados nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias, onde foi realizada a verificação da profundidade da seção carbonatada através de fragmentos resultantes da ruptura, com a aplicação de solução alcóolica de fenolftaleína a 1% (Figura 2), segundo as recomendações da CPC-18 – Measurement of hardened concrete carbonation depth (RILEM, 1988).

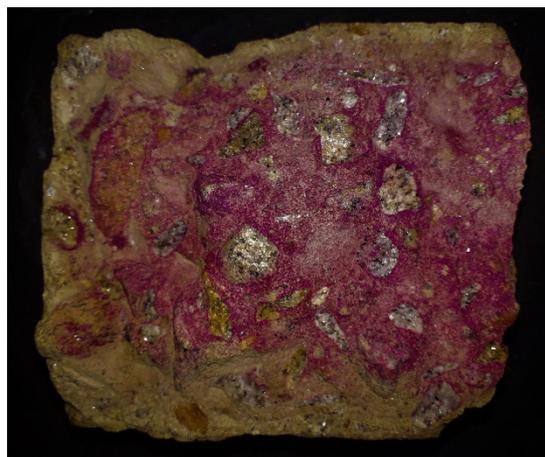


Figura 2 – Aparência do corpo de prova após aplicação da fenolftaleína, destacando a parte carbonatada (cinza) da não carbonatada (rosa)

Fonte – Os autores, 2019.

As condições climáticas as quais foram expostos os corpos de prova, podem ser visualizadas nas Figuras 3 a 5. Os resultados obtidos, portanto, servem como referência para condições ambientais severas com temperatura média de 31,7 °C e umidade relativa média de 25%, com baixa incidência de chuvas.

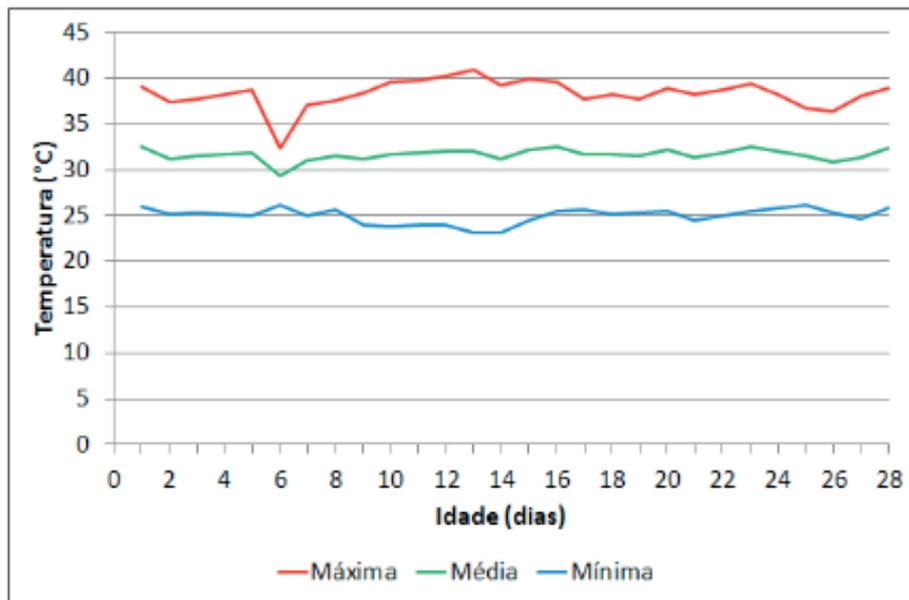


Figura 3 – Variação da temperatura durante o processo de exposição dos corpos de prova

Fonte – Dados da Rede do INMET, 2019.

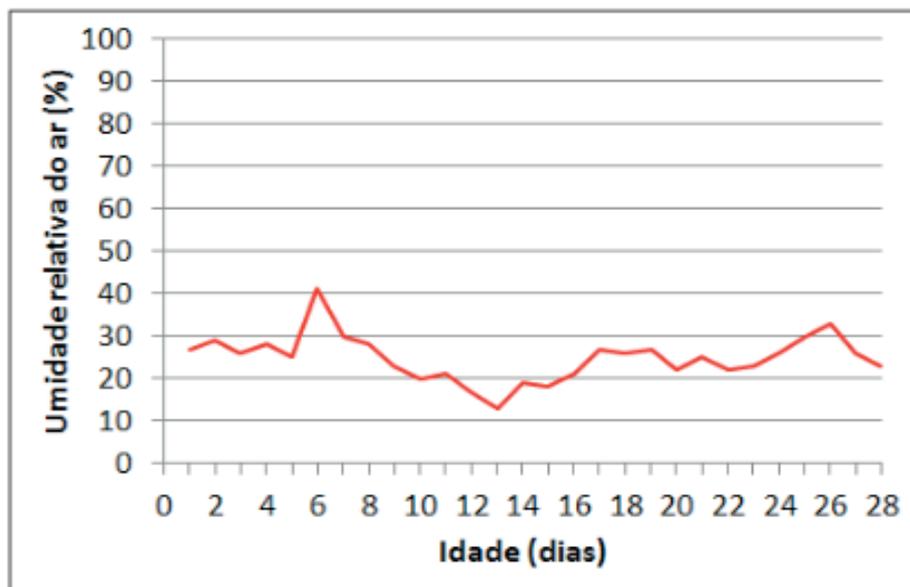


Figura 4 – Variação da umidade relativa do ar durante o processo de exposição dos corpos de prova

Fonte – Dados da Rede do INMET, 2019.

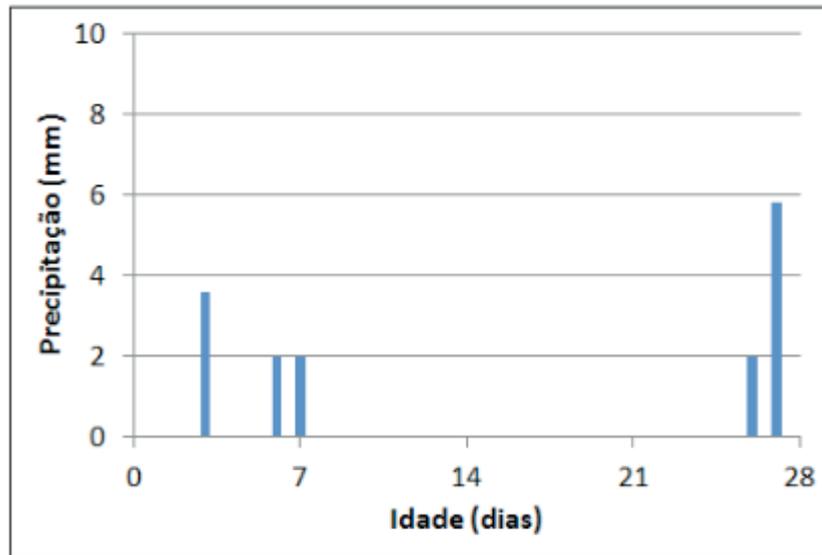


Figura 5 – Precipitação diária durante o processo de exposição dos corpos de prova

Fonte – Dados da Rede do INMET, 2019.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os corpos de prova ensaiados nas idades de 3 e 7 dias, não houve variação na profundidade da seção carbonatada. Os resultados encontrados para 14 e 28 dias podem ser vistos na Figura 6.

Devido às condições severas de exposição ao qual foram submetidos os corpos de prova, os mesmos apresentaram valores relativamente altos para as baixas idades ensaiadas. Corroborando a importância do alto controle e aplicação dos processos de cura em concordância com as condições ambientais locais.

Aos 28 dias de idade, a cura por molhagem apresentou melhor resultado em profundidade carbonatada, seguida pela química. Pode-se constatar então, que a membrana superficial formada pelo produto químico aplicado foi capaz de proteger a superfície da peça do contato com o gás carbônico atmosférico, impedindo a ocorrência das reações responsáveis por reduzir o pH do concreto e despassivação a armadura.

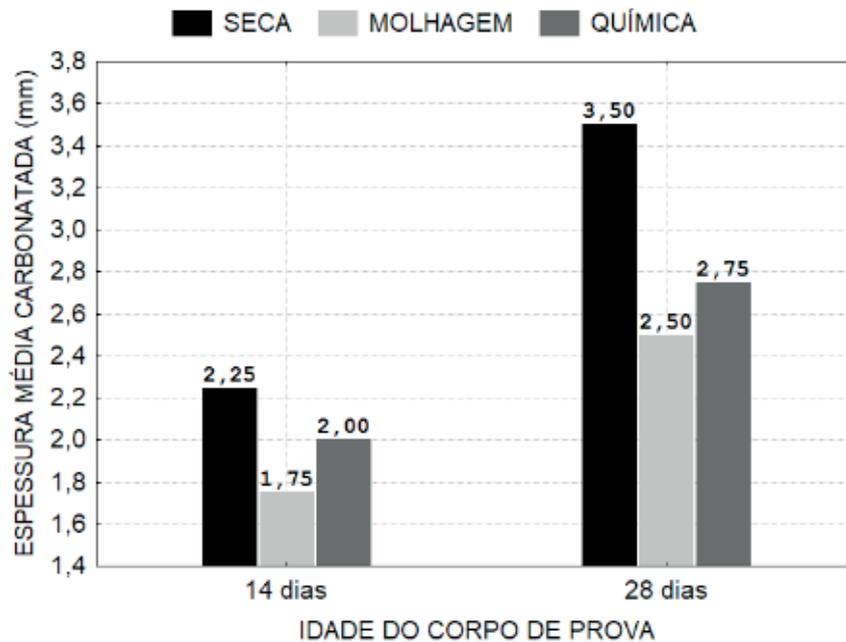


Figura 6 – Comparação da espessura média carbonatada para cada idade

Fonte – Os autores, 2019.

5 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pela cura seca (ao ar livre) mostram o quão necessária é a aplicação dos métodos de cura nas idades iniciais do concreto, principalmente quando em exposição à condições ambientais severas, devido aos altos valores obtidos de profundidade carbonatada sendo ineficiente na proteção contra o processo de carbonatação.

A cura química realizada por meio de produto formador de membrana apresentou resultados bem próximos aos obtidos pelo método convencional de cura úmida, sendo, portanto, viável a sua substituição, levando-se em conta, evidentemente, o tipo de controle das estruturas curadas.

É importante ressaltar que, antes de escolher o tipo de cura a ser utilizado em uma obra deve-se analisar as condições de exposição e dimensões da peça, a duração de aplicação, a mão de obra disponível e o nível de controle de qualidade dos materiais. Tornando-se necessária a determinação e a inclusão dos processos de cura no planejamento da obra a fim de se obter os melhores resultados possíveis financeira e estruturalmente.

Contudo, o maior benefício proporcionado pela substituição dos processos de cura úmida pela química, está na preservação do principal recurso natural utilizado no mundo, a água. Visto que, a aplicação do produto químico dispensa o consumo desse, sendo uma importante atividade para o aumento da sustentabilidade na construção civil.

REFERÊNCIAS

ACI Committee 308. **Standard Practice for Curing Concrete**, ACI 308-01, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2001, 11 pag.

AKINWUMI, I.I.; GBADAMOSI, Z.O. **Effects of Curing Condition and Curing Period on the Compressive Strength Development of Plain Concrete**. In: International Journal of Civil and Environmental Research (IJCER), v. 1, n. 2, 2014, p. 83-99.

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). **GUIA BÁSICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND**. Ed. 7, São Paulo, 2002, p. 1-28.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003, p. 1-9.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004, p. 1-53.

ASTM C156. **Water retention by liquid membrane forming curing compounds for concrete**. In: Technical Bulletins, 2005.

ASTM C309. **Requirements in an Advanced Industry**. In: Technical Bulletins, 2014, p. 1-2.

BATTAGIN, A. F. **Influência das Condições de Cura em Algumas Propriedades dos Concretos Convencionais e de Alto Desempenho**. In: Congresso Brasileiro, 44. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), 2002.

HELENE, Paulo; LEVY, Salomon, **Cura do Concreto** (Boletim Técnico), ALCONPAT, 2013.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: abril/2019

KISHORE, K. **Concrete Curing Compound**. Civil Engineering Portal, 2016. Disponível em: <<https://www.engineeringcivil.com/concrete-curing-compound.html>>. Acesso em: abril/2019.

KOSMAKTA, S. H. et al. **Design and Control of Concrete Mixtures**, EB001, 14ed. Portland Cement Association, Stokie, Illinois, USA, 2003.

NAHATAA, Y.; KHOLIAB, N.; TANK, T. G. **Effect of Curing Methods on Efficiency of Curing of Cement Mortar**. In: International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICBEE), International Conference on Civil Engineering (ICCEN), 2013. APCBEE Procedia, v. 9, 2013, p. 222 – 229.

NEVILLE, Adam Matthew, **Propriedades do concreto**. Tradução Salvador E. Giammusso. 2ed. São Paulo: Pini, 1997.

PATIL, A. A.; VYAWAHARE, M. R. **Comparative study on compressive strength of Self cured SCC and Normally cured SCC**. In: Journal of Engineering Research and Applications, v. 4, n. 1, versão 5, 2014, p.139-142.

PEINADO, Hugo Sefrian. **Conheça as alternativas para fazer a cura de elementos de concreto**. Técnica, ed. 201, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/artigo302570-1.aspx>>. Acesso em: abril/2019.

RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES ET EXPERTS DES MATÉRIAUX (RILEM). CPC-18, **Measurement of hardened concrete carbonation depth**. 1988, 3 pag.

THOMAZ, Ercio. **Em que situações a cura química é mais recomendada do que a cura úmida.** Técnica, ed. 226, jan. 2016. Disponível em: < <http://www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/226/em-que-situacoes-a-cura-quimica-e-mais-recomendada-do-367399-1.aspx>>. Acesso em: abril/2019.

VANDENBOSSCHE, J. M. P.E. **A Review of the Curing Compounds and Application Techniques Used by the Minnesota Department of Transportation for Concrete Pavements.** In: Office of Minnesota Road Research. St Paul-Minnesota, 1999.

YE, D. G. et al. **Literature Review of Curing in Portland Cement Concrete Pavement. Texas Department of Transportation.** Texas: Center for Transportation Research at The University of Texas at Austi, 2006.

ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina - Piauí

Hildegard Elias Barbosa Barros

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina – Piauí

Diego Silva Ferreira

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina - Piauí

RESUMO: Como os sistemas de revestimentos de fachadas zelam por uma aparência estética agradável e protegem o edifício contra a degradação é necessário conhecer a que tipo de alteração este edifício está suscetível. Dado que, patologia é uma modificação estrutural que interfere no desempenho e na durabilidade de uma construção de modo a obstruir sua vida útil, exige-se entender a razão para o acontecimento deste problema que provoca falhas e prejudica qualquer obra tanto fisicamente como estruturalmente com o decorrer do tempo. Desta forma, este presente trabalho tem o intuito de identificar as patologias mais comuns expostas no revestimento externo de fachada com manifestação em pintura de um edifício residencial, no Piauí, de maneira a incrementar informações relevantes sobre tal assunto encontrando alternativas viáveis que

resolvam os problemas detectados que possam reduzir ou até mesmo prevenir tais problemas servindo, assim, de auxílio para estudos futuros. É importante frisar que o edifício em análise é composto por quatro fachadas, porém neste trabalho o estudo é restringido apenas à fachada que possui maior índice de patologias. Neste contexto, foi preciso ter feito uma revisão de literatura sobre as principais patologias existentes em revestimentos de pintura em edifícios, suas causas e origens e alguns modos corretos de solução de forma a reforçar no estudo de caso real que foi realizado. Chegou-se ao entendimento que a atividade técnica de manutenção efetuada corretamente é imprescindível para o incentivo da conservação das edificações, e no quesito de vir a impedir o surgimento de danos mais graves.

PALAVRAS-CHAVE: Fachada, Revestimento, Edifício, Patologias.

CASE STUDY OF PATHOLOGIES OBSERVED IN EXTERNAL FACADE CLADDING WITH PAINTING MANIFESTATIONS OF A RESIDENTIAL BUILDING

ABSTRACT: As facade cladding systems ensure a pleasant aesthetic appearance and protect the building against degradation, it is necessary to know what kind of alteration this building is susceptible to. Since pathology is a

structural modification that interferes with the performance and durability of a building in order to obstruct its useful life, it is necessary to understand the reason for the occurrence of this problem that causes failures and damages any work both physically and structurally with the over time. In this way, this work intends to identify the most common pathologies exposed in the exterior facade with painting manifestation of a residential building, in Piauí, in order to increase relevant information on this subject finding viable alternatives that solve the detected problems which may reduce or even prevent such problems and thus serve as an aid to future studies. It is important to emphasize that the building in analysis is composed of four facades, but in this work the study is restricted only to the faade that has the highest index of pathologies. In this context, it was necessary to have a literature review on the main pathologies existing in paint coatings in buildings, their causes and origins and some correct ways of solution in order to reinforce in the real case study that was done. It was understood that the technical maintenance activity carried out correctly is essential for encouraging the conservation of buildings, and in order to prevent the occurrence of more serious damages.

KEYWORDS: Facade, Facing, Building, Pathologies.

1 | INTRODUAO

Nos revestimentos externos, as manifestaoes patol3gicas originam-se de tal forma a provocar desconforto e insegurana aos usuários e, al3m disso, significam pren3ncios de problemas mais graves que podem aparecer ao longo do tempo. Qualquer alteraao que comprometa a estrutura ou a fisionomia de uma construao 3 considerada uma patologia.

As fachadas, por sua zona estrat3gica, s3o a parte do edif3cio mais exposta 3s intemp3ries naturais e, conseq3entemente, sofrem mais rapidamente com a degradaao. Elas podem ser denominadas de fachada principal (fachada da frente) e as demais, fachada posterior e fachadas laterais, que envolvem a edificaao limitando, assim, dois espaos distintos: o interior e o exterior. Ou seja, a fachada 3 caracterizada como cada uma das faces de qualquer edificaao.

Assim sendo, a fachada de um edif3cio est3 prop3cia a desgastar-se mais facilmente devido a sua exposiao vis3vel, como visto anteriormente, e h3 algumas manifestaoes patol3gicas em revestimento externo que exigem uma an3lise detalhada para poder-se chegar a t3cnicas de resoluao, a fim de melhorar o aspecto est3tico do edif3cio e evitar ou minimizar poss3veis falhas.

A identificaao e correao dessas falhas, contribuem para aumentar a vida 3til dos revestimentos e, certamente, aumentam o grau de valorizaao est3tico da cidade gerando bem-estar aos usuários. Um dos aspectos de durabilidade, 3 manter a est3tica das fachadas de revestimento de forma a permanecer intacta a sua apar3ncia original.

Para tanto, faz-se necess3rio um bom estudo precedente a fim de encontrar

êxito no tratamento das patologias em fachadas de revestimento. É preciso descobrir o diagnóstico correto e conhecer as características e funcionamento do local a ser tratado para que ocorra a melhor escolha da técnica e dos materiais executáveis a serem utilizados neste procedimento de tratamento. Desta maneira, após a escolha de uma intervenção adequada, a partir de métodos de manutenção, é necessário que sejam tomadas medidas de proteção, considerando a vida útil prevista, as condições do ambiente, a natureza dos materiais e a agressividade.

À vista disso, apesar de existir patologias em fachadas de revestimentos argamassados, cerâmicos, entre outros, o presente trabalho tem como objetivo específico estudar os problemas patológicos que aparecem na fachada de revestimento externo com manifestação em pintura que apresenta grande incidência desses problemas que modificaram a aparência original de um edifício residencial, no Piauí, permitindo a disseminação de conceitos e correções que possam resolver esses problemas que decorrem destas patologias e, também, sirva como consulta para pesquisas futuras.

2 | PATOLOGIAS DE FACHADAS E SISTEMA DE REVESTIMENTO

A patologia de fachadas por estar relacionada à segurança da edificação, tornou-se um assunto que ganhou importância, em nível internacional, como um estudo de problemas mais comuns na construção civil. Os sintomas, as causas e soluções dessas patologias, são informações já vistas como primordiais para o ramo da Engenharia, pois sabe-se que o sistema de revestimento não só se preocupa com o aspecto visual do edifício, mas com a melhoria da estanqueidade da vedação, regularização e acabamento final da fachada.

Logo, para este estudo de caso, deve-se primeiramente entender o sistema de revestimento em pintura na qual o autor Sabbatini et al (2003) define: o sistema de pintura como um conjunto de tintas de fundo (seladores, primers anticorrosivos, fundos preparadores de superfície), massas de nivelamento (massa corrida, massa a óleo, massa para madeira) e tinta (e vernizes) de acabamento, que são formulados a partir de uma mesma resina. Acrescentam que os principais sistemas de pintura utilizados na construção imobiliária são os baseados nas resinas PVA, acrílicas e alquídicas.

Segundo o mesmo autor, a pintura tem duas funções principais: a de proteção do substrato e a função decorativa ou estética. A pintura aplicada exerce a função de camada de sacrifício que evita a degradação precoce do substrato. Quando aplicada sobre revestimentos de argamassa, protege o mesmo contra o esfarelamento e a ação da umidade, diminui a absorção de água e inibe o desenvolvimento de fungos e bolores. Quando aplicada sobre alvenaria aparente, reduz a absorção de água. A sua aplicação altera significativamente o aspecto final do edifício.

Para que o sistema de revestimento possua uma exterioridade valorizada, já que este é a etapa da obra que determina a fisionomia do edifício, torna-se necessário a

identificação com exatidão de patologias de fachadas. Pois depois de conhecê-las, é claramente possível definir origem, causa e modo de intervir.

Por isso, este estudo tem por meta desenvolver averiguações de meio a acrescentar conhecimento, com uma análise feita em revestimento externo de pintura na fachada que mais apresenta desvantagem quanto à estética de um edifício residencial, no Piauí.

2.1 Composição do sistema de revestimento

Em um sistema de revestimento de fachada deve ser levado em consideração tudo aquilo que prejudica sua vida útil e desempenho. Ou seja, é preciso que os materiais que irão compor o revestimento sejam de qualidade para que a aparência do edifício fique bem-acabada e mantenha-se apropriada para atingir o objetivo de durabilidade pré-estabelecido.

Mesmo que exista elementos que são considerados desprezíveis, no que diz respeito à qualidade dos materiais, ao projeto e a construção da fachada, há a influência destes na aparência do edifício e que pode, certamente, dificultar reparações.

Adiante, serão apresentados os principais revestimentos aplicados e à título de demonstração, tem-se a Figura 1.

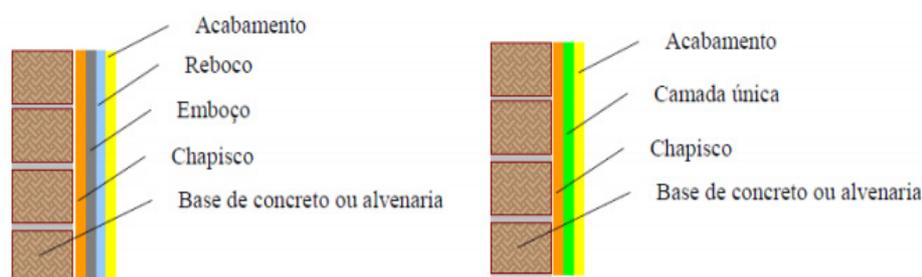


Figura 1 – A evolução dos conceitos e aplicação da qualidade

Fonte – Diogo, 2007.

Verifica-se na NBR 13530 (1995), que os revestimentos podem ser de camada única ou de duas camadas. Sendo que, segundo a NBR 13529 (1995), o revestimento de camada única é composto por um único tipo de argamassa aplicada sobre a base de revestimento, em uma ou mais demãos. Já o revestimento de duas camadas é constituído por emboço e reboco aplicados sobre a base de revestimento, conforme ilustrado na Figura 1.

Para Silva (2006), o emboço tem como função regularizar a superfície, de modo a preparar para o recebimento de outra camada, de reboco ou de acabamento decorativo. Pode também ser de camada única ou reboco “paulista” (popularmente denominado em obras). Já o reboco é a camada executada após o emboço e pode receber acabamento decorativo ou constituir o acabamento final, quando o acabamento

é feito em pintura.

Para o mesmo autor, o chapisco, diferente do emboço e reboco, não constitui uma camada de revestimento. Ele é definido como uma camada de preparação da base, de forma a proporcionar boa aderência da argamassa ao substrato.

2.2 Causas e origens de patologias

As falhas que acontecem no andamento de uma ou mais tarefas do processo da construção civil, são as que originam as patologias. Conforme Helene (2003), “o processo de construção e uso pode ser dividido em cinco etapas: planejamento, projeto, fabricação dos materiais e componentes fora do canteiro, execução e uso”. As quatro primeiras etapas dispõem um tempo relativo curto, em relação ao quinto - uso, etapa mais longa que envolve a operação e manutenção das edificações, que geralmente são utilizadas mais de cinquenta anos.

Geralmente, muitos dos agentes causadores dessas anomalias tais como: infiltração e danos por umidade, cargas solicitantes, agentes atmosféricos e biológicos, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas, incompatibilidade de materiais, entre outros, estão paralelamente ligados a erros que acontecem no âmbito da construção como, por exemplo, a má execução do projeto, na escolha de materiais de péssima qualidade, no mal planejamento, etc.

3 | REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Principais patologias em fachadas de revestimento externo com pintura

Com o objetivo de reforçar no estudo de caso, a seguir é feito uma revisão de algumas das possíveis patologias que podem ser encontradas frequentemente em fachadas de revestimento externo com pintura de modo que sirva como assessoria no processo de identificação da patologia correta no estudo de caso que foi realizado no edifício residencial.

Baseando-se na literatura de Vieira (2007):

Eflorescência: É definida como acúmulo salinos que surgem na superfície do revestimento provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria. Ocorre quando a pintura é aplicada sobre o reboco úmido, ainda não curado completamente. A secagem do reboco acontece por eliminação de água sob forma de vapor, que arrasta metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) solúveis do interior para a superfície pintada, onde se deposita, causando manchas esbranquiçadas. O problema pode ocorrer também em superfícies de cimento-amianto, concreto, tijolo, entre outros.

Desagregação: É a desunião da pintura, que se fragmenta e destaca-se da superfície junto com partes do reboco. O problema ocorre quando a tinta é aplicada antes da cura completa do reboco.

Saponificação: É o estágio seguinte da eflorescência com o surgimento de manchas na superfície pintada e que, geralmente, provocam o descascamento da tinta, retardamento indefinido da secagem de tintas à base de resinas alquídicas, o que deixa a superfície pegajosa. A patologia é causada pela alcalinidade do cimento que na presença de certo grau de umidade, o substrato reage com a acidez característica de alguns tipos de resina (tinta óleo, esmalte), acarretando a saponificação. Para evitar o problema é necessário, antes de pintar o reboco, aguardar até que o mesmo esteja seco e curado (cerca de 28 dias).

Descascamentos: Placas de tinta que se soltam da parede. Pode ocorrer quando a superfície a ser pintada está empoeirada ou com partes soltas, tais como: reboco novo não lixado e caiação. Qualquer tinta aplicada sobre a caiação está sujeita a descascar rapidamente. Para que isto não ocorra, antes de pintar devem ser eliminadas as partes soltas ou mal aderidas, raspando ou escovando a superfície. Em centros industriais, com grande concentração de poluentes ou regiões à beira mar, os sais da superfície devem ser removidos com água sob pressão.

Manchas causadas por pingos de chuvas: Os revestimentos estão sujeitos à ação da umidade e microrganismos, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e conseqüentemente aparecimento de manchas; os pingos ao molharem a pintura recém executada, trazem à superfície os materiais solúveis da tinta, surgindo as manchas. Para eliminá-las basta lavar o local com água, sem esfregar.

Enrugamento: Pode ser decorrente da aplicação de películas de camadas de tinta excessivas, seja em uma ou mais demãos; quando a temperatura no momento da pintura se encontra elevada ou, ainda, quando se utiliza solvente diverso de aguarrás como diluente de esmalte sintético.

Fissuras horizontais: Aparecem com frequência em alvenarias do último andar de edifícios. A fissura ocorre na argamassa de assentamento, principalmente. São ocasionadas pela expansão desta por retardação na hidratação do óxido de magnésio da cal, pela reação do sulfato com o cimento ou devido à existência de material expansivo como argilo-minerais, por exemplo. Apresenta-se em locais onde a parede possui aberturas ou deslocamento das placas no revestimento. Uma maneira de tratar esta patologia é renovando o revestimento depois da hidratação concluída da cal da argamassa de assentamento.

Fissuras mapeadas: São frutos da retração da argamassa com muitos finos de agregados e devido ao deslocamento de placas. Além disso, podem ser causadas por excesso de cimento resultando em um reboco muito rígido. A presença dessa patologia é reconhecida por se distribuir em monocamada na superfície do revestimento. A correção é feita através da renovação da pintura e, no caso de deslocamento, renovação do revestimento.

4 | ESTUDO DE CASO

4.1 Metodologia

Para atingir aos objetivos propostos, foi adotada uma metodologia baseada em três etapas. Na primeira etapa, as manifestações patológicas foram identificadas através da inspeção visual e informações colhidas pelos proprietários do edifício; na segunda etapa, foi feito uma análise do estado das patologias encontradas no sistema de revestimento de pintura na fachada mais danificada; e na terceira e última etapa, realizou-se uma relação entre a revisão de literatura e o levantamento de dados obtido para determinar a patologia correta presente no revestimento e o procedimento certo a ser executado para tratar a anomalia.

4.1.1 PRIMEIRA ETAPA

Adiante, é apresentado algumas informações obtidas pelo proprietário que caracterizam o edifício:

- Localização: zona norte da cidade de Teresina – PI.
- Área: 785 X 1280 m².
- O edifício tem 2 pavimentos.
- Data da construção: 1995.
- Fundação: sapata.
- Estrutura: concreto com fechamento em alvenaria.
- Fachada de revestimento externo: de pintura do tipo acrílica e cor verde primavera.
- 3 anos sem manutenção e sem vistoria desde à pintura mais recente.
- Telhado de amianto.

Notou-se que o topo da fachada e locais mais próximos a este são os lugares de maior incidência das patologias, conforme pode ser visto na Figura 2. Segundo o proprietário, na posição desses locais há grande incidência solar e acrescenta afirmando que o clima de Teresina é insuportavelmente quente ao longo do ano chegando a temperaturas elevadas equivalentes a 40°C. Além disso, segundo o mesmo, complementou dizendo que quando a cidade está em períodos chuvosos as gotas de chuva atingem os mesmos locais citados anteriormente. Com isso, a fachada exposta sofre com variação de temperatura frequente (originando fissuras).

Também foi identificado falhas na cobertura que podem ter contribuído para o desenvolvimento das patologias de fachada. Estas falhas são: há a hipótese da calha, feita de metal (observar a Figura 3), ter impermeabilização inadequada na qual gera

umidade constante devido à infiltração de águas pluviais e, assim, a parede externa da fachada fica úmida; há a falta de pingadeira e não há rufo no topo da parede. Consequentemente, a água acaba se acumulando na parte superior da alvenaria, migrando sob o revestimento fazendo com que a água percole pelos poros dos materiais e, assim, ocorre uma saturação na argamassa na qual a água acaba saindo pelos pontos da superfície de revestimento.

Desta forma, foi facilmente percebido nesse estudo de caso que há a grande possibilidade de erros de projeto acompanhado de má execução sendo estes os principais motivos do surgimento de patologias que deterioraram a aparência da cor original da pintura do edifício.



Figura 2 – Fachada do edifício que mais sofre com a presença de patologias

Fonte – O autor, 2017.



Figura 3 – Calha feita de metal

Fonte – O autor, 2017.

4.1.2 SEGUNDA ETAPA

Observa-se na Figura 2 o péssimo estado da fachada na qual o edifício é visto. A grande proporção de manchas, eflorescências e fissuras (ver Figura 4) que realmente comprometem a estética evidencia tal fato. Este estado demonstra a baixa qualidade da pintura utilizada e dos materiais, o mal planejamento, negligenciamento quanto às técnicas adequadas para a execução e a mão de obra não especializada.

Vale salientar que o prédio possui quatro fachadas e apenas uma sofre excessivamente com a influência das patologias (Figura 2). Na análise dos estados das patologias do prédio percebeu-se que a explicação para tal fato é a mesma explanada na primeira etapa de acordo com o proprietário. Ou seja, devido à posição da fachada às intempéries naturais.

Fez-se uma estimativa quanto a situação do prédio, para embasamento do estudo, através das manifestações patológicas reconhecidas na fachada mais atingida: manchas que afetam 61%, eflorescência 17%, fissuras 14%, descascamento 5% e desagregação 3%.

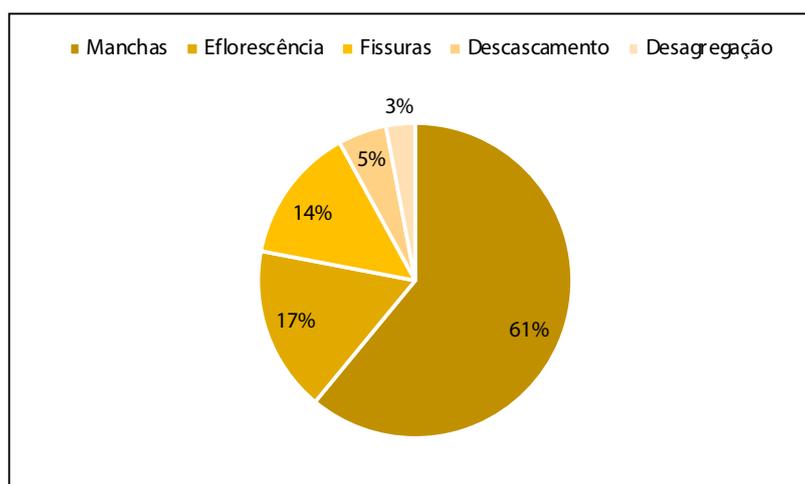


Figura 4 – Gráfico contendo as proporções das patologias identificadas do estudo de caso

Fonte – O autor, 2017.

4.1.3 TERCEIRA ETAPA

Utilizando como consulta a revisão de literatura, foi possível determinar a patologia correta presente no edifício residencial, suas possíveis causas e a partir disso encontrar alternativas viáveis que possam eliminar o problema.

Em suma, no estudo real que foi realizado verifica-se a presença de tais patologias: eflorescência, fissuras horizontais, fissuras mapeadas, desagregação, descascamentos e manchas.

Eflorescência: Patologia identificada pela presença das manchas esbranquiçadas que, provavelmente, teve como causas no edifício pelo o mal planejamento da quantidade de cal a ser utilizada e não houve a espera quanto ao processo de cura (36 horas de descanso) da mistura cal, areia e água na etapa de preparação da argamassa para o emboço. No tratamento deste problema, faz-se necessário realizar uma lavagem da superfície com água limpa, remoção da solubilidade dos sais presentes no revestimento e restauração da superfície de revestimento. Observar Figura 5.



Figura 5 – Eflorescência

Fonte – O autor, 2017.

Fissuras horizontais: Patologia identificada que pode ter sido causada pela expansão da argamassa de assentamento por hidratação retardada, do óxido de magnésio da cal. Uma forma de reparo é a renovação do revestimento após hidratação completa da cal da argamassa de assentamento. Observar Figura 6.

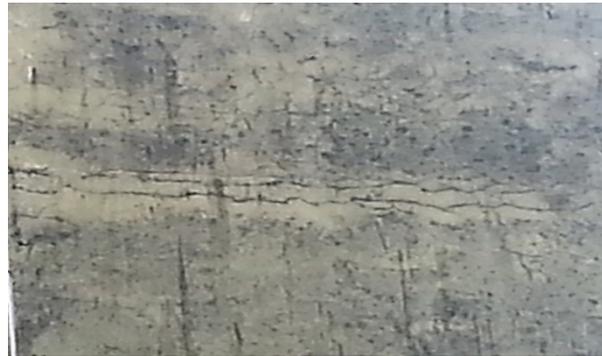


Figura 6 – Fissuras horizontais

Fonte – O autor, 2017.

Fissuras mapeadas: Uma das prováveis causas foi a retração de base. O ideal para reparar esse tipo de patologia é a renovação do revestimento e renovação da pintura. Observar Figura 7.



Figura 7 – Fissuras mapeadas

Fonte – O autor, 2017.

Desagregação: Essa patologia teve como prováveis causas a aplicação da tinta ou massa corrida sobre reboco em processo de cura, parede com umidade ou sobre reboco muito arenoso. Para tratar esta patologia é sugerido que se faça uma raspagem superficial da pintura e posteriormente aplicar uma nova camada de pintura com a base devidamente seca e aderente (lisa). Observar Figura 8.



Figura 8 – Desagregação

Fonte – O autor, 2017.

Descascamentos: Teve como causas prováveis a má preparação da superfície, contaminada com partículas sólidas soltas ou gordura; pintura sobre superfície com temperatura elevada; má aderência da tinta devido à diluição incorreta e aplicação da tinta sobre o reboco sem a cura adequada. Na correção da patologia deve-se melhorar a limpeza superficial, eliminando partículas sólidas e soltas; lixar as partes afetadas removendo as imperfeições, buscando nivelar a superfície e repintar conforme orientações do fabricante; nunca aplicar tintas sobre superfícies aquecidas acima de 52° C; ajustar a viscosidade de maneira a garantir a tensão superficial baixa para uma completa umectação da superfície. Observar Figura 9.



Figura 9 – Descascamento da pintura

Fonte – O autor, 2017.

Manchas: Pode ter sido ocasionada devido à homogeneidade inadequada da tinta, ou através de equipamentos ou aparelhos contaminados com algum agente agressor; respingos de solventes até mesmo a água, por pingos de chuva, a má formulação da mesma, ou seja, utilização de tinta de baixa qualidade e muito porosa e aplicação da tinta em uma superfície que não tenha sido selada. A correção dessa patologia deve ser feita limpando a superfície afetada com uma solução de água e 10% de amoníaco ou com algum tipo de detergente com base dessa substância. Caso a mancha persista, refazer a pintura e se desejado aplicar uma demão de fundo preparador para paredes e, por consequência, fazer o acabamento. Observar Figura 10.



Figura 10 – Manchas

Fonte – O autor, 2017.

5 | CONCLUSÕES

Chegou-se à conclusão de que a maior parte das patologias de fachadas são originadas, principalmente, pela falta de medidas de execução adequadas. Destaca-se ainda que para que haja um tratamento e recuperação da fachada, é necessário compreender o correto diagnóstico de tais patologias. Assim, como a construção civil é suscetível a erros e falhas devido ao trabalho manual, é importante que o planejamento da obra seja bem elaborado seguido de uma mão de obra especializada e qualificada, bem como uma manutenção preventiva sendo como a principal técnica a ser aplicada para permitir a redução ou prevenção de surgimento de danos mais graves.

As patologias que apareceram com maior frequência no edifício em estudo foram: manchas, eflorescências e fissuras. Neste cenário, é previsto que as ocorrências destas patologias podem ter sido causadas pelo uso de uma tinta de má qualidade ou inapropriada para uso externo, desconsideração quanto aos tempos de cura de cada camada que compõe o sistema de revestimento, retração e/ou expansão da argamassa de assentamento. Por isso, faz-se necessário a identificação do correto diagnóstico para tratar as anomalias. Com base na revisão de literatura, tornou-se

acessível recomendar instruções válidas para tais tratamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13530**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1995.

DIOGO, G. M. Q. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachada de edifícios**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo.

HELENE, P. R. L. **Manual de reabilitação de Estruturas de Concreto – Reparo, Reforço e Proteção**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003.

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. **Características das argamassas de revestimento**: critério para escolha. In: Tecnologia de produção de revestimentos. Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica, São Paulo, 2003.

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**. 2006. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção), Universidade de Brasília, Brasília.

VIEIRA, F.A.G. **Patologia em revestimento de fachadas**. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville.

ESTUDO DAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA PONTE DO BRAGUETO EM BRASÍLIA - DF

Erick Costa Sousa

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal
Brasília – DF

Juliano Rodrigues da Silva

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal
Brasília – DF

Marcelle Eloí Rodrigues

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal
Brasília – DF

Maysa Batista Rocha

UDF – Centro Universitário do Distrito Federal
Brasília – DF

RESUMO: Neste trabalho foi realizado um estudo das principais patologias presentes na Ponte do Bragueto, situada em Brasília Distrito Federal. Primeiramente foi desenvolvida uma revisão bibliográfica sobre as patologias em estruturas de concreto e suas causas, posteriormente a classificação das patologias encontradas utilizando como metodologia a GDE/UnB (2015) e a Norma DNIT (2006), fornecendo assim com esse estudo uma análise técnica sobre a atual situação da ponte juntamente com uma proposta de intervenção. Posteriormente a aplicação das metodologias citadas foi identificada de acordo com a metodologia GDE/UnB (2015) que a ponte precisa de intervenção imediata e que sejam realizadas as devidas obras

de manutenção. Os resultados encontrados de acordo a metodologia DNIT foram mais brandas, relatando que a ponte necessita de manutenções, porém sem grande urgência.

PALAVRAS-CHAVE: Ponte, Patologias, Bragueto, GDE/UNB, Estruturas.

STUDY OF THE PRINCIPAL PATHOLOGIES IN THE STRUCTURE OF THE PONTE DO BRAGUETO IN BRASÍLIA – DF

ABSTRACT: In this work a study of the main pathologies present in the Ponte do Bragueto, located in Brasilia, Federal District, was carried out. Firstly, a bibliographic review was carried out on the pathologies in concrete structures and their causes, later on the classification of the pathologies found using GDE / UnB (2015) and DNIT (2006) as the methodology, thus providing a technical analysis on the current situation of the bridge together with a proposal for intervention. Subsequently the application of the mentioned methodologies was identified according to the methodology GDE / UnB (2015) that the bridge needs immediate intervention and that the necessary maintenance works are carried out. The results found according to the DNIT methodology were more lenient, reporting that the bridge needs maintenance, but without great urgency.

KEYWORDS: *Bridge, Pathologies, Bragueto,*

1 | INTRODUÇÃO

Obras de Arte Especial (OAE) são construções realizadas por intermédio de artifícios que fogem do que é executado de forma tradicional, como por exemplo, casas e prédios. Segundo a terminologia rodoviária e ferroviária vigente, as pontes e viadutos podem ser classificadas como tais.

Dentre as várias características das Obras de Construção Civil é oferecer segurança aos usuários que fazem o seu uso, entretanto, observa-se que tais medidas não têm ocupado a devida importância e o cumprimento dos prazos de manutenção apresenta-se falho. A preservação de grandes estruturas deve ser motivo de estudo. Ressalta-se tamanha importância que a NBR (Norma Brasileira) 9452:2016 traz um conjunto de orientações a respeito de vistorias de pontes e viadutos de concreto e como tais resultados devem ser avaliados e apresentados.

2 | OBJETO DE ESTUDO

A Ponte do Bragueto, situada em Brasília Distrito Federal (DF), é uma mescla das duas estruturas, viaduto e ponte. O nome da Ponte do Bragueto vem da empresa Braghetto, responsável pela construção da ponte, que se iniciou no ano de 1960 e foi inaugurada em junho de 1961. A ponte possui 180 metros de extensão, 29 metros de largura e 4 metros de altura, localizada de acordo as seguintes coordenadas, 15°43' S 47° 53' W.

De acordo com o Departamento de Estradas e Rodagens do Distrito Federal (DER-DF), o fluxo diário no local é de 80 mil veículos (DER-DF, 2013). Possui extrema importância cultural e econômica por se tratar de realizar a ligação da área Norte do Distrito Federal à Região Central do Distrito Federal.

Foi executada em concreto protendido, referente aos parâmetros do projeto original não encontramos registros junto ao DER-DF. De acordo com o projeto de reforço datado no ano de 1998, foi utilizado concreto com Resistência Característica do Concreto a compressão F_{ck} de 18 Mega Pascal (MPa) e utilização dos aços CA-50 e CA-60.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Metodologias Aplicadas

3.1.1 Metodologia GDE/UNB (2015)

A Metodologia GDE/UNB (2015) pode ser empregada para determinar quantitativamente o grau de deterioração em estruturas de concreto armado

convencionais. Na Figura 2.1 é mostrado o passo a passo para a utilização da metodologia.

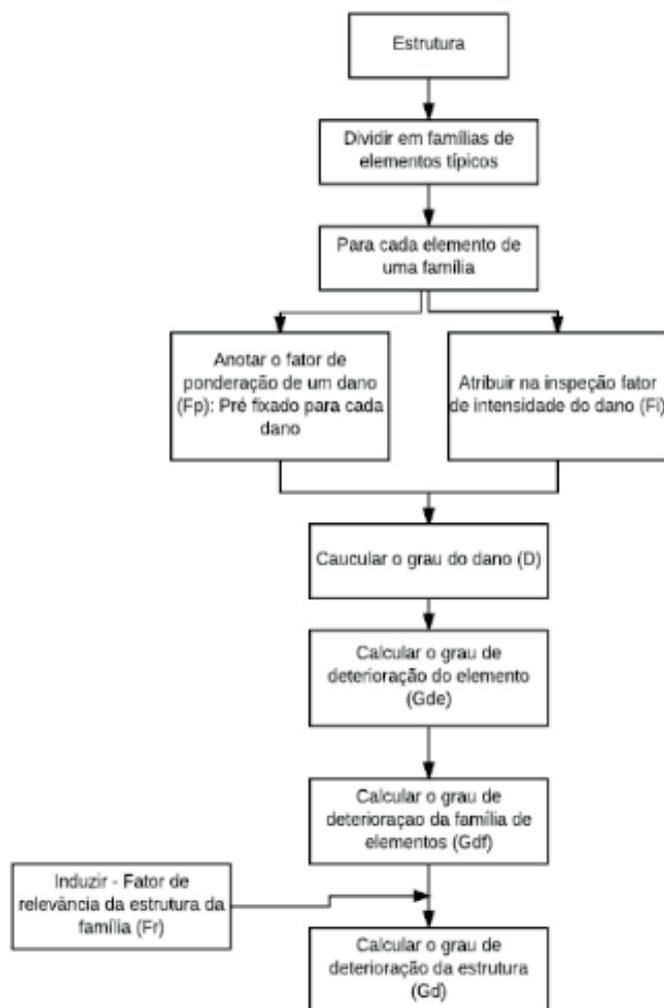


Figura 2.1: Fluxograma dos passos da utilização da metodologia GDE/UNB (2015).

Fonte: (Silva, 2008, pg. 21).

A metodologia GDE/UNB (2015) é um auxílio aos engenheiros na tomada de decisão para propor manutenções para as estruturas analisadas. Para o roteiro de inspeção deve ser feito a determinação do grau da agressividade do ambiente a identificação dos elementos estruturais, os registros fotográficos e uma análise inicial dos tipos de danos na estrutura. No Manual de aplicação da Metodologia GDE/UNB (2015) a Obras de Arte Especiais estão todas as formulações e tabelas da metodologia, a seguir são apontados os significados de alguns conceitos.

1.	Divisão em famílias de elementos típicos: os elementos estruturais são agrupados de acordo com suas características estruturais peculiares e com a sua função estrutural no conjunto, por exemplo, família de pilares ou lajes.
2.	Fator de ponderação do dano (Fp): quantifica a importância relativa de um determinado dano no que se refere às condições gerais de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma determinada família, podendo variar de 01 a 05.

3.	Fator de intensidade do dano (Fi): classifica a gravidade e a evolução isolada do dano em um determinado elemento, podendo variar de 0 a 04.
4.	Grau do dano (D): representa a deterioração em geral, pois descreve como o processo de deterioração pode progredir no interior de uma estrutura de concreto.
5.	Grau de deterioração do elemento (Gde): a partir dos graus isolados de cada dano obtidos, dá-se início à análise de todos os danos existentes no elemento.
6.	Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf): avalia o conjunto de elementos pertencentes a uma mesma família.
7.	Fator de relevância estrutural da família (Fr): saliente a importância relativa de uma família de elementos no comportamento e no desempenho da estrutura como um todo.
8.	Grau de deterioração da estrutura (Gd): define o grau de deterioração da estrutura como um todo em função dos valores de Gdf obtidos por cada família da estrutura ponderados pelos respectivos fatores de relevância estrutural (Fr).

Para a aplicação da metodologia GDE/UNB (2015) deve ser utilizado uma formulação para a avaliação quantitativa da deterioração da estrutura de concreto segundo os níveis de deterioração. As Equações 01, 02, 03, 04 e 05 e as Tabelas 2.1 e 2.2 auxiliam para a determinação do Grau do Dano da estrutura.

As Equações 01 ou 02, dependendo do valor do Fi ponderado, são utilizadas para quantificar o Grau do dano de cada um dos elementos.

Grau de um Dano (D):	
$D = 0,8 \cdot Fi \cdot Fp$	p/ $Fi \leq 2,0$ (Equação 01)
$D = (12 \cdot Fi - 28) \cdot Fp$	p/ $Fi > 2,0$ (Equação 02)

A Equação 03 é utilizada para determinar o Grau de deterioração de um elemento, dentro de cada família de elementos. Posteriormente a sua quantificação é possível classificar o dano entre baixo a crítico juntamente com propostas de ações corretivas de acordo a Tabela 2.1.

Grau de deterioração de um elemento (G_{de}):	
$G_{de} = D_{max} \cdot \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^n Di) - D_{max}}{\sum_{i=1}^n Di} \right]$ (Equação 03)	

Nível de deterioração G_{de} e ações recomendadas	
Baixo $0 > 15$	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio $15 - 50$	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto $50 - 80$	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível $80 > 100$	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico > 100	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Tabela 2.1: Níveis de deterioração Gde e ações recomendadas.

Fonte: VERLY, 2015

A Equação 04 é para calcular o Grau de deterioração de uma família de elementos, ela deve ser utilizada para cada uma das famílias.

Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df}):	
$G_{df} = G_{de,máx} * \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^m G_{de,i}) - G_{de,máx}}{\sum_{i=1}^m G_{de,i}} \right]$	(Equação 04)

Fatores de relevância estrutural das famílias de elementos (F_r)	
Família	F_r
Barreiras, guarda-corpo, guarda-rodas, pista de rolamento	1
Juntas	2
Transversinas, cortinas, alas	3
Lajes, fundações, vigas secundárias, aparelho de apoio	4
Vigas e Pilares Principais	5

Tabela 2.2: Fator de relevância estrutural das famílias de elementos (F_r)

Fonte: VERLY, 2015

Para calcular o Grau de deterioração da estrutura é necessário ponderar, de acordo a Tabela 2.2, o fator de relevância para cada família de elementos, e posteriormente utilizar a Equação 05 para fazer o cálculo final.

Grau de Deterioração da Estrutura (G_d):	
$G_d = \frac{K_{máx}}{7,07} * \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k K_i) - K_{máx}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$	(Equação 05)

3.1.2 Norma DNIT 090/2006

A NORMA DNIT 090/2006 tem como objetivo sistematizar os procedimentos quanto à recuperação do concreto de obra de arte especial, atacada por patologias de origem física ou química. Descreve e classifica as causas dessas patologias e a maneira de como recuperá-las. Trata também, do manejo ambiental, da inspeção e dos critérios de medição.

Quanto às causas pode ser agrupada e classificada como causas físicas (desgaste superficial, fissuração) e causas químicas (hidrólise, trocas iônicas e reações químicas).

As causas das patologias, ao aprofundar os estudos dentro das causas físicas pode-se mencionar o desgaste superficial, onde se subdivide: desgastes devido à abrasão (atrito seco e perda gradual de argamassa superficial e agregado), desgastes devido à erosão (fluido em movimento causando desgaste na superfície do concreto) e desgastes devido à cavitação (causado devido a fluxos correntes de água). O segundo grupo que é composto pelas fissurações, subdivide-se em: gradientes de temperatura

(causado pela umidade e variação de temperatura), pressão de cristalização de sais nos poros (causa de deterioração por tensões resultantes de pressão), carga estrutural (sobrecargas excessivas).

Dentro das causas químicas, pode-se destacar: reações por troca de cátions (tem relação com a formação de sais solúveis, sais de cálcio insolúveis e não expansivos, ataques químicos por conta dos sais de magnésio), reações que envolvem hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento (causando a dissolução dos produtos onde o cálcio está presente), reações envolvendo formação de produtos expansivos (onde há o ataque por sulfato, álcali-agregado, hidratação retardada de óxido de Cálcio (CaO) e óxido de Magnésio (MgO) e corrosão da armadura de concreto).

A norma menciona uma solução de recuperação e combate a estas patologias, dependendo do grau de dano que a estrutura apresenta. Pode-se citar: no caso da abrasão é necessária a utilização de material de reposição composta por argamassa de cimento Portland enriquecida por epoxi, por exemplo. Na erosão, o concreto projetado com boa resistência à erosão. Na cavitação, evitar as causas de tal fenômeno, como por exemplo, mudanças bruscas de declividade. Boa parte das patologias com origem química é tratado com pinturas impermeabilizantes, revestimentos e jateamento de água e areia. Ambas as causas são necessárias o estudo preliminar para avaliar a estabilidade estrutural da peça e a avaliação quanto ao grau de agressão ao meio ambiente.

Quaisquer obras de recuperação são necessárias a presença de um profissional capacitado para realizar o devido acompanhamento e avaliação das conformidades e não conformidades. As medições devem ser realizadas por intermédio de Projeto após inspeção.

4 | RESULTADOS

4.1 Principais patologias da ponte Bragueto (Aplicação da Norma DNIT 090/2006)

Após toda a apresentação das normas que vão ser utilizadas nesta análise da ponte do Bragueto, vamos por fim aplica-las na ponte realizando a análise de cada uma separadamente e aplicando-as, nas principais patologias encontradas.

4.1.1 Corrosão da armadura

Local de ocorrência das patologias: Parte inferior da ponte.

Discriminação: Corrosão da armadura no concreto.

Causa: É uma causa química gerada pela presença de umidade e falta de pintura impermeabilizante adequada.

Efeito: Manifesta-se pela expansão, fissuração, lascamento do cobrimento, perda de aderência entre aço e concreto e redução da seção transversal da armadura.

Sugestão terapêutica: Deve-se efetuar um reforço na armadura prejudicada com uma nova camada de concreto magro e uma pintura impermeabilizante.



Figura 3.1: Parte inferior da ponte na ligação da ponte com o terreno.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.1.2 Deslocamento do concreto

Local de ocorrência das patologias: Parte inferior e guarda corpo da ponte.

Discriminação: Deslocamento do concreto.

Causa: É uma causa física gerada por desgaste superficial devido à abrasão gerado pelo atrito seco.

Efeito: Deslocamento visual de partes do concreto gerando desconforto visual e perigos para os transeuntes.

Sugestão terapêutica: Deve ser feita a recuperação geral e mecanizada.



Figura 3.2: Parte inferior da ponte.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.1.3 Infiltração

Na Figura 3.3 e apresentado o local em que apresenta infiltração.

Local de ocorrência das patologias: Parte inferior e frontal da ponte.

Discriminação: Infiltração.

Causa: Presença de umidade.

Efeito: Presença de manchas escuras na estrutura.

Sugestão terapêutica: Deve raspar a camada que se encontra com a manifestação patológica e realizar uma nova pintura impermeabilizante.



Figura 3.3: Parte inferior da ponte.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.1.4 Deformação na ponte

Nas Figuras 3.4 são apresentados locais que apresentam ondulação na ponte.

Local de ocorrência das patologias: Laterais direita e esquerda da ponte.

Discriminação: Deformação.

Causa: Má execução.

Efeito: Presença de deformação visível na ponte.

Sugestão terapêutica: Como a deformação não teve importância significativa na estrutura da ponte não é necessária uma sugestão terapêutica.



Figura 3.4: Lateral da ponte sobre o lago.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.1.5 Fissura

Na Figura 3.5 é apresentado um local que apresenta fissuras.

Local de ocorrência das patologias: Parte inferior e frontal da ponte.

Discriminação: Fissuras.

Causa: Causadas por ações químicas e físicas.

Efeito: Porta de entrada para agentes agressivos a armadura e diminuição da resistência do concreto no local afetado.

Sugestão terapêutica: O tratamento de trincas e fissuras é objeto de uma especificação particular própria.



Figura 3.5: Parte inferior da ponte entre pilares.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.1.6 Encontro entre pista e o terreno

Na Figura 3.6 é apresentado um local que apresenta junta de dilatação da ponte com o terreno.

Local de ocorrência das patologias: Parte superior da ponte.

Discriminação: Encontro.

Causa: É necessária para garantir a trabalhabilidade da ponte.

Efeito: Presença visual do encontro na pista da parte superior da ponte.

Sugestão terapêutica: É necessária a manutenção do local para que não sejam gerados danos no pavimento e nem sua descontinuidade.



4.1.7 Desgaste por abrasão

Na Figura 3.7 é apresentada local que apresenta desgaste por abrasão.

Local de ocorrência das patologias: Parte inferior da ponte sobre a pista.

Discriminação: Desgaste.

Causa: Veículos com alturas maiores que o limite permitido, colidiram com a laje inferior da ponte.

Efeito: Desgaste da laje inferior da ponte.

Sugestão terapêutica: Nova medição da altura entre a pista e a laje inferior da ponte e manutenção do local afetado.



Figura 3.7: Parte inferior da ponte sobre a pista.

Fonte: Próprio autor, 2017.

4.2 Classificação do Grau do Dano da Ponte Bragueto (Aplicação da metodologia GDE/UNB 2015)

Analisando o objeto de estudo aplicando a metodologia GDE/UNB, esta metodologia visa analisar a estrutura como um todo, fazendo um somatório do dano das patologias em cada elemento e por fim obtém-se uma nota para a estrutura estudada e verifica-se o grau de dano e a forma de agir diante o mesmo via tabela fornecida pela metodologia.

Para a determinação o Grau do Dano da Ponte foi desenvolvido toda a metodologia de cálculo e utilização de tabelas e quadros impostos pelo Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UNB (2015) a Obras de Arte Especiais, retirado da dissertação de mestrado do Rogério Calazans Verly de 2015 e que se encontra em anexo neste trabalho. Para a determinação das patologias foi efetuado uma visita in loco juntamente com o relatório fotográfico, que por sua vez foram utilizados para a

ponderação dos danos das patologias.

As Tabelas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam os resultados referentes aos valores de F_p , F_i , D , G_{de} e G_{df} para as famílias de Pilares, Lajes, Pista de Rolamento e Guarda Corpo. Na tabela 5.7 é apresentado os valores do G_{df} , Fr e k , e posteriormente é informado o valor do G_d .

Família	Fator de Ponderação (F_p)								Fator de Intensidade (F_i)							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Corrosão de Armaduras	5	5	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Desvio de Geometria	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Fissuras	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3
Umidade	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4

Tabela 5.1: Valores dos F_p e F_i da família de Pilares.

Grau do dano do elemento (D)							
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
7,2	12	4,8	4,8	4,8	4,8	7,2	24
32	80	32	32	80	32	80	80

Tabela 5.2: Valores do Grau do dano do elemento da família de Pilares.

G_{de}	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
		37,88	90,43	36,17	36,17	84,53	36,17	86,61
Nível de Deterioração	Médio	Sofrível	Médio	Médio	Sofrível	Médio	Sofrível	Sofrível
G_{df}	177,78							

Tabela 5.3: Valores do G_{de} e G_{df} de elementos.

Família	Fator de Ponderação (F_p)			Fator de Intensidade (F_i)			Grau do dano do elemento (D)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Lajes	5	5	5	3	3	3	40	40	40
Corrosão de Armaduras	3	3	3	3	4	4	24	60	60
Desagregação	3	3	3	3	4	4	24	60	60
Desplacamento	2	2	2	3	2	3	16	3,2	16
Fissuras	3	3	3	3	4	3	24	60	24
Infiltração de água									
						Gde	67,50	103,87	102,00
						Nível de deterioração	Alto	Crítico	Crítico
						G_{df}	168,27		

Tabela 5.4: Valores dos Fp, Fi, D, Gde e Gdf, da família de Lajes.

Família	Fator de Ponderação (Fp)		Fator de Intensidade (Fi)		Grau do dano do elemento (D)		
	Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2	Sentido 1	Sentido 2	
Pista de Rolamento							
Desgaste Superficial	5	5	3	3	40	40	
Desgaste de sinalização	5	5	2	2	8	8	
					Gde	48,00	48,00
					Nível de deterioração	Médio	Médio
					G_{df}	72	

Tabela 5.5: Valores dos Fp, Fi, D, Gde e Gdf, da família de Pista de Rolamento.

Família	Fator de Ponderação (Fp)		Fator de Intensidade (Fi)		Grau do dano do elemento (D)		
	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	Lado 1	Lado 2	
Guarda Corpo							
Desagregação	3	3	3	3	24	24	
Manchas	3	3	2	2	4,8	4,8	
					Gde	28,80	28,80
					Nível de deterioração	Médio	Médio
					G_{df}	43,2	

Tabela 5.6: Valores dos Fp, Fi, D, Gde e Gdf, da família de Pista de Guarda Corpo.

FAMILIA	G _{df}	F _r	k
Pilares	177,78	5	888,90
Lajes	168,27	4	673,08
Pista de Rolamento	72,00	2	144,00
Guarda Corpo	43,20	1	43,20
$\sum_{i=1}^k$			1748,18

Tabela 5.7: Grau de Deterioração da estrutura.

$$G_d = \frac{K_{m\acute{a}x}}{7,07} \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k K_i) - K_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^k K_i}} \quad (\text{Equação 05})$$

$$G_d = \frac{888,90}{7,07} \sqrt{1 + \frac{(1748,18) - 888,90}{1748,18}}$$

$$G_d = 153,56$$

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises realizadas das patologias encontradas na Ponte do Bragueto, através da visita in loco, relatório fotográfico e a classificação dos danos

utilizando a metodologia GDE/UNB (2015) e a Norma DNIT 090/2006, concluímos que a metodologia GDE/UNB pelo fato de fornecer valores aos danos, garante uma maior certeza ao resultado gerado, em comparativo a Norma DNIT que fornece resultados abrangentes.

A metodologia GDE/UNB apresentou um grau do dano de aproximadamente 153,56 indicando um estado crítico da ponte, exigindo intervenções imediatas.

A Norma DNIT 090/2006 apresentou resultados menos preocupantes, pois na estrutura foram identificadas as patologias e as propostas de formas terapêuticas, não apresentando uma dimensão de quanto esta patologia está afetando a estrutura como um todo.

Sendo assim, para análise comparativa entre os dois métodos, verifica-se que a metodologia GDE/UNB (2015) é mais completa e eficaz, pois apresenta uma real noção da situação das patologias e seus efeitos na estrutura, já a metodologia DNIT 090/2006 apresenta somente uma visão superficial das patologias apresentadas e não a real situação da patologia na estrutura.

REFERÊNCIAS

À **Promotoria de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, do MPDFT**. 2016, p.01. Disponível em: <<http://www.rodasdapaz.org.br/wp-content/uploads/2016/08/Doc- PRODEMA.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2017.

ALVES, L. F. **Obras de arte Especiais BR-267/MG: Patologias x Fatores Influentes**. Juiz de Fora. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16230: Inspeção de estruturas de concreto – Qualificação e certificação de pessoal – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto**. Rio de Janeiro, 2016.

FERREIRA, B. M. **Análise Quantitativa da Ponte do Braguetto – DF utilizando a metodologia GDE/UNB**. Brasília. 2016.

GONÇALVES, E. **Estudo das patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificação**. Rio de Janeiro. 2015.

HELENE, P.; ANDRADE, J.; MEDEIROS, M. **Durabilidade e vida útil do concreto**. 2011.

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

Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. DNIT. Rio de Janeiro: 2004, 2ed.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo. 2007.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

Norma DNIT 090:2006. **Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). 2006.

OLIVARE, G. **Patologias em edificações**. São Paulo. 2003.

AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE

Cristiane Santana da Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro – PE

Roberto de Castro Aguiar

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Klayne Kattiley dos Santos Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Manueli Sueni da Costa Santos

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

RESUMO: A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma reação química, que foi descoberta há mais de oitenta anos, em estruturas rodoviárias, no estado da Califórnia, nos Estados Unidos. Com o passar dos anos, a reação foi sendo diagnosticada em diversos países e nos mais variados tipos de estruturas. No Brasil, os primeiros diagnósticos da RAA ocorreram em estruturas como barragens e usinas hidroelétricas. Só a partir da metade da década passada, começaram a ser encontrados casos em fundações de edifícios residenciais e comerciais, principalmente na

Região Metropolitana do Recife (RMR). Neste trabalho foi desenvolvida uma pesquisa onde foi aplicado um questionário com 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado da construção. Objetivando, com este questionário, levantar as medidas tomadas para mitigar a reação. Com as construtoras o objetivo foi evidenciar que medidas e materiais estão sendo utilizados como prevenção. Com os calculistas o propósito foi visualizar quais as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e com as concreteiras identificar quais as medidas tomadas para verificação da reatividade dos agregados. Através desse estudo foi possível observar que os membros constituintes desta pesquisa tomaram várias medidas preventivas tais como a utilização de adições na confecção de seus concretos, assim como a utilização de ensaios para verificação da reatividade potencial dos agregados.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto; Reação Álcali-Agregado; Fundações; Recuperação.

ALKALI-AGGREGATE REACTION MITIGATOR ACTIONS AGGREGATED WITH COMPANIES ACTING IN THE REAL ESTATE MARKET FOR RECIFE

ABSTRACT: The Alkalis-Aggregate Reaction (RAA) is a chemical reaction that was discovered more than eighty years ago in road structures

in the state of California in the United States. Over the years, the reaction has been diagnosed in several countries and in the most varied types of structures. In Brazil, the first diagnoses of RAA occurred in structures such as dams and hydroelectric power plants. It was only in the middle of the last decade that cases began to be found in residential and commercial building foundations, mainly in the Metropolitan Region of Recife (RMR). In this work a research was developed where a questionnaire was applied with 29 constructors, 05 calculators and 05 concretes operating in the construction market. With this questionnaire, aiming to raise the measures taken to mitigate the reaction. With the constructors the objective was to show that measures and materials are being used as prevention. With the calculators the purpose was to visualize what changes occurred in the structural projects and with the concrete ones to identify the measures taken to verify the reactivity of the aggregates. Through this study it was possible to observe that the constituent members of this research took several preventive measures such as the use of additions in the confection of their concretes, as well as the use of tests to verify the potential reactivity of the aggregates.

KEYWORDS: Concrete. Alkali-Aggregate Reaction. Foundations. Recovery.

1 | INTRODUÇÃO

A Reação Álcalis-Agregado (RAA) é uma patologia passível de ocorrer em qualquer estrutura de concreto, desde que existam condições favoráveis ao seu aparecimento. Segundo Mehta e Monteiro (2008) constatam-se relatos na literatura de sua ocorrência na década de 1930, e apenas na década seguinte foi publicado o primeiro trabalho científico por Stanton. No Brasil, os primeiros relatos desta patologia foram datados na década de 1960 e 1970 em barragens como Peti, Apolônio Sales (Moxotó) e Pedras. Especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), o primeiro caso diagnosticado e divulgado no meio acadêmico de RAA foi em 2000, nos blocos de fundação da Ponte Paulo Guerra, que interliga os bairros do centro e da zona norte de Recife ao bairro de Boa Viagem. Apesar desse diagnóstico, o caso não foi difundido no meio técnico da engenharia pernambucana, não sendo objeto de alerta para a possibilidade de outras fundações de obras d'arte e edificações também apresentarem o mesmo problema. (ANDRADE, 2006)

De acordo com Andrade (2006), só a partir do final de 2004, com a queda do Areia Branca, edifício residencial de 12 pavimentos no Bairro de Piedade, começaram a ocorrer inspeções sistemáticas em fundações de edifícios na RMR, evidenciando o problema em uma intensidade elevada. Destaca-se que a causa do desabamento desse edifício não teve nenhuma correlação com a reação Álcali-Agregado. Com o descobrimento desta manifestação patológica em muitas fundações de estruturas de edifícios, pontes e viadutos, as informações começaram, a partir desse momento, a ser disseminadas no meio técnico, constatando-se que o fenômeno não estava restringido apenas em obras hidráulicas de grande porte. Na Figura 1 evidencia-se um quadro fissuratório em uma sapata de fundação de edifício comercial na RMR.



Figura 1 – Fissuração blocos.

Fonte: Andrade, (2006).

Executou-se uma pesquisa com as 29 construtoras, 05 calculistas e 05 concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife com o propósito de identificar que medidas preventivas estão sendo utilizadas para inibir o aparecimento desta reação. Elaborou-se um questionário próprio para cada grupo descrevendo-se as mudanças ocorridas.

2 | REAÇÃO ÁLCALIS-AGREGADO

2.1 Histórico da Reação Álcalis-Agregado

Ao final da década de 30, Thomas Edison Stanton encontrou registros da reação no Sul da Califórnia (EUA) sobre os pavimentos de uma rodovia, com muitas fissuras e um processo de expansão. As patologias não estavam relacionadas à ação do congelamento e degelo causado por baixas temperaturas ou a corrosão das armaduras. Só em 1940 foram publicados estudos através da American Society of Civil Engineers que deixaram a comunidade científica preocupada Andrade e Figuerôa (2007). Investigaram-se suas ocorrências em diversas situações como obras hidráulicas, blocos de fundações, pavimentos, dormentes, estruturas de pontes, muros de concreto. Muitos países ao longo de todo o mundo relataram ocorrências do fenômeno e muitas pesquisas foram realizadas, destacando-se os Estados Unidos, que estabeleceram a maioria dos princípios básicos que norteiam a RAA.

Ainda podem ser citados o Canadá, alguns países europeus, Japão, China e Índia, como países em que estudos sobre RAA vêm sendo desenvolvidos. No Brasil as primeiras informações relatadas sobre a reação foram citadas nas décadas de 1960 e 1970 em três barragens nos estados de Minas Gerias, entre os estados da Bahia e Alagoas e no estado de São Paulo. Juntamente com duas barragens do sistema de abastecimento de água em Recife e Salvador. Em Recife o primeiro fato da ocorrência foi descoberto na Ponte Paulo Guerra, mais conhecido como ponte do Pina. Construída em 1977 verificou-se que durante as variações da maré visualizava-se que os dezesseis blocos da fundação estavam com fissuras intensas e que evidenciava-

se ser da RAA. Na Figura 2 demonstra-se um quadro fissuratório no bloco de uma fundação.



Figura 2 – Fissuras na face superior do bloco.

Fonte: Andrade, (2006)

2.2 Definição da Reação

A reação Álcali-Agregado é uma reação química e desenvolve-se entre os hidróxidos alcalinos (normalmente proveniente do cimento), minerais reativos (agregados graúdos ou miúdos) e a presença da água. Reagem entre si produzindo um gel, causando um quadro fissuratório na estrutura de concreto.

2.3 Condições e Fatores para seu Aparecimento

Fatores distintos interagem influenciando no mecanismo da RAA. Para o desenvolvimento desta reação deverá haver as presenças simultâneas de um agregado reativo, de álcalis em concentração suficiente, da água, do meio ambiente fornecendo umidade e de temperaturas altas que irão atuar na cinética da reação Silva (2009). Esses fatores são os condicionantes principais para o desenvolvimento da reação e serão descritos resumidamente mais à frente.

2.4 Álcalis no Cimento

Segundo Helene (2012), a reação que mais ocorre no Brasil, é a reação entre a sílica reativa contida nos agregados, a cal liberada pelo cimento, e os álcalis (sódio e potássio) da pasta de cimento. Os vários tipos de sílica presentes nos agregados reagem com os íons hidroxila. A água absorvida pelo gel pode ser parte da que não foi usada para a hidratação do cimento, água existente no local (reservatório, por exemplo), água de chuva e, até mesmo, água condensada da umidade do ar. Se o gel estiver confinado pela pasta de cimento, seu inchamento implica a introdução de tensões internas que, eventualmente, podem causar fissuras no concreto.

2.5 Agregado Reativo

Segundo Helene (2012) a denominada reação álcali-sílica-silicato, englobada na chamada reação álcali-sílica, consiste na reação entre os álcalis disponíveis do cimento

e/ou outras fontes e alguns tipos de silicatos que possam estar presentes em certas rochas sedimentares, rochas metamórficas e ígneas. É uma reação que está ligada à presença de quartzo tensionado, de sílica amorfa ou de minerais expansivos. O gel pode ser mais ou menos expansivo em função dos teores de álcalis e cal presentes.

2.6 Presença da Água

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água é o agente principal de deterioração física e química do concreto, pois além de ter grande facilidade em se mover através dos poros do concreto, devido ao tamanho de suas moléculas, é um excelente solvente, com capacidade de dissolver muitas espécies químicas, tornando-a rica em íons e gases capazes de causar a deterioração. Dois fatores estão diretamente ligados ao fator água/cimento e são bastante relevantes ao concreto a permeabilidade e a compacidade. Quando o fator água/cimento é diminuído o concreto ganha uma melhor resistência e sua permeabilidade é diminuída, esses fatores são importantíssimos para dirigirem a velocidade de penetração de agentes deletérios.

3 | MEDIDAS MITIGADORAS

Com o aumento do histórico das ocorrências de RAA em estruturas correntes no Brasil, no ano de 2006 foram iniciados, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), os estudos para o desenvolvimento de normas específicas sobre RAA. Em 14 de Maio de 2008, a norma foi promulgada, com foco voltado para a prevenção, através da eliminação de pelo menos um dos fatores condicionantes para o aparecimento da reação. Nesta norma foi estabelecido um guia para avaliação da reatividade potencial e o emprego de medidas preventivas para o uso de agregados reativos. Verificou-se que a recuperação das estruturas tem um alto custo e determinou-se uma avaliação do grau de risco da ocorrência da reação, considerando os seguintes fatores de condições de exposição da estrutura de concreto no ambiente, dimensões da estrutura ou do elemento do concreto e responsabilidade estrutural (estruturas provisórias, correntes ou especiais). Com estas determinações, a ABNT criou a NBR 15577 (ABNT, 2008) que preconiza o grau de risco e quais as ações preventivas necessárias para o tipo de estrutura a ser construída.

3.1 Medidas Preventivas

A reação Álcalis Agregado trata-se de uma patologia que ao instaurar-se no concreto, ocorrerá até que todos os álcalis presentes nos poros dos concretos e/ou as fases reativas dos agregados tenham reagido, pois é muito difícil eliminar a água do processo. Verificou-se que as recuperações de fundações afetadas eram muito onerosas, solicitando vultuosas cifras no processo de recuperação. Em função das várias fundações afetadas de grande e menor porte, concluiu-se que a prevenção seria o melhor caminho para evitar as deteriorações pela reação. A seguir serão

demonstrados os cuidados a serem tomados para prevenção da RAA, enfatizando-se sobre a necessidade do conhecimento quanto à reatividade dos agregados graúdos e miúdos, bem como o tipo do cimento utilizado.

3.1.1 Avaliação do Agregado

Para mitigar o aparecimento da reação o primeiro passo será a identificação quanto à reatividade do agregado graúdo e miúdo. Os agregados reativos possuem em sua composição fases mineralógicas silicosas suscetíveis à reação com os álcalis solúveis no concreto.

3.1.2 Limitar o Teor de Álcalis do Concreto

O cimento é a principal fonte fornecedora de álcalis. Porém outros fatores devem ser considerados, como águas superficiais ou subterrâneas e a dissolução dos componentes alcalinos nos agregados, pozolanas e escórias. Estudos indicam que cimentos com baixo teor de álcalis são aqueles com menos de 0,60% de equivalente alcalino. A RAA pode ser reduzida ou prevenida utilizando cimento com baixo teor de álcalis ou limitando o teor de álcalis total por m^3 de concreto. Um limite recomendável $3,0 \text{ kg}/m^3$ de Na_2O no concreto.

3.1.3 Adições Ativas

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos por todo o mundo em busca de respostas e soluções preventivas e definitivas para o fenômeno. Conclui-se que as utilizações de adições ativas podem reduzir as expansões com o uso de cimentos C-III e C-IV, reduzindo a permeabilidade em função da finura dos poros do concreto e a redução do pH através da diminuição do Hidróxido de Cálcio.

3.1.3.1 Adições ao Cimento

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido através de uma mistura de calcário e argila que passam pelo processo de britagem, moagem, mistura e queima para obtenção do clínquer. Este, juntamente com uma pequena quantidade de gipsita, passa por um processo de moagem, sendo o produto final denominado de cimento Portland. Na maioria dos clínqueres são encontrados, inevitavelmente, o sódio e o potássio em quantidades suficientes para desencadear RAA, caso as condições sejam favoráveis, sendo o sódio o mais comum. Estes dois elementos participam do grupo 1A na tabela periódica e são denominados de metais alcalinos ou álcalis. Os principais componentes do clínquer que reagem com a água são: C_3S (Silicato Tricálcico), C_2S (Silicato Bicálcico), C_3A (Aluminato Tricálcico), C_4AF (Ferroaluminato Tetracálcico). Os cimentos nacionais que possuem maior eficiência no combate a reação álcali-

agregado são os que além de possuírem clínquer mais gesso, tem adições minerais ativas em elevado percentual. Os dois cimentos nacionais com essas adições são os de alto forno, denominados de CP III e o pozolânico, denominados de CP IV. Porém, esses cimentos ainda são produzidos em baixa escala no mercado. Os cimentos CP II, de maior utilização no mercado imobiliário, possuem baixa eficiência no combate a reação. Na ausência de um cimento Portland adequado à minimização da RAA, pode-se fazer o emprego de adições minerais como o metacaulim e a sílica ativa conforme a NBR 12655 de 2006.

3.1.3.2 Adições ao Concreto

Muitas pesquisas e estudos estão sendo desenvolvidas no sentido de diminuir a ocorrência da reação e com foco no aumento de sua durabilidade das estruturas. As pesquisas são para adições químicas minerais e orgânicas nas dosagens de concretos convencionais. A utilização de materiais pozolânicos naturais e artificiais, cinzas volantes, escoria de alto forno e a utilização de cimentos especiais, tem ajudado na diminuição dos poluentes resultantes dos processos de industrialização de alguns materiais e com isso ajudando na diminuição dos consequentemente impactos ambientais. Estas adições vêm contribuindo significativamente na preservação das propriedades do concreto, bem como o aumento de sua durabilidade. Na RMR as adições mais utilizadas são as pozolanas e sua utilização transmite benefícios tecnológicos, econômicos e ecológicos ao concreto. Existem dois tipos de pozolanas: as naturais e as artificiais. pozolanas naturais são aquelas de origem ígnea sedimentar. São resultantes de atividades vulcânicas, uma vez que sua fase vítrea é formada por resfriamento brusco do material fundido, como exemplo tem-se o Metacaulim. As pozolanas artificiais são provenientes do tratamento térmico de determinadas argilas ou subprodutos industriais, com atividade pozolânica. Como, exemplo, tem-se a cinza volante, sílica ativa, cinza de casca de arroz, argila calcinada

4 | PESQUISA COM AS CONSTRUTORAS, CALCULISTAS E CONCRETEIRAS

A pesquisa foi uma iniciativa que teve como intuito principal tomar ciência do conhecimento de cada engenheiro envolvido no processo construtivo quando a RAA. Após os vários relatos citados neste material do aparecimento desta reação, envolvendo várias fundações de edifícios residências ou comerciais de grande ou pequeno porte, em sistemas hidrelétricos e de abastecimento de água, fundações de pontes e muitos outros, provando que a incidência desta doença ocorre indistintamente em qualquer fundação. Assim iniciou-se a coleta de dados e foram entrevistados engenheiros residentes, gerentes e diretores em busca dos resultados. Após a entrevista o profissional entrevistado, apresentava outro profissional até se chegar ao número de 29 construtoras envolvidas nestes relatos.

4.1 Construtoras

O questionário com as para construtoras atuantes no mercado imobiliário continha perguntas quanto ao conhecimento da reação e também quais os processos foram desenvolvidos no processo de construção. As referidas perguntas e respostas estão descritas abaixo, juntamente com o gráfico onde são demonstradas as respostas com os referidos percentuais:

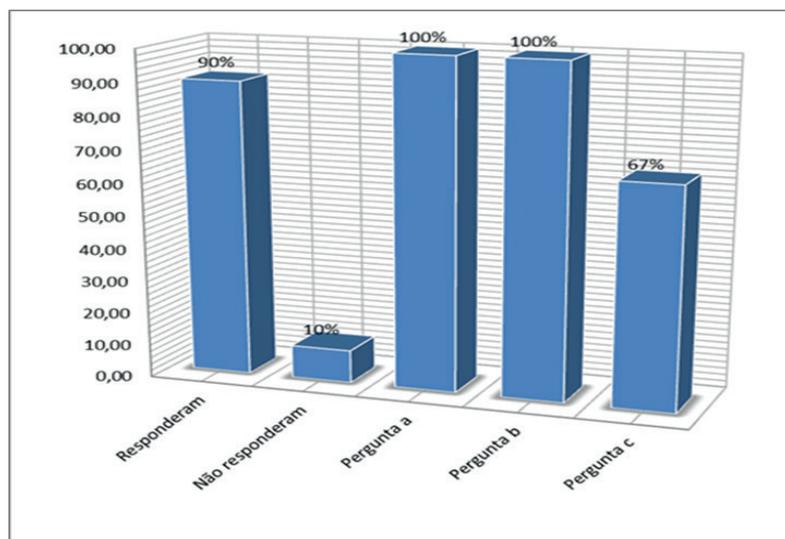


Figura 3 – Gráfico com respostas das Construtoras.

Fonte: Autoria própria, (2012)

a.) *Você conhece a reação Álcali Agregado?*

Resp: Sim, todas as construtoras citadas, que responderam o questionário, conhecem a RAA;

b.) *Quais as medidas mitigadoras que você tem tomado na execução de suas fundações para prevenir o aparecimento desta reação?*

Resp: Verificou-se que as medidas preventivas são executadas por 100% das construtoras entrevistadas, e são utilizadas as adições de metacaulim ou sílica ativa. Com relação aos agregados verificou-se que 7,5% das entrevistadas solicitam das usinas a avaliação dos agregados graúdos quanto a sua reatividade e também ensaiam os agregados utilizados nos concretos in loco;

c.) *Com as fundações concretadas, você utiliza alguma proteção externa, além das adições. Justifique:*

Resp: Para as proteções externas, após a cura do concreto, 67% das entrevistadas utilizam materiais a base de emulsão asfáltica ou materiais cimentícios.

4.2 Projetistas Estruturais

Com perguntas distintas, foram entrevistados alguns calculistas atuantes na RMR, em busca de informações sobre as mudanças que ocorreram nos projetos estruturais e quais as medidas mitigadoras foram tomadas para as concreiteiras no fornecimento dos concretos. O questionário continha as seguintes perguntas:

a.) *Quais as ações foram desenvolvidas no cálculo e detalhamento dos projetos estruturais, após o descobrimento da RAA em blocos de fundações?*

Resp: Verificou-se a necessidade de indicar no projeto de fundação, a contratação de um especialista na área de tecnologia do concreto para orientar sobre ações de prevenção para que o concreto seja resistente às reações deletérias, como o RAA, como também para descrever segundo sua composição e a relação a/c, quais os percentuais de adições de metacaulim ou sílica ativa seriam satisfatórios para o nível de exposição do concreto descrito em projeto. No caso do projeto, houve a alteração no detalhamento das armaduras dos elementos de fundação, principalmente nos blocos de coroamento das estacas por terem elevados volumes de concreto, dispondo de armaduras mais fortes nas laterais e na parte superior (através de malhas formando uma gaiola), a fim de evitar ou minimizar possíveis fissuras devido a algum processo de expansão do concreto.

b.) *Qual o seu parecer sobre investigar a reatividade dos agregados utilizados nos concretos, juntamente com o cimento, em busca de uma adição que mitigue o aparecimento da reação?*

Resp: A importância de continuar e aprofundar as investigações de combinações do uso das várias britas reativas de nossa região, com os cimentos mais usuais, a fim de aperfeiçoar as dosagens de adição com produtos cada vez mais eficientes e econômicos.

c.) *No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade dos Calculistas no sentido de combater esta manifestação patológica?*

Resp: No que tange à responsabilidade, com os grandes avanços obtidos na nossa região no entendimento e visão do comportamento das estruturas atacadas pela RAA, todos os calculistas devem estar conscientes da grande responsabilidade em adotar medidas preventivas para evitar ou reduzir ao máximo os efeitos danosos do aparecimento futuro da RAA nas novas fundações e é importante que as decisões sejam tomadas nas fases iniciais de projeto.

4.3 Concreiteiras

As concreiteiras entrevistadas responderam o questionário que continha as seguintes perguntas:.

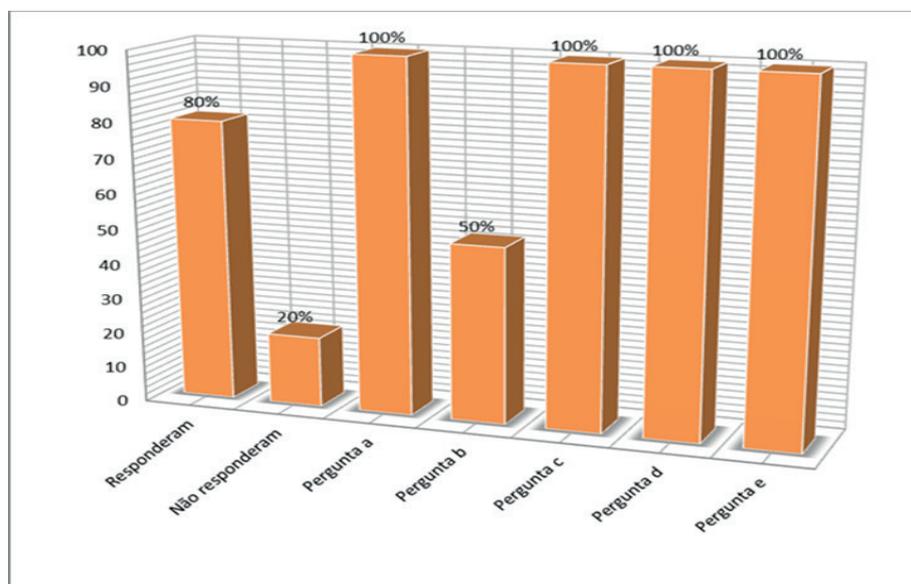


Figura 4 – Gráfico com respostas das Concreteiras.

Fonte: Autoria própria, (2012)

a.) *No processo de aquisição dos agregados miúdo e graúdo é exigido do fornecedor algum ensaio de reatividade do agregado?*

Resp: Verificou-se que as concreteiras solicitam os ensaios de reatividade dos agregados graúdo e miúdo, no processo de aquisição, e em algumas concreteiras executam novos ensaios antes da utilização do agregado.

b.) *Com a chegada dos agregados miúdo e graúdo na usina é executado algum ensaio de reatividade do agregado? E com qual periodicidade são executados estes ensaios? Justifique:*

Resp: Parte das concreteiras executa segundo ensaio e a periodicidade é sempre que muda a jazida.

c.) *Com o aparecimento da reação Álcali-Agregado quais as medidas mitigadoras são tomadas com os concretos fornecidos aos clientes?*

Resp: As medidas mitigadoras são à adição da sílica ativa ou metacaulim. Para os clientes que solicitam adições em seus concretos e não especificação seus percentuais, quais os critérios são considerados e quais os percentuais são adicionados no sentido de mitigar a reação.

Resp: Para os clientes que não solicitam adições, dependendo da área de exposição do concreto são orientados pela fornecedora quanto à importância das adições.

d.) *No seu ponto de vista, qual é a responsabilidade das concreteiras no sentido de combater esta manifestação patológica?*

Resp: No que tange à responsabilidade, verificou-se a conscientização quanto à responsabilidade no processo produtivo do concreto. E a preocupação no fornecimento deste material, amplamente utilizado nas construções, tem levado as concreteiras a acompanharem as mudanças das jazidas, e executarem principalmente os ensaios

preliminares a fim de conhecer o produto final fornecido aos seus clientes, pensando sempre na durabilidade e na sustentabilidade. Na Figura 4 demonstra-se o resultado da pesquisa elaborada com as concreteiras atuantes no mercado imobiliário do Recife..

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral verificou-se com esta pesquisa o conhecimento do problema e as medidas mitigadoras destinadas aos concretos de fundações da RMR. A utilização de adições, a busca por ensaios sobre a reatividade do agregado é uma realidade prevista nos processos de qualidade das construtoras, assim como também, a proteção externa nos elementos de fundação, através do uso de materiais cimentícios ou a base de emulsões.

Observou-se por parte das Construtoras o conhecimento acerca da reação RAA, o comportamento das fundações afetadas e seu comprometimento quanto a proteção de seus elementos de fundação. No caso dos calculistas verificou-se uma preocupação intensa principalmente no tocante a proteção e prevenção na busca por fundações saudáveis e isentas desta manifestação patológica. E nas concreteiras a preocupação é na orientação e no fornecimento de concretos destinados a fundações contendo adições e com agregados comprovadamente isentos da reatividade para evitar esta reação deletéria. Baseado neste trabalho citam-se algumas ideias com o objetivo focado na eficiência de cada processo envolvido na cadeia construtiva fazendo-se necessárias algumas mudanças, tais como:

A partir da concepção dos projetos estruturais, haver a participação direta de um profissional habilitado na determinação da composição dos concretos e de posse da relação a/c, analisar e determinar sobre os percentuais das adições em função do tipo da fundação e em função dos tipos de cimentos utilizados pelas concreteiras;

Inserir a exigência dos ensaios de reatividade dos agregados graúdos e miúdos, pelas construtoras e concreteiras, para conhecimentos dos materiais que estão sendo empregados na construção, considerando que nessa região possui várias jazidas de agregados reativos, já constatados. Prevê em projeto, durante sua concepção, locais de inspeções, que permitam a verificação das fundações, quanto ao aparecimento de reações deletérias como a RAA. A busca por concretos de qualidade e com durabilidade tem sido uma necessidade constante. Constata-se que o combate à reação Álcali-Agregado, assim como outras reações deletérias é de responsabilidade de Calculistas, Tecnólogos, Concreteiras e Construtores.

REFERÊNCIAS

Andrade, T.; Figuerôa, J. P. **O Ataque da Reação Álcali Agregado sobre as Estruturas de Concreto. A descoberta Pioneira da Ocorrência do Problema em Fundações de Pontes e Edifícios na Região Metropolitana do Recife.** Recife: Universitária- UFPE, 2007.

Andrade, T.; Silva, J. J. R.; Almeidar.; Figuerôa, J. P.; Kihara, Y.; Pecchio, M. **Diagnóstico de Reação**

Álcali-Agregado em Blocos de Fundação de um Edifício Público situado na Cidade do Recife/ PE. In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ANDRADE, T. **Histórico de Casos de RAA Ocorridos Recentemente em Fundações de Edifícios na Região Metropolitana do Recife.** In: II Simpósio sobre RAA em Estruturas de Concreto. IBRACON, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15577:2008: **Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto.** Rio de Janeiro, 2008.

Helene, P. **30 perguntas, especialistas respondem a questões sobre tecnologia de concretos e argamassas.** Técnica Tecnologia. São Paulo: PINI, Edição 185p.70, junho2012.

Mehta, P.K., Monteiro, J.M. **Concreto, Propriedades, Estruturas e Materiais.** São Paulo: Pini, 2008.

Silva, C. F. C. **Análise de Métodos de Prevenção da Reação Álcali Agregado: Análise Petrográfica e Método Acelerado de Barras de Argamassa.** 2009. 109f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.

CORROSÃO: MECANISMOS E TÉCNICAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Ariane da Silva Cardoso

Universidade de Pernambuco – UPE
Recife – Pernambuco

Thayse Dayse Delmiro

Universidade de Pernambuco – UPE
Recife – Pernambuco

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Universidade de Pernambuco – UPE
Recife – Pernambuco

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Universidade de Pernambuco – UPE
Recife – Pernambuco

Tiago Manoel da Silva Agra

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Recife – Pernambuco

RESUMO: A corrosão de armaduras é uma das principais e mais onerosas manifestações patológicas relacionadas às estruturas de concreto armado, principalmente oriundas das ações dos íons cloretos e dos efeitos da carbonatação. Este capítulo aborda os mecanismos que levam a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado, bem como elenca as principais técnicas de proteção e recuperação existentes. São discutidas quatro maneiras de combater ou prevenir a corrosão: substituição do material por outro mais resistente, modificação do meio

de exposição, revestimentos e através de técnicas eletroquímicas. Tais métodos podem prolongar a vida útil das estruturas, porém, deve-se conhecer os mecanismos e suas formas de aplicação, bem como os processos de deterioração das estruturas, visando especificar a melhor solução para cada situação.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Corrosão. Recuperação.

CORROSION: MECHANISMS AND TECHNIQUES FOR PROTECTION AND RECOVERY OF REINFORCEMENT IN CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT: Reinforcement corrosion is one of the main and most costly pathological manifestations related to reinforced concrete structures, mainly arising from the actions of chloride ions and the effects of carbonation. This chapter approaches the mechanisms that lead to the corrosion of reinforcements in reinforced concrete structures, as well as the main techniques of protection and recovery exist. Four ways of combating or preventing corrosion are discussed by replacing the material with a more resistant one, modifying the exposure environment, coatings and through electrochemical techniques. Such methods can extend the useful life of the structures, however, it is necessary to know the mechanisms and

their forms of application, as well as the processes of deterioration of the structures, aiming to specify the best solution for each situation.

KEYWORDS: Concrete. Corrosion. Recovery.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto é parte integrante de praticamente todas as construções, de edificações residenciais a grandes obras de infraestrutura, como pontes e estradas. E ainda que existam outras opções, como estruturas em madeira ou metálica, o concreto armado é a técnica mais comumente utilizada para a construção de estruturas. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), embora não se apresente tão resistente quanto o aço, o concreto possui resistência a agressões físicas e químicas do ambiente, mostra-se de fácil execução e adaptabilidade a qualquer forma de construção, possui menor custo e é mais facilmente produzido no canteiro de obra. Devido sua versatilidade, tornou-se o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para água (PEDROSO, 2009).

As armaduras inseridas em componentes estruturais de concreto estão, em condições normais, protegidas e passivadas contra o risco de corrosão. Esta proteção é possível tanto devido à espessura de cobrimento de concreto, que forma uma barreira física a entrada de agentes externos, quanto à proteção química conferida pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto (HELENE e RIBEIRO, 2014).

Entretanto, o concreto poderá apresentar inúmeras manifestações patológicas que são causadas por diversos fatores. Diversos pesquisadores como Barbosa *et al.* (2012), Helene e Ribeiro (2014), Mehta e Monteiro (2014), dentre outros, destacam que a corrosão de armaduras tem se mostrado um dos mais graves e frequentes problemas associados à durabilidade do concreto armado, comprometendo as estruturas tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista da segurança.

O problema da corrosão consome direta ou indiretamente cerca de 5% do PIB de uma nação industrializada, além de envolver grandes catástrofes quando não corretamente tratado (HELENE e RIBEIRO, 2014). Diante disto, faz-se necessário estudar não só as formas de prevenir o problema, como a forma correta de solucioná-lo, uma vez ocorrida a corrosão.

Esse capítulo aborda sobre os mecanismos que levam a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado e elenca as principais técnicas de proteção e recuperação existentes.

2 | CORROSÃO DAS ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

“Corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, nas temperaturas usuais, acima de 5 °C e abaixo de 65 °C, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de deterioração” (RIBEIRO, 2018).

A corrosão do concreto armado pode estar associada a fatores físicos, biológicos, químicos ou mecânicos. Na pasta de cimento e no agregado, a deterioração predominante é por ação química, enquanto na armadura a corrosão ocorre por ação eletroquímica (MOTA, 2011). Ela ainda pode manifestar-se de diferentes formas, sendo a corrosão generalizada e a puntiforme os casos mais comuns. A primeira, em geral não provoca danos muito graves por afetar toda a extensão da armadura. A segunda, por se concentrar em pontos específicos, acaba sendo mais danosa causando a perda do desempenho estrutural, podendo acarretar uma ruptura frágil em seção definida sem aviso.

Os efeitos degenerativos provenientes da corrosão levam a um comprometimento da segurança estrutural ao longo do tempo, e manifestam-se na forma de manchas superficiais, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobertura, redução da seção das armaduras com frequente seccionamento de estribos e redução e eventual perda de aderência das armaduras principais (RIBEIRO, 2018).

As armaduras de aço do concreto armado são protegidas contra a corrosão pelo fenômeno da passivação do aço, devido a grande alcalinidade do concreto, onde o pH da água existente nos poros atinge valores superiores a 12.5, formando na superfície das barras de aço uma camada microscópica impermeável de óxido de ferro, que constitui a chamada película passivadora (FUSCO, 2012).

A corrosão das armaduras dentro do concreto somente poderá ocorrer se a película passivadora for destruída, o que pode acontecer de forma generalizada em consequência das seguintes causas:

- redução do pH abaixo de 9, por consequência da carbonatação da camada de cobertura da armadura;
- presença de íons cloretos ou de poluição atmosférica acima de um valor crítico;
- lixiviação do concreto na presença de fluxos de água que percolem através de sua massa (FUSCO, 2012).

2.1 Mecanismos da corrosão de armaduras

Para que as armaduras de aço do concreto sofram corrosão, é preciso a presença de umidade e oxigênio. Portanto, não haverá corrosão se o concreto estiver totalmente seco ou totalmente saturado. Além desses fatores, para que se inicie a corrosão, é preciso que haja a despassivação da armadura, o que ocorre, segundo Cascudo

(2005), frente a pelo menos uma das duas condições básicas seguintes:

- presença de cloretos em quantidade suficiente;
- diminuição da alcalinidade do concreto, que ocorre principalmente pelas reações de carbonatação.

A corrosão eletroquímica ou aquosa é a que traz problemas às obras civis, segundo Cascudo (1997). “Trata-se de um ataque de natureza eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, como resultado da formação de uma pilha ou célula de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre trechos da superfície do aço.” O eletrólito que se constitui de uma solução carregada ionicamente, forma-se a partir da presença de umidade no concreto.

Diferentes intensidades de adensamento do concreto, diferenças de aerações, de umidade ou de concentrações salinas ocasionam a diferença de potencial (SILVA, 2006).

Essas pilhas se caracterizam pela existência de uma área anódica, onde se tem a redução de seção devido à reação de oxidação, e pela presença de uma área catódica, onde ocorre a reação de redução de oxigênio. Ambas as reações eletroquímicas (reações red-oxi) ocorrem simultaneamente e não ocorre uma sem a existência da outra (CASCUDO, 2005).

Em síntese, para que ocorra a corrosão eletroquímica há necessidade de 4 elementos:

- Condutor: que é a própria barra de aço que integra a armadura;
- Água: para constituir o eletrólito e conduzir os íons;
- Oxigênio: para a formação dos produtos de corrosão; e
- Diferença de potencial entre dois pontos: para formar duas regiões distintas, ou seja, uma região anódica e outra catódica, conforme mostra a Figura 1.

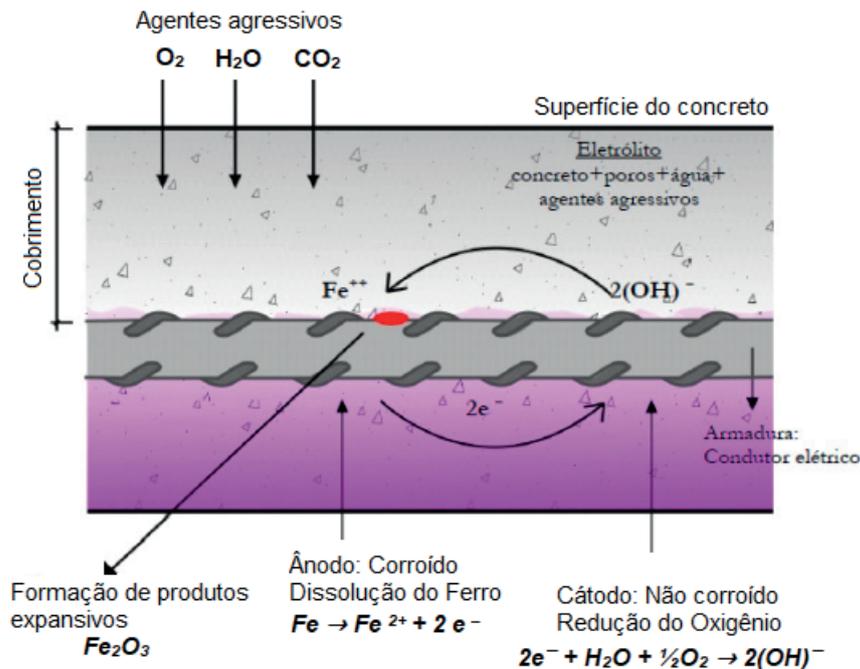


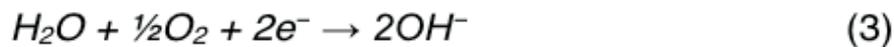
Figura 1 - Esquema simplificado da pilha de corrosão do concreto

Fonte: CEB 152 (1984) apud Possan (2010).

A reação anódica (na zona corroída) ocasiona a dissolução do ferro (oxidação) pela passagem dos íons Fe^{2+} ou íons Cl^- para a solução e pode ser expressa por:



Já na reação catódica (na zona não corroída) o ferro funciona como simples eletrodo, junto do qual os elétrons liberados pelo ânodo passam para a solução fechando-se um circuito elétrico e então ocorrem as reações de redução de oxigênio, expressas por:

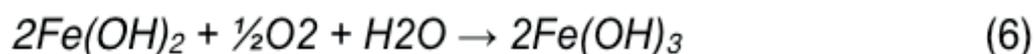


(Reação de redução em meio aerado)



(Reação de redução em meio não-aerado)

Segundo Cascudo (2005), a partir daí os íons hidroxila (OH^-) migram pelo eletrólito em direção ao ânodo e os íons Fe^{2+} migram em direção ao cátodo, onde se encontram em uma região intermediária e reagem entre si formando produtos insolúveis e expansivos, o hidróxido ferroso (produto da corrosão, comumente chamado de ferrugem), conforme as Equações 5 e 6 e pode ser formado inclusive em regiões próximas do cátodo pois o OH^- apresenta menor mobilidade iônica do que o íon de ferro.



(Produto da corrosão em meio aerado)

2.2 Fatores que influenciam no processo de corrosão

Alguns fatores, características e propriedades do concreto estão relacionados à maior ou menor intensidade do fenômeno da corrosão de armaduras em seu interior. Segundo Cascudo (1997), são eles:

- **Cobrimento:** Considera-se o cobrimento um elemento de grande importância, pois além de representar uma barreira física contra os agentes agressivos, oxigênio e umidade, o cobrimento adequado garante o meio alcalino para proteção química das armaduras. Nos projetos de estruturas, o cobrimento é calculado de acordo com a agressividade do meio em que a estrutura estará inserida, mas também deve ser considerado a qualidade do concreto (relação água/cimento).
- **Temperatura:** A temperatura apresenta um duplo papel nos processos de deterioração das estruturas. Por um lado, o aumento de temperatura promove um incremento da velocidade de corrosão e da mobilidade das moléculas, favorecendo seu transporte através da microestrutura do concreto em contrapartida, a diminuição da temperatura pode dar lugar à condensações, as quais podem aumentar o teor de umidade em determinados pontos do material.
- **Tipo de cimento e adições:** Em geral, concretos com determinadas adições minerais apresentam estruturas menos porosas, aumentando seu desempenho quanto à penetração de líquidos, íons e gases. Porém alguns estudos relatam que tais adições podem piorar o comportamento dos concretos em relação à frente de carbonatação. O autor acredita, no entanto, que os benefícios propiciados pelos cimentos com adições são maiores que os eventuais prejuízos obtidos.
- **Tipo de aço:** Barras de aço sem proteção, em um mesmo ambiente podem ter velocidades de corrosão diferenciadas pelo tipo de aço. Aços mais processados durante a fabricação e com maiores teores de carbono são mais susceptíveis a desenvolver corrosão quando comparados com aços de menor dureza e de resistência mecânica mais baixa.
- **Fissuras no concreto de cobrimento:** Segundo Cascudo (1997), existe uma linha de pensamento onde as fissuras não apresentam grandes influências na intensidade de corrosão a ponto de afetarem a vida útil das estruturas, no entanto, agem no sentido de anteciparem o início da manifestação patológica.
- **Relação água/cimento:** A relação água/cimento determina a qualidade do concreto, definindo características de compacidade ou porosidade da pasta de cimento endurecida, tornando um dos parâmetros mais importantes no contexto da corrosão. Quanto menor a relação água/cimento, menor a per-

meabilidade, o que dificultará a penetração de agentes agressivos para o interior do concreto.

- **Permeabilidade e absorção:** São características importantíssimas que refletem a qualidade do concreto. Quanto maiores os índices de permeabilidade e absorção, menor é a qualidade do concreto e conseqüentemente menor a proteção à corrosão. A Tabela 1 apresenta os critérios de avaliação da permeabilidade e da absorção do concreto, segundo o CEB – 192 (1984).

Permeabilidade (m/s)	Permeabilidade do concreto	Qualidade do concreto	Absorção (%)	Absorção do concreto	Qualidade do concreto
$< 10^{-12}$	Baixa	Boa	$< 3,0$	Baixa	Boa
10^{-12} a 10^{-10}	Média	Média	3,0 a 5,0	Média	Média
$> 10^{-10}$	Alta	Pobre	$> 5,0$	Alta	Pobre

Tabela 1 - Critérios de avaliação da permeabilidade à água e da absorção de água do concreto

Fonte: Cascudo (1997).

- **Resistividade elétrica do concreto:** A resistividade é um parâmetro dependente do teor de umidade, da permeabilidade e do grau de ionização do eletrólito do concreto. Sua importância é explicada pelo fato de estar relacionada à durabilidade da estrutura, pois atua como retardador ou acelerador de processos corrosivos. Assim, valores altos de resistividade significam baixa mobilidade iônica e valores baixos caracterizam fácil mobilidade iônica e maior probabilidade de corrosão.

2.3 Cloretos

Estudos relacionados à durabilidade das estruturas apontam que a corrosão das armaduras provocadas pela ação de íons cloreto é um dos problemas mais sérios que pode ocorrer em uma estrutura (ANDRADE, 1997; NEVILLE, 2015).

Cascudo (1997) destaca que os íons cloreto podem ser introduzidos intencionalmente no concreto ou pode-se dar a contaminação por impregnação da superfície de concreto por agentes agressivos externos, tais como agentes aceleradores de pega e endurecimento que contém CaCl_2 (cloreto de cálcio), contaminação dos materiais constituintes do concreto (água e agregados), penetração por sais anticongelantes, contaminação através de salmouras industriais, contaminação por maresia ou névoa de ambiente marinho e contato direto com a água do mar (estruturas marinhas).

Ainda pode ocorrer a contaminação no processo de limpeza das fachadas dos edifícios com a utilização do chamado ácido muriático, que não passa do ácido clorídrico diluído. Ao entrar em contato com a argamassa de revestimento do concreto, penetra por capilaridade até a massa de concreto e somente se percebe sua ação quando as armaduras já entraram em processo de corrosão.

Esses íons tem a capacidade de dissolver a película passivadora que reveste as armaduras de aço dentro do concreto, provocando desta forma o início da reação

anódica de solubilização do Fe^{++} (FUSCO, 2012).

Os cloretos podem estar presentes no concreto na forma de cloretos fixos, que são os quimicamente ligados ao aluminato tricálcico (C_3A) na forma de sal de Friedel – cloroaluminatos; fisicamente absorvido na superfície dos poros; quimicamente absorvidos às paredes dos poros através do C-S-H; e sob a forma de íons – livres dissolvidos na fase aquosa do concreto, que são os que causam preocupação, pois são teoricamente os únicos que podem despassivar e provocar corrosão as armaduras (CASCUDO, 1997; SILVA, 2006).

A consequência da presença desses íons livres é de baixar o pH em pequenos pontos da película passivadora, destruindo-a totalmente e formando nesses pontos pequenas zonas anódicas como pode ser visualizado na Figura 2, fazendo com que o restante da armadura constitua uma enorme zona catódica, ocorrendo desta forma uma intensa corrosão nos pontos anódicos (FUSCO, 2012).

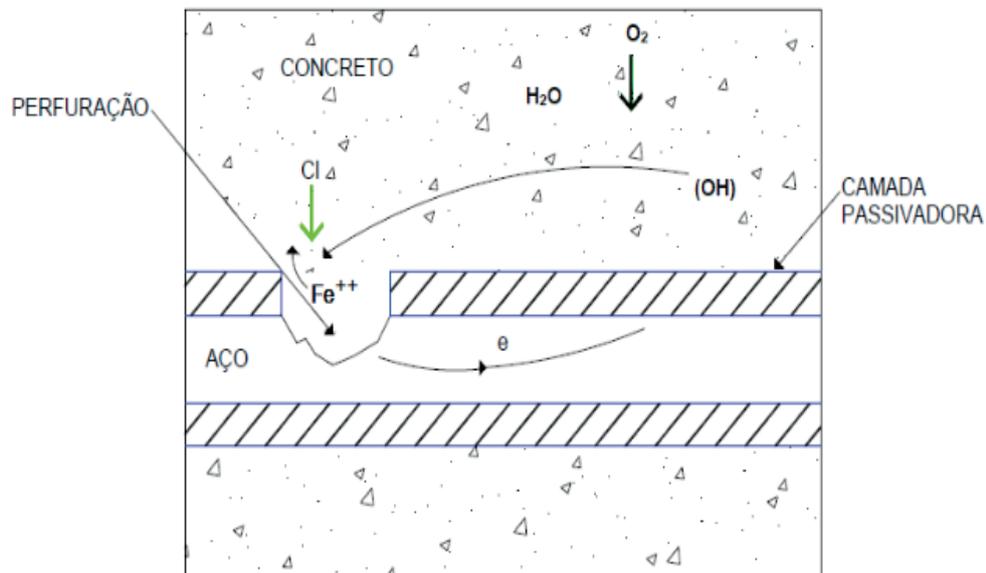


Figura 2 - Representação esquemática da corrosão eletroquímica na presença de cloretos

Fonte: Neville (2015).

Os cloretos agem de forma localizada produzindo um ataque na superfície da armadura, que, segundo Gemelli (2001), manifesta-se sob a forma de pequenas cavidades, de alguns micrômetros a alguns milímetros, os “pites”. Em consequência, ocorre a diminuição da seção da estrutura metálica e, conforme a concepção estrutural pode levar ao colapso da estrutura.

Embora os cloretos livres solúveis em água sendo teoricamente os únicos capazes de provocar corrosão, deve-se determinar o teor de cloretos totais, uma vez que parte dos cloretos combinados pode ficar disponível devido à carbonatação ou elevação da temperatura.

A norma NBR 7211 (ABNT, 2009), estipula um limite máximo de teor de cloretos presentes nos agregados, e também especifica limites para o teor total de cloretos trazidos ao concreto por todos os seus constituintes, para determinadas situações

em que a estrutura de concreto armado foi projetada. Sendo os seguintes valores em porcentagens sobre a massa de cimento:

- Concreto protendido $\leq 0,06\%$;
- Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura $\leq 0,15\%$;
- Concreto armado em condições de exposição não severas (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura $\leq 0,40\%$);
- Outros tipos de construção com concreto armado $\leq 0,30\%$.

Alguns parâmetros influenciam na penetração dos cloretos, tais como a porosidade, a relação a/c, o tipo de cimento, a compactação, cura, temperatura e fissuras.

2.4 Carbonatação

Em geral, a carbonatação é uma essencial condição para o início da corrosão das armaduras no do concreto.

Figueiredo (2005) define carbonatação como “um processo físico-químico de neutralização da fase líquida intersticial do concreto, saturada de hidróxido de cálcio e de outros compostos alcalinos hidratados” (FIGUEIREDO, 2005, p. 829).

O excesso de cálcio existente nos silicatos anidros constituintes dos cimentos é liberado na forma de hidróxido $\text{Ca}(\text{OH})_2$, que após o endurecimento, parte fica em forma de cristais e parte dissolvido na água contida nos poros; este por sua vez garante a elevada alcalinidade no interior do concreto, com pH superior a 12.5. No entanto, os gases ácidos encontrados na atmosfera, tais como o gás sulfídrico (H_2S), o dióxido de enxofre (SO_2) e principalmente o gás carbônico (CO_2), podem produzir reações de neutralização do concreto causando a redução do pH a valores inferiores a 9 e tornando-se possível a dissolução da película passivadora de óxido de ferro que reveste as armaduras do concreto (GENTIL, 2012; FIGUEIREDO, 2005).

A carbonatação ocorre então, quando o CO_2 , do ar ou contido em água agressivas, penetra na superfície exposta da peça de concreto, e por difusão através do ar chega até os poros úmidos se combinando com o hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, formando o carbonato de cálcio, CaCO_3 , insolúvel. Esta transformação do hidróxido em carbonato é acompanhada pela redução do pH do meio úmido interno.

Na Figura 3 pode-se observar o processo do avanço da frente de carbonatação.

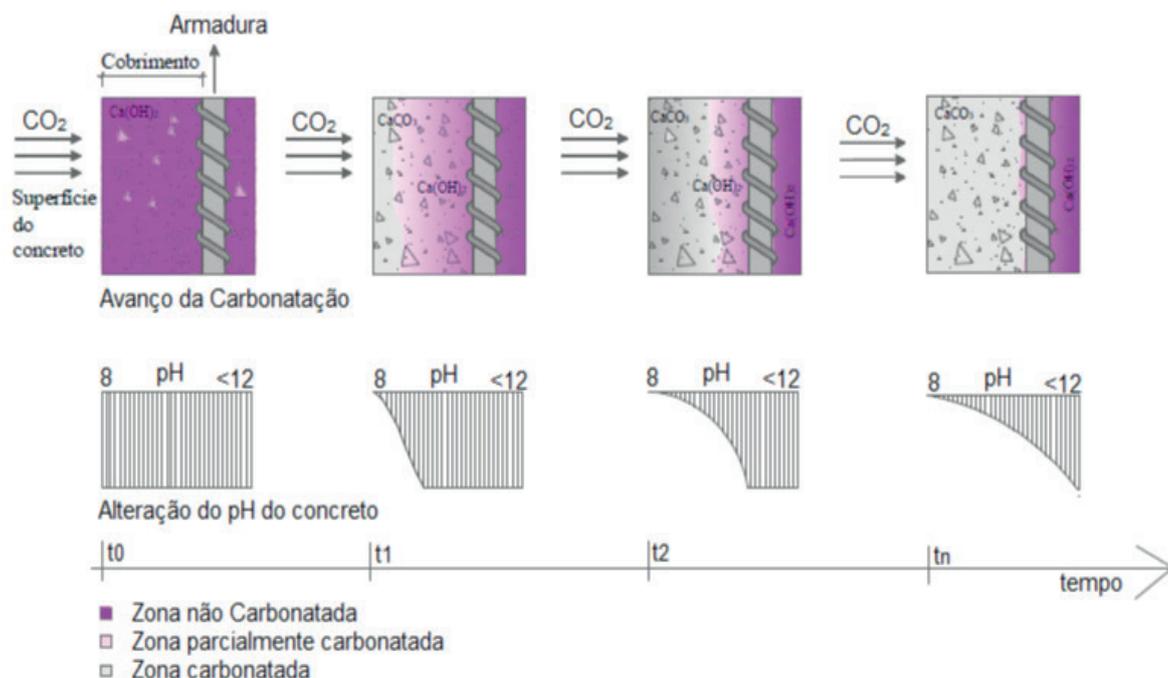


Figura 3 - Representação do avanço da frente de carbonatação e alteração do pH do concreto no tempo

Fonte: Adaptado de Possan (2010).

Felizmente a carbonatação é um processo lento. Inicialmente a profundidade de carbonatação aumenta com grande rapidez, atenuando-se com o tempo, devido a hidratação crescente do cimento e também do próprio carbonato de cálcio (CaCO_3) que preenche os poros superficiais, dificultando o acesso do CO_2 ao interior do concreto (CASCUDO, 1997).

Segundo Cascudo (1997), o processo ocorre em várias etapas envolvendo diversas reações secundárias, embora o carbonato de cálcio seja sempre um dos produtos finais. O avanço do processo de carbonatação pode ser melhor compreendido através da Figura 4.

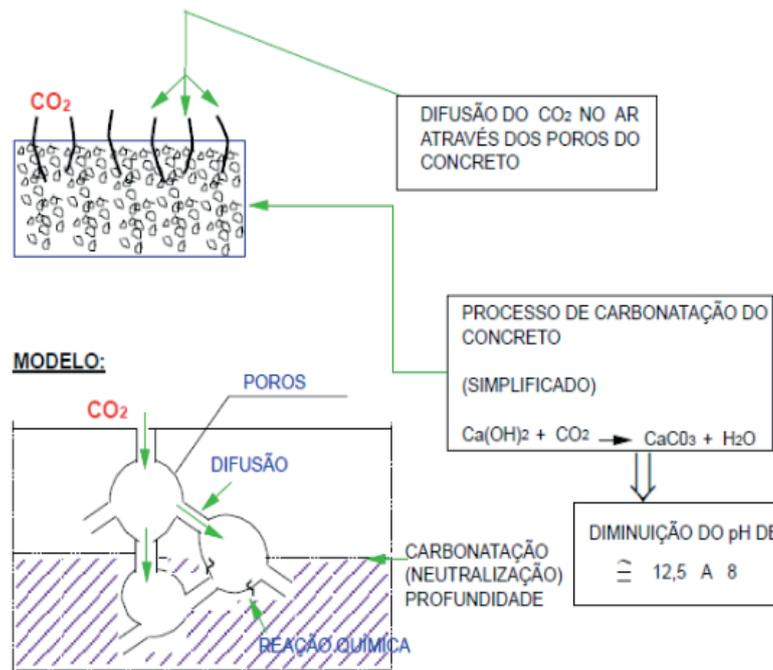


Figura 4 - Avanço do processo de carbonatação

Fonte: CEB (1984) apud Figueiredo (2005).

Com base na literatura, Possan (2010) apresenta um quadro resumo das consequências positivas e negativas da carbonatação no concreto (Quadro 1).

Efeito	Consequência	Autores
Consumo de CO ₂ no tempo	Negativa – redução do pH do concreto o que deixa a armadura suscetível à corrosão.	Parrot (1987), Isaia (1999)
	Positiva – reabsorção do CO ₂ da atmosfera.	Pade e Guimarães (2007)
Refinamento dos poros	Positiva – reduz a porosidade através da densificação da matriz devido à precipitação do CaCO ₃ nos poros da matriz cimentante.	Rigo da Silva et al. (2002)
Aumento da massa	Positiva – aumenta a densidade do material.	Neville (1997)
Aumento da resistência	Positiva – redução da porosidade do concreto.	Rigo da Silva et al. (2002)
Melhora (eleva) da dureza superficial	Positiva – aumento a resistência do material.	Helene (1993)
Redução do pH	Negativa - deixa o aço imerso no concreto suscetível à corrosão (em condições de corrosão).	Parrot (1987)
Retração	Negativa – causa fissuras.	Helene (1993)
Decréscimo na resistividade elétrica	- redução na probabilidade de corrosão não é significativa	Abreu (2004)

Quadro 1 - Quadro resumo das consequências da carbonatação

Fonte: Possan (2010)

Quanto aos fatores que influenciam a frente de carbonatação, para Neville (2015), o fator fundamental é a difusibilidade da pasta de cimento hidratada, ou seja, a função do sistema de poros da pasta de cimento durante o período em que ocorre a difusão do CO₂. Sendo assim, torna-se importante a relação água/cimento, o tipo de cimento e o grau de hidratação.

A profundidade de carbonatação e sua velocidade dependem também de fatores relacionados com o meio ambiente, conforme ilustrado no Quadro 2.

	Fatores condicionantes	Características influentes
Condições de exposição	Concentração de CO ₂	Mecanismo físico-químico
		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	Porosidade da pasta carbonatada
	Características do clínquer	Reserva alcalina
	Teor de adições	Porosidade
	Traço	Porosidade
	Qualidade de execução	
	Defeitos	Grau de hidratação
Qualidade da cura		

Quadro 2 - Fatores condicionantes e características influenciadas pela carbonatação

Fonte: Adaptado de Karamierczak (1995) apud Figueiredo (2005).

2.5 Principais interferências da corrosão de armaduras

Dentre as principais propriedades afetadas pela corrosão de armaduras do concreto, pode-se citar:

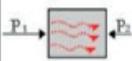
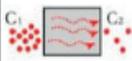
- Aderência entre o aço e o concreto;
- Aumento da deformabilidade;
- Desenvolvimento de tensões de tração que levam a fissuração;
- Redução da área da seção transversal das barras de armadura;
- Redução da resistência à tração do aço.

3 | MECANISMOS DE TRANSPORTES DE FLUIDOS NO CONCRETO

A degradação das estruturas de concreto armado se dá pela penetração através da rede de poros e fissuras, de substâncias líquidas ou na forma de gases e vapores. Entre essas substâncias, destacam-se a água, pura ou com íons dissolvidos, principalmente íons cloretos e íons sulfatos, o CO₂ e o oxigênio. Portanto, a consideração da durabilidade exige um entendimento dos mecanismos de transportes envolvidos nestes processos. A velocidade da interação entre o meio ambiente e o concreto é de extrema importância para determinação do período de tempo em que a estrutura manterá suas características mínimas de segurança, estética e funcionalidade estabelecidos no projeto.

O transporte dos fluidos e materiais no concreto depende de um grande número de fatores que estes, por sua vez, dependem da fração volumétrica de cada material, dos detalhes da hidratação do cimento e do processo de produção do concreto, tais como a porosidade, distribuição do tamanho dos poros, conectividade e tortuosidade (NEPOMUCENO, 2005) Também deve-se levar em consideração a fase aquosa que preenche os poros do concreto, cuja características dependem do tipo de cimento, do teor de umidade, e se essa umidade apresenta-se em forma de vapor ou forma líquida.

Possan (2010) apresenta um resumo dos principais mecanismos de transportes que pode ser verificado no Quadro 3.

Mecanismo	Parâmetro (indicador de durabilidade)	Definição	Esquema	Fatores de influência	Relevância
Permeabilidade	Coefficiente de Permeabilidade a água - k (mm/s)	Fluxo de um fluido através do concreto devido a um gradiente de pressão ($P_1 > P_2$)		Depende do tamanho dos e continuidade dos poros, podendo ser descrita pela lei de Darcy.	Relacionada à conectividade dos poros do concreto.
Difusão	Coefficiente de Difusão - D (cm ² /s)	Ingresso Cl^- ou CO_2 através do concreto devido a um gradiente de concentração dos agentes agressivos ($C_1 > C_2$).		Depende da composição e estrutura dos poros do concreto, da temperatura e do teor de umidade, sendo representado pela 1ª e 2ª leis de Fick.	Importante para estudos e modelos de previsão de vida útil de estruturas de concreto armado.
Sucção capilar	Coefficiente de Absorção de água - A (g/cm ² .h ⁻¹)	Ingresso de agentes agressivos e água através do concreto devido à pressão capilar (P_c).		Depende do diâmetro dos poros, da tensão superficial do líquido e da sua viscosidade.	Determinação da velocidade de penetração de água através do concreto, o que está diretamente relacionado à durabilidade.
Migração iônica	Resistividade elétrica - ρ (ohm.cm)	Movimento de ions através dos poros do concreto devido a um potencial elétrico (E_1 e E_2).		Depende do teor de umidade, da temperatura e da tensão aplicada.	Monitoramento do desenvolvimento da corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado (no período da propagação).

Quadro 3 - Resumo dos principais mecanismos de transportes de gases

Fonte: Possan (2010)

3.1 Absorção ou sucção capilar

A absorção capilar é um dos mecanismos que mais afeta a durabilidade das estruturas, principalmente em ciclos de umedecimento e secagem, e geralmente representa o primeiro passo para a contaminação por impregnação externa de peças de concreto.

A absorção capilar depende além do diâmetro dos poros, que essa porosidade seja aberta, ou seja, que os poros capilares sejam interconectados entre si, permitindo assim o acesso das substâncias líquidas contaminadas para o interior do concreto. Quanto menores forem os diâmetros dos poros, mais intensa será a sucção capilar. (CASCUDO, 1997)

Algumas características do líquido, tais como a viscosidade, a densidade e a tensão superficial também influenciam na absorção. A equação para ascensão capilar se dá pela Lei de Jurin (HELENE, 1993):

$$h = 2\gamma / r\gamma \quad (7)$$

onde:

h = altura ou penetração de água no capilar, em metros;

v = tensão superficial da água, em kg/m;

r = raio do capilar, em metros;

γ = massa específica da água, em kg/m³.

3.2 Difusão

A difusão pode ser definida como o movimento aleatório de partículas de regiões de alta concentração para regiões de baixa concentração de forma a diminuir o gradiente de concentração de partículas no meio. Isto pode ocorrer tanto para substâncias presentes em meio líquido como para aquelas em meio gasoso, estando assim controlados por este fenômeno, os dois principais agentes agressivos que comprometem as armaduras, os íons cloreto e o CO₂.

A difusão iônica acontece quando essas substâncias ultrapassam a camada superficial e alcançam o interior do concreto (região mais úmida). Ocorre então à busca de equilíbrio através da diferença de concentração entre o elemento que difunde e o meio difusor (entre o exterior e interior do concreto), promovendo a movimentação dos íons. Não menos importante, tem-se também a difusão de oxigênio e de vapor de água presente na atmosfera para o interior do concreto.

A difusão de oxigênio varia em função das diferenças dos materiais constituintes, do teor de umidade interna do concreto, das técnicas de medidas e do volume de agregados, devido à possibilidade de se alterar a conectividade da zona de transição. As adições afetam a difusão de O₂ na medida em que reduzem a porosidade, seja pelo efeito filler ou pelas reações pozolânicas.

A difusão do vapor de água controla alguns fenômenos tais como a carbonatação que precisa de um teor de umidade mínimo para ocorrer, sendo assim responsável pela corrosão de armaduras (NEPOMUCENO, 2005).

3.3 Permeabilidade

É o fluxo de um fluido submetido à ação de um gradiente de pressão. A permeabilidade é um dos principais parâmetros de qualidade do concreto e esta relacionada com a interconexão dos seus poros. É uma característica ligada ao fator água/cimento. Quanto menor for esta relação, menos permeável será o concreto. Segundo Cascudo (1997), quanto maior for o diâmetro dos poros capilares e a comunicação entre si, mais acentuada será a permeabilidade a líquidos sob pressão.

3.4 Migração de íons

Ocorre quando há a presença de um campo elétrico, que no concreto pode ser

gerado pela corrente elétrica do processo eletroquímico ou pelo emprego da técnica de proteção catódica para o controle da corrosão (CASCUDO, 1997).

4 | TECNOLOGIAS PARA RECUPERAÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DE ARMADURAS

Segundo Panossian (2010), há quatro maneiras de combater ou prevenir a corrosão na visão clássica: substituição do material por outro mais resistente, modificação do meio de exposição, através de barreiras entre o aço e o meio (revestimentos) e através de técnicas eletroquímicas.

4.1 Seleção de materiais

Uma alternativa como prevenção da corrosão é a utilização do aço inoxidável. De acordo com Moreira (2015), a utilização do aço inoxidável em concreto armado teve início com o aço austenítico e o uso de armaduras de aços inoxidáveis dúplex vem aumentando. A autora relata que pesquisas recentes têm mostrado que a resistência à corrosão do aço inoxidável dúplex é semelhante ou ainda superior ao dos aços austeníticos.

4.2 Mudança do meio

Trata-se de recuperação (onde há a remoção do concreto deteriorado e sua posterior reconstrução com outro de boa qualidade que se assemelhe o máximo possível com o concreto base), ou utilização de inibidores de corrosão, bem como por meio de técnicas eletroquímicas de realcalinização e extração de cloretos que serão abordadas mais adiante.

Os inibidores de corrosão são substâncias que se adicionadas a matriz cimentícia reduzem a velocidade de corrosão sem causar grandes alterações nas propriedades do concreto. Podem ser utilizados no concreto em seu estado fresco (inorgânicos-nitritos) ou na superfície do concreto em seu estado endurecido (líquidos, inibidores fase vapor, inibidores voláteis), o que não é muito usual no Brasil.

Os nitritos são mais comumente utilizados no Brasil e considera-se um método eficiente, pois eles favorecem a passivação, até mesmo na presença de cloreto desde que a razão nitrito/cloreto seja maior que pelo menos 1.8. (PANOSSIAN, 2010). O MFP (monofluor fosfato) é utilizado na forma líquida aplicada sobre a superfície do concreto endurecido, onde atravessa a camada de revestimento por capilaridade. Os inibidores fase vapor difundem-se na fase vapor através dos poros e fissuras do concreto atingindo as armaduras e os inibidores voláteis de corrosão são eficientes para concretos com contaminação com cloretos segundo Panossian (2010). São aplicados geralmente como revestimentos, mas também podem ser incorporados na argamassa de reparo e recuperação ou colocados em forma de plugues.

4.3 Revestimentos

Consistem em fazer uma barreira física para restringir a penetração de agentes agressivos. Segundo Panossian (2010), é a forma mais econômica e prática para garantir e até aumentar a durabilidade das estruturas de concreto armado. Esta barreira pode ser realizada pela aplicação de tintas, silicones hidrofugantes e vernizes ou revestimentos que aumentem a durabilidade.

De acordo com Campos (2016), podem ser classificados em formadores de película, bloqueadores de poros ou hidrofugantes de superfície. A Figura 5 apresenta um resumo das principais características de cada tipo de revestimento.

Os bloqueadores de poros reduzem a penetração de água e aumentam a dureza do concreto, sendo os silicatos os mais utilizados.

Dentre os formadores de películas podem-se citar as tintas e vernizes, sendo os mais utilizados o Látex PVA, látex acrílico, poliuretano e epóxi (CAMPOS, 2016).

Os hidrofugantes de superfície penetram nos poros capilares da superfície de concreto e alteram o ângulo de contato entre as paredes desses poros e a água. Os mais utilizados são os silicones – silanos e siloxanos (CAMPOS, 2016).

Há também a possibilidade de revestir a armadura. Araujo (2015) explica que o revestimento das armaduras de aço-carbono das estruturas de concreto é uma técnica de proteção contra corrosão bastante difundida em muitos países e que normalmente, a proteção por barreira é obtida na indústria, revestindo a armadura com pintura epoxídica ou mediante sua zincagem.



Figura 5 – Classificação dos revestimentos

Fonte: Campos (2016).

4.4 Técnicas eletroquímicas

Proteção catódica

Segundo Cascudo (2015), proteger catodicamente uma estrutura metálica significa eliminar as áreas anódicas da superfície do metal, fazendo com que toda a estrutura adquira um comportamento catódico. Isto pode ser feito através da imposição de uma corrente contínua que pode ser fornecida por uma fonte externa de alimentação, denominada de Proteção por corrente impressa ou então por um metal de potencial mais negativo, chamada de proteção por ânodo de sacrifício.

Corrente impressa

A corrente impressa consiste em instalar um leito de ânodos na superfície do concreto, proteger este leito com uma camada de revestimento, em geral cimentício, e por meio de uma fonte externa aplicar uma corrente catódica (polo positivo conectado ao ânodo e o ânodo negativo à armadura), tornando a armadura catódica (PANOSSIAN, 2010). A Figura 6 apresenta um sistema de proteção catódica de corrente impressa.

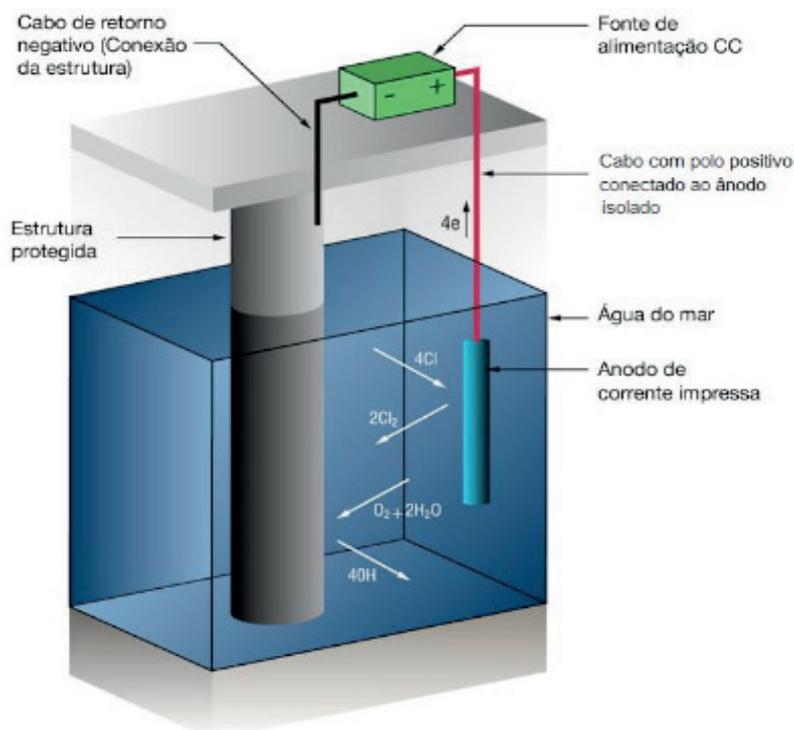


Figura 6 – Sistema de proteção catódica de corrente impressa

Fonte: Adaptado de Baxter e Britton (2011).

Ânodo de sacrifício

O sistema usual de proteção por ânodo de sacrifício envolve a aplicação de um campo elétrico por meio da diferença de potencial entre as armaduras presentes no interior do concreto e um eletrodo externo constituído por uma malha metálica menos nobre que o aço-carbono, imersa em um reservatório de eletrólito.

Desta forma, os íons cloreto tendem a migrar pela ação do campo elétrico formado, da armadura (cátodo), até a malha externa (ânodo) e após algumas semanas, o eletrólito colocado junto ao ânodo é removido juntamente com o ânodo e os íons cloreto que migraram para essa região (CAMPOS, 2016). Durante o processo, ocorre também a produção de íons hidroxila (OH⁻) na superfície da armadura, havendo um aumento do pH (CASCUDO, 1997).

Os principais ânodos de sacrifício são ligas metálicas ou a pura forma de zinco, alumínio ou magnésio (CASCUDO, 2015).

A Figura 7 esquematiza a aplicação do ânodo de sacrifício.



Figura 7 - Ânodo de sacrifício

Fonte: Panossian (2010).

Para o autor, a aplicação da proteção catódica é mais utilizada em estruturas expostas ao ataque de cloretos e reconhecida como a única técnica capaz de interromper o processo corrosivo em estruturas de concreto. Pode ser aplicada tanto para prevenir a corrosão e prolongar a vida útil de estruturas novas, como para diminuir a taxa de corrosão em estruturas que já apresentam certo grau de deterioração.

Realcalinização eletroquímica

A realcalinização eletroquímica consiste na aplicação de uma corrente elétrica e é realizada através de uma malha metálica que funciona como um ânodo, em geral de titânio ou aço inoxidável, imersa em um eletrólito e depositada sobre o concreto, conectada ao pólo positivo de uma fonte de corrente contínua, onde a armadura do concreto é conectada ao pólo negativo.

Quando aplica-se uma corrente elétrica no sistema através da fonte, a solução alcalina é transportada para o interior do concreto através de um mecanismo eletrosmótico, promovendo sua realcalinização. (GENTIL, 2012). A Figura 8 esquematiza este processo.

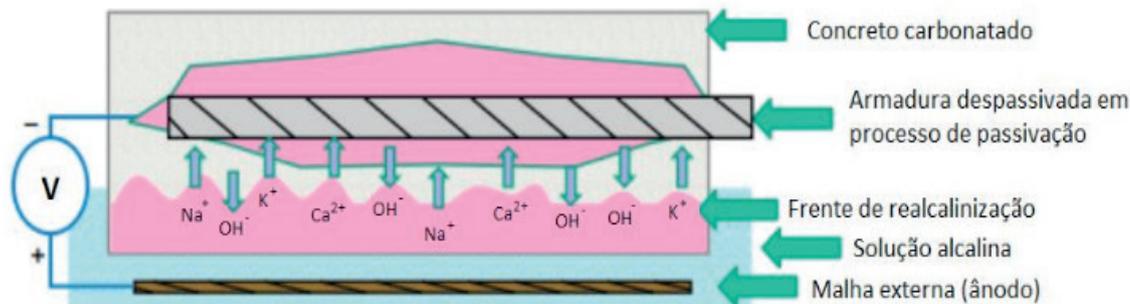


Figura 8 – Realcalinização eletroquímica

Fonte: Adaptado de Campos (2016).

5 | CONCLUSÕES

A corrosão das armaduras é o fenômeno mais frequente de degradação das estruturas de concreto armado podendo se tornar muito oneroso o seu reparo ou recuperação se não houver inspeções e manutenções periódicas, além de comprometer as estruturas tanto do ponto de vista estético como estrutural. Este fenômeno só ocorre quando as condições de proteção proporcionadas pelo cobrimento de concreto não são suficientes, o que pode ser acarretada por diversos fatores, sendo de extrema importância identificá-los para que se possa determinar qual a melhor forma de executar uma proteção efetiva e duradoura.

Existem tecnologias disponíveis no mercado que, se adequadamente aplicadas, podem prolongar a vida útil das estruturas, além é claro de sua concepção desde a etapa de projeto, observando os cobrimentos mínimos estipulados em norma de acordo com a agressividade do ambiente em que a construção estará inserida, a qualidade do concreto e a uniformidade de execução. Como a corrosão é um fenômeno expansivo é possível que seja visualizada e identificada na maioria das vezes em tempo hábil de se tomar medidas de reparos e proteção, que devem obrigatoriamente eliminar as causas desse fenômeno objetivando aumento da vida útil da edificação.

Diante da grande variedade de sistemas de proteção existentes no mercado, cabe ao profissional atuante na área conhecer os mecanismos e suas formas de aplicação, bem como os processos de deterioração das estruturas, visando especificar a melhor solução para cada situação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análises das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco**. 1997. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - UFRGS, Porto Alegre, 1997.

ARAUJO, A. Estruturas zincadas por imersão a quente em concreto armado. **Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fev./Mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211: Agregados para concreto** –

Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BARBOSA, F.R.; CARVALHO, J.R; COSTA e SILVA, A.J.; FRANCO, A.P.G; MOTA, J.M.F. (2012). **Corrosão de armadura em estrutura de concreto armado devido ao ataque de íons cloreto**. 54º Congresso Brasileiro de Concreto. Maceió.

BAXTER,R., BRITTON, J. **Proteção Catódica Offshore**: o que é e como funciona. 2011. Disponível em: < <http://www.cathodicprotection101.com/protECAo-catodica.htm>>. Acesso em: 24 jun 2017.

CAMPOS, H. F. **Materiais e Técnicas para Reparo de Estruturas de Concreto**. 2016. Notas de aula. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/25/Heloisa_Campos_e_T%C3%A9cnicas_para_reparo.pdf>. Acesso em: 24 jun 2017.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**: inspeção e técnicas eletroquímicas. 237 f. 1ª Edição. Goiânia: Ed. UFG, 1997.

_____. (Org.) **Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto com problemas de corrosão da armadura**. Vol. 2. São Paulo: IBRACON, 2005.

_____. Proteção Catódica. **Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fev./Mar. 2015.

CEB. (1984). **Durability of concrete structures**. Report of CEB-RILEM International workshop. Copenhagen, Mai, 1983; CEB Bulletin D'Information, N 152.

FIGUEIREDO, E. P. **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto**. Vol. 2. São Paulo: IBRACON, 2005.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural**: tópicos aplicados. 199 f. 2ª Edição. São Paulo: Ed. Pini, 2012.

GEMELLI, E. **Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5ª Edição, Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

HELENE, P.R.L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo. Tese de Livre Docência - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

HELENE, P. R. L., RIBEIRO, D. V. (Org.). **Corrosão em estruturas de concreto armado**: Teoria, controle e métodos de análise. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MEHTA. P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. 2ª ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MOREIRA, A. R. Corrosão e manutenção do concreto e suas armaduras. **Corrosão & Proteção**. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fev./Mar. 2015.

MOTA, A. C. M. **Avaliação da presença de cloretos livres em argamassas através do método colorimétrico de aspersão da solução de nitrato de prata**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

NEPOMUCENO, A. A. **Mecanismo de transporte de fluidos no concreto**. Vol. 2. São Paulo: IBRACON, 2005.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 912 f. 5ª Edição. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2015.

PANOSSIAN, Z. **Novas Tecnologias para Reparo e Proteção contra Corrosão de Concreto Armado**. Apresentação INTERCORR – ABRACO, 2010.

PEDROSO, F.L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto e construções**. Ano XXXVII, n. 53, jan., fev., mar. São Paulo: IBRACON, 2009. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2018.

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

RIBEIRO, Daniel Vêras (org.). **Corrosão e degradação em estruturas de concreto**: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SILVA, F. G. **Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado) - Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais IFSC – IQSC – EESC, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO VERTICAL PÚBLICA EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CIDADE DO RECIFE-PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro – PE

Iago Santos Calábria

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Bruno de Sousa Teti

Universidade de Pernambuco
Recife – PE

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – PE

Amanda de Moraes Alves Figueira

Faculdade de Ciências Humanas ESUDA
Recife – PE

Walter de Moarais Calábria Junior

Universidade Católica de Pernambuco
Recife– PE

RESUMO: Edificações concebidas em alvenaria estrutural consistem em construções as quais as paredes são autoportantes, em outras palavras, estes elementos que devem ser resistentes as ações nela submetidas. Este método construtivo vem ganhando cada vez mais espaço no mercado da construção civil brasileira, as quais são pontencializadas seu uso em conjuntos habitacionais ou construções onde se haverão repetições de unidades.

Apesar da técnica já existir a muitos anos, o seu uso de forma racionalizada e com prescrições normativas ainda vem em crescimento, sendo muitas vezes uma técnica não dominada pelas empresas e em toda cadeia da construção civil. Este artigo se propôs a analisar as patologias e suas causas encontradas em uma construção de um empreendimento público em Recife-PE no qual a estrutura foi concebida em alvenaria estrutural. Os resultados encontrados visam potencializar as diversas maneiras de trabalho dentro da construção civil, enfatizando a execução, trazendo alternativas que gerem um crescimento produtivo dentro da obra e consequentemente minimizando os erros advindos do desconhecimento desta técnica construtiva. O trabalho trata também da fiscalização em uma obra pública e concluiu-se que é possível inferir que as ocorrências patológicas são quase que em totalidade evitáveis, se realizadas medidas preventivas e investigativas simples.

PALAVRAS-CHAVE: Alvenaria Estrutural, Patologia, Fiscalização, Estrutura.

ANALYSIS OF A PUBLIC VERTICAL CONSTRUCTION IN STRUCTURAL MASONRY IN THE CITY OF RECIFE-PE

ABSTRACT: Buildings designed in structural masonry consist of constructions to which walls

are self-supporting, in other words, these elements that must be resistant to the actions undergone in it. This constructive method has been gaining more and more space in the Brazilian civil construction market, which are emphasized its use in housing complexes or constructions where there will be repetitions of units. Although the technique has existed for many years, its use in a rationalized way and with normative prescriptions still is growing, being often a technique not dominated by the companies and in all the chain of the civil construction. This article proposes to analyze the pathologies and their causes found in a construction of a public enterprise in Recife-PE in which the structure was conceived in structural masonry. The results obtained aim to enhance the various ways of working within the civil construction, emphasizing the execution, bringing alternatives that generate a productive growth within the work and consequently minimizing the errors coming from the ignorance of this constructive technique. The work also deals with supervision in a public work and it has been concluded that it is possible to infer that pathological occurrences are almost entirely avoidable, if simple preventive and investigative measures are carried out.

KEYWORDS: Structural Masonry, Pathology, Surveillance, Structure.

1 | INTRODUÇÃO

Edificações concebidas em alvenaria estrutural consistem em construções as quais as paredes são os elementos estruturais que devem ser resistentes as ações nela submetidas. Este sistema construtivo que utiliza peças industrializadas de dimensões e peso que as fazem manuseáveis, ligadas por argamassa, tornando o conjunto monolítico.

Os blocos são as unidades fundamentais da alvenaria, os mesmos determinam grande parte das características da alvenaria tais como a resistência à compressão, precisão dimensional, estabilidade, resistência ao fogo e à penetração da chuva, estética e isolamento térmico e acústico, representando dessa forma cerca de 80 a 95% do volume da parede. Os blocos em conjunto, com a argamassa é determinante para a resistência e durabilidade da obra.

O controle contínuo de produção da alvenaria pode representar a maior garantia de obtenção do grau de segurança estrutural exigido para as obras em alvenaria estrutural. Sendo assim, o controle é o principal aspecto para que todos os requisitos especificados em projetos possam ser verificados e cumpridos.

Segundo a norma brasileira ABNT NBR 15961-2: 2012 devem ser realizadas as caracterizações prévias da resistência à compressão dos materiais, componentes e da alvenaria a serem usados na construção, antes do início da obra. Portanto, devem ser ensaiados os componentes como os blocos, argamassa e graute e os elementos em alvenaria (prisma, pequena parede ou parede). Os blocos de concreto devem ser ensaiados conforme especificado na ABNT NBR 12118:2011 e atender as especificações da ABNT NBR 6136:2007.

Este sistema deve ser tratado como um processo racionalizado, desde a sua

concepção, projeto e execução com conformidade com as normas pertinentes, visando principalmente a segurança e tendo como consequência uma ótima relação custo-benefício, sendo viável para edificações de até 15 pavimentos.

O estudo de caso neste presente trabalho tratará irregularidades encontradas na fiscalização de obra pública de conjunto habitacional localizado no Recife-PE. É um caso que mostra o quanto a fiscalização da execução de uma obra se faz necessária, pois nesse caso foram encontradas diversas irregularidades patológicas na alvenaria estrutural e foi necessária a intervenções para evitar um prejuízo futuro de vidas.

2 | CARACTERÍSTICAS DO CASO

O caso estudado foi em obra pública situada em Recife, Pernambuco. É um caso que mostra o quanto a fiscalização da execução de uma obra se faz necessária, pois foram encontradas diversas irregularidades patológicas na alvenaria estrutural, sendo necessária intervenção a fim de evitar problemas maiores no futuro. É uma obra constituída por 12 blocos, com 32 unidades habitacionais em cada um deles. Os 384 apartamentos possuem uma área de 39,98 m² cada.



Figura 1 – Vista geral da obra.

Fonte: Trindade (2015)

Na figura 1 mostrada, é possível ver os blocos sendo construídos até o dia datado e os materiais alojados de maneira equivocada, expostos às intempéries. Foram encontradas algumas irregularidades em cinco blocos que já haviam sido construídos. As irregularidades patológicas apontadas se originaram devido à falta de controle e qualidade da obra, que apresenta divergências entre as especificações do projeto de alvenaria estrutural e a forma de execução, possuindo vários problemas técnicos e utilizando materiais em desconformidade com as normas ABNT NBR 6136:2006 e

ABNT NBR 15961-1 e 2:2011 .

Alguns desses problemas foram: falta de prumo e planicidade das paredes, falta de alinhamento das fiadas, falta de uniformidade na espessura das juntas horizontais de argamassa, inexistência das juntas de argamassas verticais, blocos quebrados e com descontrolo dimensional, rasgos nas paredes de alvenaria estrutural. Também houve uma inconsistência no resultado do único ensaio de prisma disponibilizado – a resistência do prisma resultou num valor superior à resistência do bloco do qual o mesmo é feito.

A única possibilidade técnica de ocorrência deste comportamento seria no caso de a argamassa de assentamento dos blocos apresentarem resistência à compressão superior à resistência dos blocos, aspecto que contaria o princípio da alvenaria estrutural; alguns ensaios de compressão do concreto demonstraram que a resistência característica dos blocos concreto não estava sendo atingida.



Figura 2 – Juntas verticais não preenchidas e alvenaria rasgada.

Fonte: Trindade (2015)

Na figura 02, é possível detectar que as juntas verticais não foram preenchidas com argamassa, bloco quebrado e preenchido com argamassa e alvenaria estrutural rasgada para passagem de tubos.



Figura 3 – Parede fora do prumo e desnivelada.

Fonte: Trindade (2015)

Na figura 3, foi observada a parede fora de prumo e esse erro de execução expôs o desnivelamento entre o pavimento térreo e o superior.

3 | CONSEQUÊNCIAS DO CASO

Diante das irregularidades patológicas encontradas na obra foi solicitada pelo Tribunal de Contas do Estado, além da paralisação da obra, a contratação de um especialista em alvenaria estrutural para a emissão de um parecer técnico. No parecer, foram apresentadas algumas desconformidades encontradas nos cinco primeiros blocos já construídos, como ligação laje-parede, juntas não preenchidas em paredes externas, blocos fraturados e descolamento da argamassa de assentamento, rasgos efetuados para colocação de tubulação, fissuras de retração na junta de bloco substituído, fragilização de parede devido à falta de rejuntamento vertical, fragilização de montante devido à má execução, tentativa de abertura e preenchimento de juntas verticais e trincas em parede.



Figura 4 – Bloco de concreto cortado e preenchido com argamassa.

Fonte: Trindade (2015)

Na figura 4, ficam explícitos os blocos de concreto cortados para compor a alvenaria, em descumprimento com a paginação, os blocos quebrados sendo utilizados na alvenaria e as respectivas aberturas sendo preenchidas com argamassa. Essas ações produzidas causam sérios riscos à saúde da estrutura.



Figura 5 – Bicheira em viga e blocos perfurados.

Fonte: Trindade (2015)

Percebem-se irregularidades, na figura 5, como o adensamento da viga de concreto, a qual não deveria fazer parte do projeto, pois as cargas provenientes das lajes deveriam ser descarregadas em cintas, para posteriormente dissipar na alvenaria. Vigas devem estar presentes em edificações de estruturas reticuladas, o que não era o

caso desta edificação.

4 | PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO

Após o laudo dado pelo engenheiro especialista em alvenaria estrutural, foi acatada a decisão de se fazer um ensaio de prova de carga no edifício já construído. Para a realização do ensaio foi contratada uma empresa especializada. Os ensaios foram realizados no bloco número 5. Para o ensaio foram cumpridos os seguintes passos: de 23 suportes/relógios comparadores nas alvenarias do pavimento térreo e mais 8 relógios comparadores nas lajes de teto do pavimento térreo do bloco 5.



Figura 6 - Detalhe do relógio do deflectômetro.

Fonte: Trindade (2015)

A figura 6 exhibe o relógio do deflectômetro instalado para a realização do ensaio de prova de carga nos blocos já construídos.



Figura 7 - Montagem deflectômetros para ensaio.

Fonte: Trindade (2015)

Em seguida devem-se realizar leituras nos relógios sem carregamento durante 24h para avaliar a influência da variação térmica nas leituras de deformação. Após esse procedimento, foi efetuado o carregamento total da laje de cobertura com duas camadas de saco de cimento de 50 kg em paletes de madeira, que foi feito com 461 sacos de cimento, e assim foi efetuada a medição das deformações, através das leituras dos relógios comparadores, até a sua estabilização.

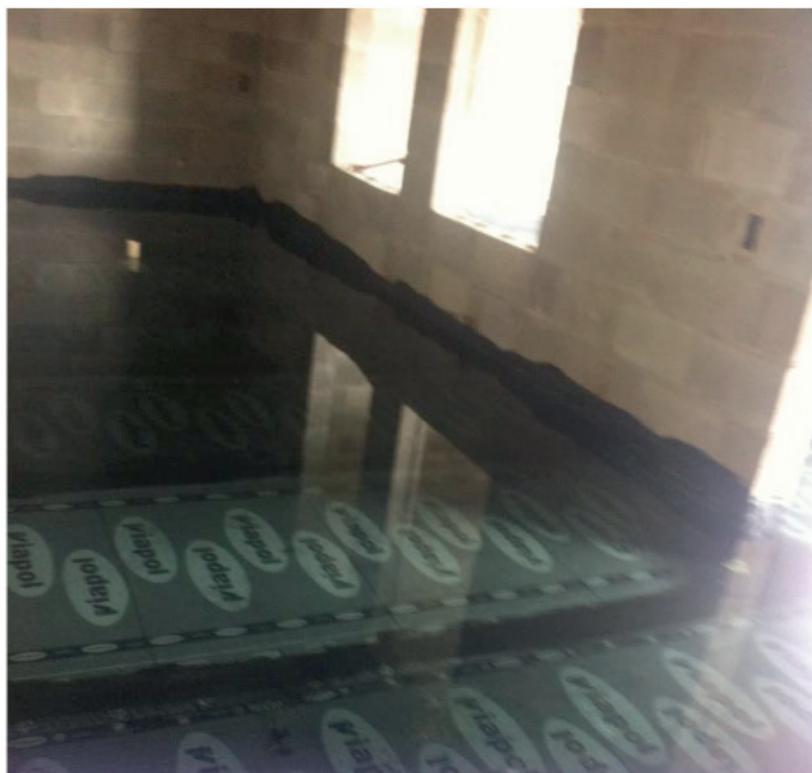


Figura 8 - Carregamento da laje (manta e água).

Fonte: Trindade (2015)

Nos demais pavimentos a prova de carga consistia em carregamento das lajes com manta de água, conforme a figura 8, onde foram acrescentadas três camadas de água com uma espessura de 8,5 centímetros cada.

Para o carregamento do primeiro, segundo e terceiro pavimento foi usada uma manta e acrescentadas três camadas de água de 8,5cm, sendo realizadas leituras a cada camada colada, a cada 30 minutos, até a sua estabilização e em seguida foi feito um monitoramento a cada 1h durante 37h. Após esse procedimento foi realizado o descarregamento, tendo início pelo terceiro pavimento até o primeiro, sendo feito igual ao carregamento, retirando por camadas e sendo realizadas leituras a cada 30 minutos até a estabilização, sendo feito por ultimo o descarregamento da laje com realização das leituras até a estabilização.

O ensaio durou do dia 24/08/2015 até 29/08/2015. As leituras feitas pelos relógios do deflectômetro seriam enviadas para a empresa do engenheiro calculista para que ele desse um parecer técnico sobre as providências a serem tomadas. E esse ensaio

será repetido em todos os outros blocos (do 01 ao 04) em que foram encontradas as irregularidades patológicas. Esse ensaio mostra o quanto uma fiscalização de engenharia é importante para a realização de obras públicas para ajudar a encontrar patologias e averiguar a execução das obras para não haver um prejuízo no futuro.

5 | CONCLUSÕES

Analisando o estudo de caso apresentado é possível inferir que suas ocorrências são quase que em totalidade evitáveis. Os acontecimentos explicitam a maneira equivocada de instruir os trabalhadores da área. Evidencia-se que com o auxílio da literatura e do estudo prático utilizado nesse projeto, as pesquisas sobre as causas patológicas do concreto armado minimizam os problemas corriqueiros dentro de uma obra trazendo uma conscientização e potencialização na realização do trabalho.

Todas essas ações trazem como consequência a possibilidade de implantação de medidas de aprimoramento profissional, partindo do planejamento até a execução da obra, proporcionando uma maior qualificação dos operários e conseqüentemente um grande declínio nos problemas construtivos. Porém é notório que ainda não foi encontrado em nenhuma área, por mais qualificações que sejam feitas, o rendimento completo de todos os trabalhadores.

Vale salientar que Para que se atinja a eficiência do sistema construtivo em alvenaria estrutural, fatores como a correta execução e controle da alvenaria são de extrema importância, e estes trabalhos devem ser realizados por profissionais qualificados para este método construtivo, pois como mostra nesta análise, alguns erros são de origem de vícios construtivos oriundos do sistema convencional de estruturas de concreto armado, como por exemplo execução de elementos estruturais reticulados onde não deveria existir.

Esse fato reforça a necessidade da utilização de métodos preventivos investigativos aumentando o conhecimento prévio do estado da área trabalhada, abrigo maiores informações para posteriores medidas necessárias. Logo, é possível considerar que a fiscalização das atividades em execução e já executadas é primordial para a identificação de erros não aparentes dentro da construção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 6136:2006. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15961-1:2011. **Alvenaria estrutural. Blocos de concreto – parte 1: projeto**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15961-2:2011. **Alvenaria estrutural. Blocos de concreto – parte 2: execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2014 **Projetos de estruturas de concreto – procedimento**. Associação Brasileira de Cimento Portland. Rio de

Janeiro, 2014.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**, Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/122441>> Acesso em 28 de Fev. 2016.

COSTA E SILVA, Â. J. **Método de gestão de obras de manutenção de fachadas**. São Paulo, 2008. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudos de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Rio de Janeiro, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª edição. São Paulo. PINI. 1992.

JOHN, V. M. **Durabilidade de materiais, componentes e edifícios**. Dissertação (Mestrado). CPGEC/UFRGS, Porto Alegre/RS, 1987.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas**. 4º Edição. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A15232A37901529D259F061157>>. Acesso em: 03 de jun. 2017.

TRINDADE, Joana Coelho. **IRREGULARIDADES PATOLOGICAS ENCONTRADAS NA FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS: PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL** Universidade Católica de Pernambuco, 2015. 26 p. (RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO I), Recife-PE.

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

Romildo Alves Berenguer

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Yane Coutinho Lira

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Fernanda Cavalcanti Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Thaís Marques da Silva

Universidade Católica de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Bráulio Silva Barros

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Joanna Elzbieta Kulesza

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

RESUMO: Localizada na região metropolitana do Recife/PE, a ponte estudada representa um importante elemento de infraestrutura rodoviária que liga os municípios de Paulista e Olinda. Foi construída em 1974, quando o município de Paulista tinha de uma população de aproximadamente 70 mil habitantes. Hoje, 43 anos após sua construção, a cidade apresenta uma população de mais de 300 mil habitantes com uma demanda de tráfego diário de cerca de 50 mil veículos. Com o passar dos anos, é

possível verificar a deficiência na realização de manutenção da ponte, uma vez que apresenta sinais evidentes de deterioração, o que, conseqüentemente, gera insegurança para os seus usuários. Além da falta de manutenção, a ponte é localizada numa área classificada como de classe de agressividade ambiental muito forte (III), de acordo com a NBR 6118:2014, implicando em elevado risco de deterioração da estrutura. O estudo teve como objetivo identificar as manifestações patológicas presentes na Obra de Arte Especial, determinando os seus prováveis agentes causadores e avaliando o grau de comprometimento dos elementos estruturais a partir de ensaios não-destrutivos. Por meio das análises in loco e estudos, pode-se concluir que, além das manifestações patológicas visivelmente detectadas, a ponte apresentou, no ensaio de esclerometria, resistência menor do concreto nas vigas, sugerindo uma manutenção, recuperação e reforço em sua estrutura a fim de mitigar as manifestações patológicas encontradas.

PALAVRAS-CHAVE: Diagnóstico de Manifestações Patológicas. Inspeção de Estruturas. Ponte.

INSPECTIONS AND DIAGNOSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS PRESENT ON A BRIDGE IN THE METROPOLITAN REGION OF RECIFE

ABSTRACT: Located in the metropolitan area of Recife / PE, the studied bridge is an important road infrastructure element that connects the cities of the Paulista and Olinda. It was built in 1974 when the Paulista municipality had a population of approximately 70 thousand inhabitants. Today, 43 years after its construction, the city has a population of over 300,000 inhabitants, causing a daily traffic demand of about 50,000 vehicles. Over the years, it is possible to verify the lack in maintenance of the bridge leading to noticeable signs of deterioration, which consequently generates uncertainty for users. Besides the lack of maintenance, the bridge is located in an area classified as very strong environmental aggressive class (III), according to NBR 6118: 2014, implying high risk of deterioration of the structure. The study aimed to identify the pathologies present in the Special Work of Art, determining the likely causative agents, assessing the degree of deterioration of the structural elements using non-destructive testing. Through analyzes in situ, it was concluded that besides the visible pathological manifestations detected, the bridge presented in the sclerometry test lower strength of the concrete on the beams, suggesting maintenance, recovery and reinforcement of the bridge structure in order to mitigate the pathological manifestations found.

KEYWORDS: Diagnosis of Pathological Manifestations. Inspection of Structures. Bridge.

1 | INTRODUÇÃO

Os problemas geralmente encontrados em pontes de concreto podem ser causados devido a falhas de projeto, execução e à falta de manutenção preventiva. Dentro desse contexto, acrescenta-se o problema encontrado por cidades litorâneas e grandes centros urbanos: a alta agressividade ambiental (SARTONI, 2008).

Há muito tempo, acreditava-se que as estruturas de concreto armado tinham uma vida útil indeterminada, não se dando importância a manutenções e inspeções estruturais preventivas e favorecendo o aparecimento de manifestações patológicas que comprometiam o desempenho da estrutura, ou seja, sua durabilidade.

A Região Metropolitana do Recife é conhecida pelas suas pontes, que são localizadas em diversos municípios, conferindo valor estético e de mobilidade urbana. Porém, a população desconhece o estado degradante de muitas pontes, que, em alguns casos, pode representar riscos para os veículos e transeuntes.

Nos últimos anos, a engenharia civil vem intensificando os estudos das manifestações patológicas presentes no concreto armado a fim de garantir uma maior vida útil de estruturas como pontes, viadutos e edificações verticais, devido ao grau de deterioração apresentado nestas obras.

Para Sartoni (2008), o meio ambiente é um dos principais agentes causadores de danos e patologias nas construções. O excesso de umidade, poluição, presença de sais e cloretos, assim como a variação térmica, entre outros fatores, podem contribuir

para a ação de agentes agressivos e o desenvolvimento de algumas manifestações patológicas nas estruturas. A agressividade imposta pela névoa salina em estruturas de concreto armado situadas em regiões litorâneas, apresenta-se como forma peremptória para o surgimento de manifestações patológicas (MOTA *et al*, 2009).

A ponte objeto deste estudo, é um importante elemento de infraestrutura rodoviária que liga os municípios de Paulista e Olinda, em Pernambuco. Segundo os registros do município de Paulista, a ponte passou por recuperações estruturais e, periodicamente, são feitas vistorias de forma a detectar problemas na sua estrutura e a necessidade de realização de novos reparos. Todavia, na maioria das vezes, as manutenções realizadas de forma paliativa não são eficazes, ocorrendo um reaparecimento de falhas, manifestações patológicas em curto período de tempo após a execução dos reparos.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa consistiu inicialmente em uma análise da ponte de concreto armado localizada no Município de Paulista/PE, por meio de uma inspeção preliminar, de modo a quantificar a recorrência das manifestações patológicas: umidade, descolamento do revestimento, mofo e bolor, vegetação, desagregação do concreto, trincas e fissuras, corrosão e eflorescência.

A inspeção preliminar foi realizada em etapas, conforme listadas:

- Inspeção visual da estrutura, realizando um levantamento fotográfico com objetivo de registrar os sintomas e a natureza dos problemas encontrados;
- Identificação da agressividade do ambiente conforme a NBR 6118 (2014);
- Realização de quatro tipos de ensaios não destrutivos para contribuir na realização do diagnóstico: avaliação de cloretos livres por aspersão de nitrato de prata, avaliação de carbonatação, esclerometria, velocidade de propagação de onda ultrassônica.

3 | ESTUDO DE CASO

3.1 Histórico da estrutura

A ponte apresenta uma faixa em cada sentido de circulação para o trânsito de 50 mil veículos diariamente. Através de dados obtidos da empresa de manutenção e pelo histórico da estrutura, a ponte recebe manutenções periódicas. Mas, nota-se que, para muitos, a manutenção a manutenção tem relação apenas com limpeza da vegetação e lixo, e mesmo esse tipo de manutenção não foi observado nas vistorias. A Figura 1 apresenta as vistas inclinada e inferior da ponte, respectivamente.



Figura 1: Vista inclinada (a) e visão Inferior do tabuleiro da ponte (b).

3.2 Inspeção preliminar

Conforme Tutikian e Pacheco (2013), pelas nas informações obtidas na inspeção preliminar, é possível determinar a natureza e a origem do problema, como também servir como base para um estudo mais detalhado. Os autores recomendam utilizar formulários para esta etapa de avaliação.

A inspeção preliminar teve como objetivo detectar visualmente as manifestações patológicas presentes na estrutura da ponte, bem como obter informações da agressividade ambiental, de serviços de recuperação, reabilitação ou restauração que tenham sido executados, de modo a verificar todo o histórico da estrutura.

A inspeção visual foi realizada na parte inferior exposta da estrutura principal de cada um dos vãos da ponte e dos seus apoios, excluindo as fundações. Um registro fotográfico de todas as manifestações patológicas encontradas foi feito. Conforme orientação de Tutikian e Pacheco (2013), realizou-se um exame diferenciado dos elementos, registrando os sinais aparentes de corrosão (manchas, expansão, grau de degradação, etc.), fissuras (localização, direção, dimensão, abertura, etc.), regiões de desprendimento de concreto com e sem exposição da armadura, degradação do concreto, e qualquer outra anomalia.

A ponte analisada possui classe de agressividade ambiental III, de acordo com a NBR 6118 (2014), com risco alto de deterioração da estrutura, devido à região de maresia/litorânea, que acarreta grande incidência de sais na estrutura. Estes sais se depositam na superfície do concreto e podem penetrar na estrutura, ocasionando diversos tipos de manifestações patológicas.

3.3 Fissuras

De acordo com o DNIT (IPR, Publicação 709/2004), a fissura é uma fratura linear no concreto que pode se estender parcial ou completamente através do elemento. Elas podem ter origens diversas, sendo através de materiais empregados de forma incorreta, ataques físicos e químicos, por exemplo, e podem progredir ao ponto de causar deslocamentos e até colapso da estrutura, dependendo de seu tamanho.

Souza e Ripper (2009) explicam que as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito

acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

No presente estudo de caso, fissuras de tamanhos e formas diversas foram encontradas em vários locais da ponte, sendo causa e consequência de outras manifestações patológicas, como apresentado na Figura 2.



Figura 2: Fissuras em vigas e no tabuleiro da ponte.

3.4 Desagregação do concreto e corrosão de armaduras

Segundo o DNIT (IPR, Publicação 709/2004), a desagregação do concreto é um dos sintomas mais característicos da existência de um ataque químico e, quando acontece, o cimento perde seu caráter aglomerante, deixando os agregados livres.

A perda de aderência entre o concreto e o aço ocorre por causa da corrosão do aço e do concreto, assentamento plástico do concreto, dilatação ou retração excessiva do aço e aplicação nas barras de aço de inibidores de corrosão (SOUZA; RIPPER, 2009). A combinação desses fatores e outros que podem agir na estrutura fazem com que o concreto vá envelhecendo mais rapidamente, fazendo com que a obra diminua seu tempo de vida, podendo, inclusive, afetar a sua estabilidade, passando insegurança aos usuários da construção.

Ribeiro e Helene (2014) definem a corrosão das armaduras de concreto como um fenômeno de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. De acordo com Souza e Ripper (2009), ela pode se manifestar através ferrugens, perda de aderência entre o aço e o concreto, desagregação da camada de concreto envolvente da armadura e fissuração.

Na inspeção, foram encontrados locais de desagregação do concreto em toda a extensão da ponte, principalmente nas regiões da face inferior das vigas, em diversas unidades. Em alguns locais, era possível destacar o agregado da estrutura manualmente, sem praticamente esforço algum, devido ao grau avançado de desagregação da peça.

A corrosão de armaduras foi uma das manifestações patológicas mais encontradas na inspeção visual, provavelmente devido à classe de agressividade ambiental III (CAA III), atingindo várias vigas, apoios e tabuleiro, onde as armaduras encontravam-se

aparentes, extremamente corroídas e muitas seccionadas. O estado das vigas e dos apoios foi considerado o pior entre os elementos estruturais constituintes da ponte. A Figura 3 apresenta exemplos de desagregação verificados no local.



Figura 3: Corrosão das armaduras e desagregação do concreto em estágio avançado nas estruturas da ponte.

3.5 Eflorescência

De acordo com Pintan et al. (2015), eflorescências são consideradas formações salinas que aparecem nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade e se apresentam com aspecto esbranquiçado na superfície da estrutura. Gentil (2003) explica que é causada pela lixiviação do hidróxido de cálcio, com a consequente formação do carbonato de cálcio insolúvel.

Eflorescências foram encontradas nas vigas, tabuleiros e apoios da ponte. Houve maior ocorrência nos furos utilizados para o suporte das tubulações, o que é justificada pela contribuição da umidade a esta patologia. A Figura 4 apresenta estas manifestações.



Figura 4: Eflorescência presente nas vigas das estruturas ocasionando estalactites.

3.6 Bolor

O bolor ou mofo é o resultado do desenvolvimento de micro-organismos (fungos), que ocorre na superfície de diferentes materiais, podendo ser visualizado a olho nu (OLIVEIRA; VICHOT, 2014). De acordo com Granato (2014), o desenvolvimento de bolor ou mofo em edificações é ocorrência comum em climas tropicais. É associado à existência de alto teor de umidade no componente atacado e no meio ambiente, podendo influenciar na salubridade e habitabilidade da edificação. Também pode

ocorrer o emboloramento em paredes com umidade provocada por vazamentos ou infiltrações.

Vários trechos da estrutura da ponte apresentaram bolor, porém essa foi considerada a menos recorrente em relação às demais manifestações encontradas. As manchas encontradas nos elementos da ponte tinham a predominância da cor esverdeada, como demonstra a Figura 5.



Figura 5: Bolor presente na estrutura da ponte.

3.7 Realização de Ensaios

3.7.1 Avaliação de cloretos livres por aspersão de nitrato de prata

O ensaio foi realizado de acordo com a UNI 7928 (1978). É um método de fácil execução, compreensão do resultado e de custo muito acessível em comparação aos ensaios realizados em laboratório, o que justifica seu uso ter se tornado tão recorrente. O ensaio foi realizado no pilar parede, na margem à montante do Rio Paratibe. A solução química de nitrato de prata foi dosada proporcionalmente para um recipiente de 200 ml e aspergida na estrutura de concreto em dois locais distintos fraturados anteriormente. Por meio da reação fotoquímica, observou-se a coloração branca, que confirmou a presença de íons cloretos livres, como apresentado na Figura 7.

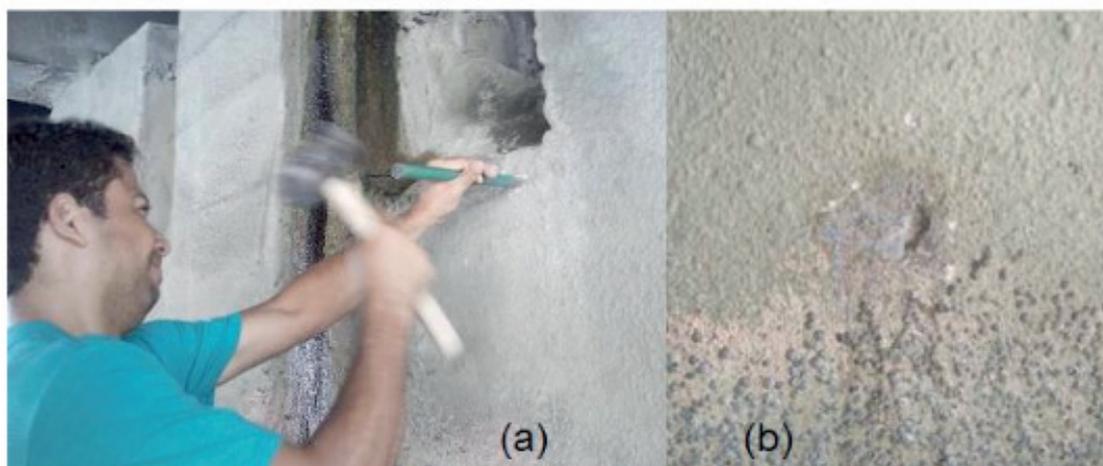


Figura 7: Quebra da superfície (a) e após a aspersão do nitrato de prata, a coloração branca (b) indicando presença de íons cloretos livres.

3.7.2 Avaliação de carbonatação

A carbonatação resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico (CO_2) do ar atmosférico sobre o cimento hidratado, havendo formação do carbonato de cálcio e conseqüente redução do pH do concreto até valores inferiores a 9 (SOUZA; RIPPER, 2009). Os autores explicam que, quanto maior for a concentração de CO_2 presente, menor será o pH, e mais espessa será a camada de concreto carbonatada. Além disso, a carbonatação pode atingir a armadura, quebrando o filme de óxido que a protege, corroendo-a.

O ensaio de avaliação da carbonatação pelo método de aspersão da solução de fenolftaleína foi realizado de acordo com a norma RILEM CPC-18 (1988), no pilar parede do último vão da ponte, próximo ao local da aspersão do nitrato de prata. Houve a quebra do concreto em quatro locais e a solução foi imediatamente aspergida após a fratura, com o objetivo de evitar que o gás carbônico, presente na atmosfera, contaminasse o local recém-fraturado e alterasse o resultado do ensaio.

A fenolftaleína torna a área do concreto não carbonatada na cor vermelho carmim e área carbonatada permanece incolor. O resultado positivo para esta avaliação foi apresentado em todos os locais, porém devido a influências de vários fatores se faz necessário uma análise mais detalhada. A Figura 8 demonstra os passos realizados na execução do ensaio.

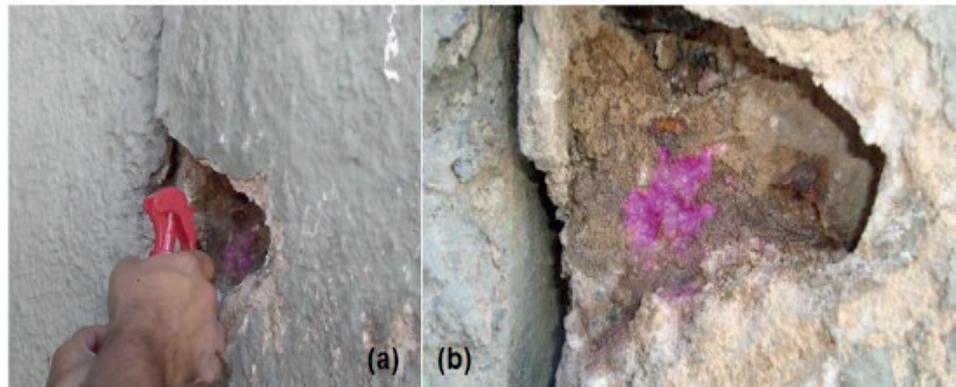


Figura 8: (a) Aspersão da solução fenolftaleína em área recém fraturada e (b) indicação de área carbonatada.

3.7.3 Esclerometria

A esclerometria é um ensaio de avaliação da dureza superficial da estrutura (TUTIKIAN; PACHECO, 2013). O ensaio de esclerometria foi realizado em dois locais, através de dezesseis furos nos ângulos de noventa graus (90°) positivos para a primeira escolha e zero grau (0°) na segunda escolha, no apoio da estrutura e em uma das vigas do tabuleiro. Foram escolhidas superfícies de forma retangular como forma de diminuição de interferências.

As leituras obtidas no ensaio através da reflexão do martelo foram relacionadas em colunas, sendo calculadas as médias correspondentes. Os valores que se

distanciaram em 10% da média foram excluídos. Todo o procedimento para encontrar o valor do IE (Índice Esclerométrico) foi realizado conforme metodologia da NBR 7584 (2012). As Tabelas 1 e 2 mostram os resultados encontrados.

VALORES	Ângulo de Inclinação do Esclerômetro	
	0°	90°
Índice Esclerométrico Médio	23,78	26,33
Resistência estimada - Ábaco	24	21
Coeficiente de correção	-3	-3,5
Variação de resistência	21 a 27	17,5 a 24,5

Tabela 1 - Coeficientes de relações constitutivas

Nº DE ORDEM	Ângulo de inclinação do Esclerômetro		Nº DE ORDEM	Ângulo de inclinação do Esclerômetro		Nº DE ORDEM	Ângulo de inclinação do Esclerômetro	
	0°	90°		0°	90°		0°	90°
1	22	25	1	22	25	1	22	25
2	21	26	2	21	26	2	24	26
3	20	30	3	20	30	3	25	27
4	24	31	4	24	31	4	26	27
5	25	27	5	25	27	5	22	27
6	28	31	6	28	31	6	25	26
7	26	33	7	26	33	7	25	
8	21	27	8	21	27	8	23	
9	29	27	9	29	27	9	22	
10	21	22	10	21	22	10		
11	22	23	11	22	23	11		
12	25	26	12	25	26	12		
13	25	23	13	25	23	13		
14	23	23	14	23	23	14		
15	22	22	15	22	22	15		
16	28	21	16	28	21	16		
MÉDIA	23,88	26,06	-10%	21,49	23,45	MÉDIA	23,78	26,33
			MÉDIA	23,88	26,06			
			+10%	26,27	28,67			

Tabela 2 - Resultado dos dois ensaios de esclerometria

A Tabela 3 relaciona os valores do IE com a qualidade do concreto. O resultado da qualidade da cobertura do concreto estrutural para a viga inspecionada (ângulo de inclinação 90°) demonstrou-se com superfície ruim, por ter obtido valor do IE de 26,33. Para o apoio (ângulo de inclinação 0°), o resultado apresentou-se também com qualidade ruim, chegando à um IE de 23,78.

Média (IE)	Qualidade da cobertura do concreto
> 40	Boa, superfície dura
30 - 40	Satisfatória
20 - 30	Ruim
< 20	Fissuras/concreto solto junto à superfície

Tabela 3 - Parâmetros para avaliação da qualidade do concreto

Fonte: Chefdeville (1955) apud Coutinho (1973)

Em relação à resistência estimada das estruturas analisadas, houve variação de

21 a 27 MPa para o apoio e para a viga inspecionada de 17,5 a 24,5 MPa. Segundo requisitos da NBR 6118 (2014) e de acordo com o grau de agressividade do meio em que a ponte analisada se encontra, os valores de resistência deveriam ser de, no mínimo, 30 MPa. Dessa forma, o apoio não estaria atendendo ao que se estabelece na norma.

3.7.4 Velocidade de propagação de onda ultrassônica

De acordo com a NBR 8802 (2013), o ensaio consiste na determinação da velocidade de propagação de ondas longitudinais através do concreto. Segundo Qasrawi (2000), através desta determinação, pode-se ter uma ideia da qualidade, uniformidade, condição e resistência da estrutura. Por meio dele, é possível detectar eventuais falhas de concretagem e fissuras, bem como o monitorar o concreto ao longo do tempo, em virtude da agressividade do meio.

O ensaio do concreto foi realizado pelo método de transmissão semidireta, com comprimento de 29,7 cm, em um dos apoios localizado na margem à montante do Rio Paratibe. O aparelho passou por uma calibração antes da medição. Além disso, a superfície do concreto da estrutura precisou passar por uma regularização para que o valor encontrado fosse o mais coerente possível.

A partir do conhecimento do espaço entre a medição e o tempo necessário para obtê-la e, através de cálculos, pode-se encontrar o valor da velocidade de propagação de onda ultrassônica, que alcançou a faixa de 1664,72 m/s. O concreto, por sua vez, foi considerado de qualidade ruim, por atingir um resultado inferior a 2000 m/s, conforme classificação apresentada na Tabela 4, que relaciona a condição do concreto com a velocidade de propagação de onda ultrassônica encontrada.

Velocidade do pulso (m/s)	> 4500	3500 – 4500	3000 – 3500	2000 – 3000	< 2000
Qualidade do concreto	Excelente	Ótimo	Bom	Regular	Ruim

Tabela 4 - Condição do concreto avaliado por equipamento de ultrassom

Fonte: Adaptado de Qasrawi (2000).

Apesar do resultado negativo, o método de ensaio possui variáveis que podem influenciar o resultado (Qasrawi, 2000), logo é recomendável a execução de outros ensaios mais elaborados que se afirmem a condição do concreto.

4 | ANÁLISE E RESULTADOS

4.1 Inspeção Preliminar

A inspeção visual da ponte apontou um estado avançado de degradação da sua estrutura de concreto armado. Foram observadas diversas manifestações patológicas

que comprometem a vida útil e o bom desempenho da estrutura. A mais preocupante foi a presença constante de áreas com armadura exposta em estado avançado de corrosão, sobretudo nas vigas.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2004), a ponte deve passar por inspeções periódicas no máximo a cada dois anos. Pelo estado de degradação encontrado na ponte, verifica-se as manutenções não foram realizadas de forma adequada. Portanto, atualmente, necessita de uma severa recuperação e restauração de suas estruturas.

Na inspeção preliminar foram encontradas diversas fissuras. O motivo mais provável, entre outros, é o ataque por cloretos, uma vez que há constante contato com águas de marés e, devido as variações de maré, há ciclos de molhagem e secagem, que estão sempre presente na estrutura. Souza e Ripper (2009) explicam que estes ciclos causam danos consideráveis ao concreto.

Por lixiviação, podem ter ocorrido os casos de eflorescências, que juntamente com as fissuras, concentração de cloretos livres e queda do pH da estrutura, deram início à corrosão das armaduras, justificando a situação atual em que se encontra a ponte.

4.2 Ensaios Realizados

A partir dos ensaios observa-se que:

- Foi identificada a presença de íons cloreto livres através de aspensão de nitrato de prata;
- Há carbonatação no local onde foi realizado o ensaio;
- A avaliação da dureza superficial do concreto, através da esclerometria, demonstrou um resultado ruim (classificação por Qasrawi, 2000);
- Em relação à resistência estimada da estrutura, a viga e o apoio apresentaram resultados fora de conformidade com a norma;
- A velocidade de propagação de onda ultrassônica no concreto demonstrou resultado ruim para o apoio em que foi executado o ensaio.

Todos os ensaios realizados apresentam limitações para obtenção de um resultado preciso. O ideal é a realização de ensaios destrutivos, por meio da extração de corpos de prova, para estudo em laboratório. A Tabela 5 mostra a síntese dos resultados dos ensaios realizados.

Ensaio	Indicadores/ valores	Parâmetros/ Método	Resultados nos Locais Ensaiaados
Cloreto livres	Esbranquiçada	UNI 7928 (1978)	Presença de cloretos livres
Carbonatação	Parcialmente Vermelho Carmim	RILEM CPC-18 (1988)	Apresentou carbonatação
Esclerometria	Furo 1 = 23,78 Furo 2 = 26,33	NBR 7584 (2012)	Apresentou resultados ruins
Ultrassom	1664,72 m/s	NBR 8802 (2013)	Apresentou resultado insatisfatório

Tabela 5 – Resumo dos Ensaio.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos realizados, conclui-se que, além de todas as manifestações patológicas visivelmente detectadas, o ensaio de esclerometria da ponte analisada revelou uma resistência menor do concreto das vigas que a exigida pela normatização brasileira (NBR 6118/2014) para grau de agressividade em que se encontra. Apesar disso, deve ser levado em consideração a época, ano de 1974, em que a obra foi construída, sendo provável que ainda não existissem tais parâmetros requisitados em norma.

Cloretos livres, que causam corrosão, foram detectados no ensaio do método de aspersão de nitrato de prata. Este tipo de corrosão é muito agressivo e pode causar muitos danos à estrutura.

Observa-se que, a estrutura se encontra muito deteriorada e apresentou corrosão de armadura, em diversos pontos, de grau avançado, o que prejudica o desempenho estrutural dos seus elementos.

O estudo revela que, deve haver uma intervenção de manutenção, recuperação e reforço na estrutura da ponte, para que não sejam mantidas as tendências de avanço das manifestações patológicas, o que pode fazer com que a estrutura perca totalmente sua funcionalidade e entre em colapso, prejudicando a cidade como um todo, pois esta ponte é uma via de acesso essencial que liga o município de Olinda a Paulista e vice-versa, além de ser uma referência municipal. Além disso, pode causar acidente aos que utilizam a ponte.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7584. **Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 8802: **Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6118: **Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado: Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

COUTINHO, A. S. **Fabrico e Propriedades do Betão**. Lisboa LNC, v.1, 1973.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004. 253p.

OLLIVIER, J. P.; VICHOT, A. **Durabilidade do Concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente**, 1ª ed, São Paulo: IBRACON, 2014.

GENTIL, V. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 341 p.

GRANATO, J. E. **Patologia na impermeabilização**. Empek Impermeabilização, Manaus, 2014. Disponível em: <<http://www.empek.com.br/patologia2.html>>. Acesso em 16 mar.15.

MOTA, J. M. F.; PONTES, R.B.; CANDEIAS NETO, J. A.; OLIVEIRA, M. F.; ALMEIDA, H. T.; CARNEIRO, A. M. P. **Análise das patologias em estruturas de concreto na zona litorânea da cidade do Recife-PE**. X Congresso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción. CONPAT. Valparaíso-Chile, 2009.

PINTAN, N. M; BERENQUER, R. A.; JUST, A.; LINS, C. M. M. S.; MONTEIRO, E. C. B. **Pathological Manifestations and The Study of Corrosion Present on Bridges on the City of Recife**. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, v. 20, p. 11893-11907, 2015.

QASRAWI, H. Y. **Concrete strength by combined nondestructive methods simply and reliably predicted**. Cement and Concrete Research, 2000, n. 30, p. 739-746.

RIBEIRO, D. V.; HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado. “Teoria, Controle e Métodos de Análise”** - 1º edição – Rio de Janeiro, editora CAMPUS, 2014.

RILEM RECOMMENDATIONS. CPC-18. **Measurement of hardened concrete carbonation depth**. 1988.

SARTOTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008. 180 p.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**, 2009.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil**, 2013.

UNI. **Determination of Chloride Ion Penetration**. Italian Standard 7928. Rome, 1978.

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI

Wendel Melo Prudêncio de Araújo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Teresina-Piauí.

Diego Silva Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Teresina-Piauí.

Hudson Chagas dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Teresina-Piauí.

RESUMO: Este estudo teve como objetivo levantar e identificar as manifestações patológicas existentes em edificações térreas na cidade de Teresina- PI, que apresentaram patologias visíveis com posterior consulta de causas do problema. É possível perceber que o conhecimento das causas que induzem o aparecimento da patologia, juntamente com a consciência de que as providências de preparação de etapas de idealização, projeto, execução e pós-execução representam a redução de uma parcela significativa das despesas em relação às recuperações. Com isso, a compreensão dos mecanismos de deterioração torna-se ferramenta central no tratamento de patologias.

PALAVRAS-CHAVE: Edificações, Patologia, Umidade, Fissura, Corrosão

EVALUATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN EARTHEN BUILDINGS IN THE CITY OF TERESINA-PI

ABSTRACT: The objective of this study was to identify and identify the pathological manifestations existing in earth buildings in the city of Teresina - PI, which presented visible pathologies with subsequent consultation of causes of the problem. It is possible to perceive that the knowledge of the causes that induce the onset of the pathology, together with the awareness that the measures of preparation of stages of idealization, design, execution and post-execution represent the reduction of a significant part of the expenses in relation to the recoveries . With this, the understanding of the mechanisms of deterioration becomes a central tool in the treatment of pathologies.

KEYWORDS: Buildings, Pathology, Humidity, Fissure, Corrosion.

1 | INTRODUÇÃO

A principal função de uma edifício é abrigar os ocupantes e protegê-los contra a ação do intemperismo, como o clima, chuva, vento e temperaturas extremas. É muito importante a

edificação ser construída para fornecer as necessidades básicas de saúde e higiene aos seus habitantes. Além disso, um edifício deve ser estruturalmente seguro e sua fundação dimensionada para evitar recalques (MICHAEL 2008).

As mudanças que ocorreram no processo de construção no Brasil nos últimos anos trazem avanços, mas também preocupações. O desenvolvimento tecnológico pelo uso de materiais, particularmente concreto, as estruturas esbeltas e os prazos de trabalho desafiadores permitem observar manifestações patológicas. Essas patologias são evidências das falhas dos profissionais envolvidos que podem ser encontradas em todas as etapas do edifício, desde a troca de especificações materiais durante o período de execução, falhas na concretagem, erros de dimensionamento, fenômenos naturais, ações humana e a deterioração da estrutura (ALVES, 2016).

Além das mudanças no mercado de construção, os requisitos dos clientes aumentaram. Eles desenvolveram um crescente conhecimento sobre seus direitos relacionados à qualidade dos produtos e serviços. O novo Código Civil Brasileiro, a Lei de Proteção do Consumidor e os novos requisitos de desempenho atendem clientes, que exigem desempenho mínimo de construção. Ao seguir estas observações, as empresas entenderam a importância de buscar técnicas e estabelecer sistemas que melhorassem os processos de forma contínua, de forma que os requisitos dos clientes fossem cumpridos e a empresa garantiria sua participação no mercado estrutura (ALVES, 2016).

A presente pesquisa foi desenvolvida com base em um estudo de caso, considerando a detecção de patologias em residências na cidade de Teresina, Piauí. A fim de investigar e descrever as manifestações patológicas existentes, bem como identificar suas causas prováveis. A pesquisa foi feita de forma quantitativa, como buscou, através da observação do in loco, aponta a incidência de patologias encontradas.

2 | DETERIORAÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO

A deterioração observada nas edificações, ocorrem de maneira natural ao longo do tempo, não sendo necessariamente o resultado de erros de projeto ou de construção. De fato, os mecanismos de deterioração são consequência da interação de duas variáveis independentes: a construção, como objeto físico e o meio ambiente, como fonte de agentes externos. As edificações começam a degradar imediatamente após a construção, começando com os materiais de maneira invisível. Este é o estágio incipiente, onde ocorre deterioração, mas sem danos visíveis. O segundo estágio é a deterioração rápida, em que os mecanismos iniciados no estágio incipiente tornam-se visíveis. Logo depois, os componentes das edificações começam a falhar, culminando com a falha total da edificação (HARRIS, 2001).

Embora a degradação dos componentes das edificações sejam em consequência normal do processo de envelhecimento, existe um conjunto de fatores que influenciam

esse processo, como a qualidade das edificações, as condições climáticas e a falta de manutenção. Esses fatores aumentaram os custos da construção e a necessidade de reabilitação, se nenhuma ação for tomada para travar o processo de deterioração (HARRIS, 2001).

As ações incluem manutenção, reparo e reabilitação que devem ser aplicadas aos elementos da construção. A duração dos elementos construídos depende não apenas das suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, mas também nas condições de manutenção e exposição ambiental que estão sujeitas (SARJA *et al.*, 2005).

Para estabelecer o nível de degradação do edifício, dois conjuntos de fatores devem ser levados em consideração - as condições de durabilidade do edifício e os fatores de degradação que atuam sobre ele - o que contribui para desencadear o processo de degradação. Durante a vida útil, os edifícios devem obedecer a uma variedade de requisitos que podem ser agrupados como: requisitos funcionais, de desempenho, legais e de usuários (WATT, 2009).

2.1 Defeitos e falhas

Um defeito de construção pode incluir qualquer problema que reduza o valor ou uso de uma casa, condomínio ou edifício. Os defeitos de construção podem ser o resultado de erros de projeto, utilização de materiais inadequados ou qualquer combinação deles. Os defeitos mais comuns de construção incluem: defeitos estruturais que resultam em deformações ou colapso da estrutura; projeto elétrico, hidráulico e sanitário mal dimensionado; e sistema de combate a incêndio inadequado. Identificar um defeito de construção geralmente requer a contratação de um especialista, que poderá determinar se um problema de construção é o resultado de projeto, material ou mão de obra inadequada (ROBERT, 2005).

O mecanismo de falha é um fenômeno identificável que descreve o processo ou os defeitos pelos quais um item ou sistema sofre um tipo particular de falha[1]. Falhas estruturais, como falhas de fundação e instabilidade estrutural, são o resultado de sobrecarga, isto é, a imposição de cargas que excedem a capacidade dos componentes estruturais. O colapso é o resultado final e mais grave das falhas da estrutura, mas a sua identificação é evidente em estágios iniciais através do desenvolvimento de deformação e fissuras (MICHAEL, 2008).

Alguns fatores contribuem para o aparecimento de defeitos e falhas como as condições climáticas, localização da edificação, tipo e mudança do uso da edificação, falta de manutenção e supervisão (AHZAHAR *et al.*, 2011).

A engenharia utiliza o termo patologia para verificar nas construções as manifestações, suas origens, seus mecanismos de ocorrência das falhas e seus defeitos que alteram o equilíbrio pré-existente ou idealizado (SOUZA, 2008).

3 | PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES

De acordo com Caporrino, 2015, a patologia das edificações é uma ciência que estuda as origens, as formas de apresentação, aspectos, possíveis soluções e como evitar que qualquer componente de uma edificação deixe de atender aos requisitos mínimos para os quais foi projetado”. (CAPORRINO, 2015).

Nas diversas etapas de construção de uma edificação, alguns fatores poderão interferir na qualidade final do produto, como a escolha dos materiais utilizados, detalhamento claro e suficiente dos projetos, mão-de-obra qualificada e utilização da edificação pós entrega (SANTOS, 2014).

A definição de patologia de construção dada pela Associação de Peritos Europeus de Edifícios e Construção (AEEBC, 1994) chama a atenção para três áreas de preocupação distintas, embora inter-relacionadas:

- Identificação, investigação e diagnóstico de defeitos em edifícios existentes;
- Prognóstico de defeitos diagnosticados e recomendações para o curso de ação mais apropriado, tendo em vista a construção, o futuro e os recursos disponíveis;
- Especificação, implementação e supervisão de programas apropriados de obras de reparo

No Quadro 1 é apresentado uma relação de causas e agentes que estão diretamente ligados ao surgimento das patologias.

TIPO DE CAUSA	FASE	AGENTE
Humanas	Na fase de concepção e projeto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausência de projeto ▪ Má concepção ▪ inadequação ao ambiente (geotécnico, geofísico, climático) ▪ Informação insuficiente ▪ Modelos de análise ou de dimensionamento incorretos ▪ Pormenorização deficiente ▪ Enganos de representação
Humanas	Na fase de execução	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Má qualidade dos materiais ▪ Mão-de-obra desqualificada ▪ Má interpretação de projeto ▪ Ausência ou deficiência de fiscalização
Humanas	Na fase de utilização	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alteração das condições de utilização ▪ Degradação dos materiais ▪ Ausência, insuficiência de manutenção
Ações Naturais	Ações físicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gravidade ▪ Variações de temperatura ▪ Temperaturas extremas ▪ Vento (pressão, abrasão, vibração) ▪ Presença da água (chuva, neve, humidade do solo,...) ▪ Efeitos diferidos (retração fluência)
Ações Naturais	Ações químicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Oxidação ▪ Carbonatação ▪ Presença de água ▪ Presença de sais ▪ Chuva ácida ▪ Reações electroquímicas ▪ Radiação solar (ultra-violetas)
Ações Naturais	Ações biológicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plantas (raízes, trepadeiras, líquenes, bolores, fungos) ▪ Animais (vermes, insetos, roedores, pássaros)
Desastres Naturais	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sismo, ciclone, tomado ▪ Trovoada, cheia, tempestade marítima, tsunami ▪ Avalanche, deslizamento de terras, erupção vulcânica

Quadro 1 – Causas e agentes de Patologias (SILVA, 2002)

4 | METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi baseada no trabalho de Silva (2002). A Figura 1 mostra o esquema utilizado nas vistorias, que se limitou à coleta de informações e observação de possíveis diagnósticos. Para a coleta de dados, foram estabelecidas visitas em 60 edificações térreas, na região de Teresina, no Estado do Piauí, com registro fotográfico e mapeamento das manifestações patológicas encontradas.

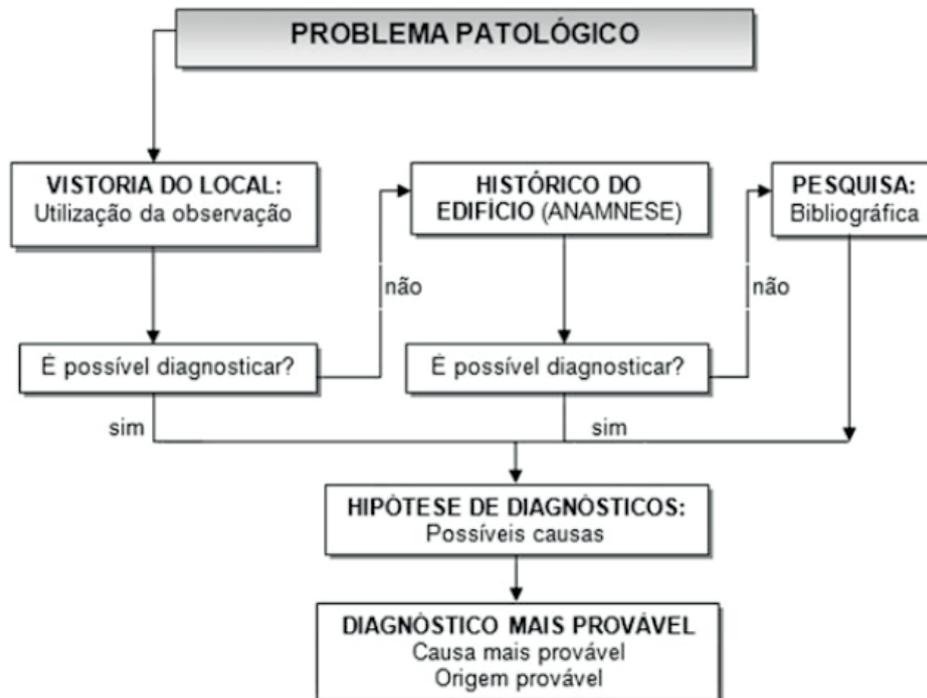
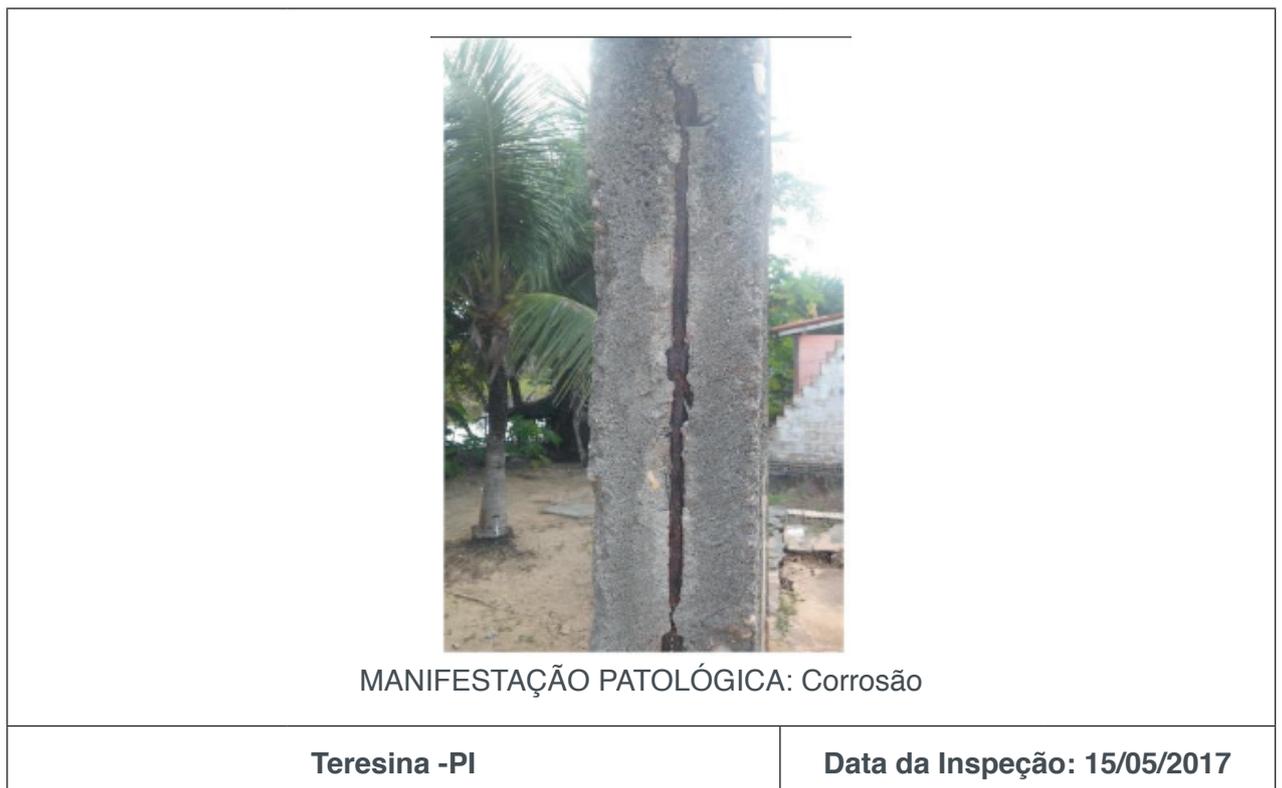


Figura 1 – Esquema do modelo utilizado (SILVA, 2002)

O registro fotográfico, incorporado ao levantamento das anomalias, tornou-se uma ferramenta fundamental na identificação e mapeamento das patologias encontradas. Os dados obtidos durante a coleta foram organizados e identificados a partir de registros fotográficos para indicar a localização dos problemas e obter o quadro genérico das manifestações patológicas. Em seguida, na Figura 2, o modelo de registros das imagens, capturados em cada inspeção.



Localização:	Terraço
Avaliação:	Perda de seção do pilar. Em alguns pontos é possível identificar o descolamento do concreto. Presença de oxidação na ferragem.
Enquadramento:	<input type="checkbox"/> projeto <input type="checkbox"/> construção <input checked="" type="checkbox"/> manutenção
Causa provável:	Cobrimento insuficiente do concreto
Recomendações:	<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção Corretiva <input type="checkbox"/> Manutenção Detectiva
Conduta:	Substituição da ferragem comprometida com a oxidação e reforço estrutural do pilar

Figura 2 – Exemplo de formulário de registro fotográfico usado na pesquisa

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através de visitas de campo, foram encontradas manifestações patológicas localizadas em vários pontos das edificações que, em geral, nos locais de área seca, as patologias mais frequentes eram paredes com fissuras, figura 3, que apresentavam apenas defeito estético e a maioria com nível mínimo de risco. Em edificações que possuíam lajes, foi possível notar a presença de manchas, alguns destacamentos de concreto e armaduras com corrosão, provavelmente por infiltração de água e aberturas na laje.

	
MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Fissura (Diagonal)	
Teresina -PI	Data da Inspeção: 10/05/2017
Localização:	Sala de Estar

Avaliação:	Presença de rachadura na parede
Enquadramento:	<input type="checkbox"/> projeto <input checked="" type="checkbox"/> construção <input type="checkbox"/> manutenção
Causa provável:	Má qualidade do material utilizado no revestimento Má execução do revestimento
Recomendações:	<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção Corretiva <input type="checkbox"/> Manutenção Detectiva
Conduta:	Substituição do revestimento comprometido.

Figura 3 – Formulário fotografico de uma fissura em parede

Na figura 4, é possível verificar a exposição e a oxidação da armadura na laje em alguns pontos ao longo do seu comprimento, o que pode indicar falta de cobrimento do concreto, erro de concreto por não considerar o cobrimento necessário para a região onde a edificação foi construída, porosidade e permeabilidade do concreto, que proporciona processos corrosão da armadura. O grau de risco é entendido como regular, porque os pontos de oxidação sugerem perdas específicas de desempenho.

	
MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Corrosão	
Teresina -PI	
Data da Inspeção: 11/04/2017	
Localização:	Garagem
Avaliação:	Perda de cobrimento do concreto Presença de armadura exposta e oxidada

Enquadramento:	<input type="checkbox"/> projeto	<input checked="" type="checkbox"/> construção	<input type="checkbox"/> manutenção
Causa provável:	Cobrimento do concreto insuficiente		
Recomendações:	<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção Corretiva	<input type="checkbox"/> Manutenção Detectiva	
Conduta:	Substituição da armadura oxidada e reforço estrutural		

Figura 4 – Formulário fotografico de oxidação em laje

Portanto, é importante destacar a importância de usar espaçadores para promover o cobrimento mínimo do concreto para proteger as. O cobrimento do concreto, bem como a relação a/c entre outros, são elementos de grande importancia sobre a durabilidade das estruturas de concreto, fornecendo proteção física e química de armaduras, envolvendo-as em um meio alcalino. O cobrimento deve ser especificada nos projetos estruturais e seu valor depende da classe de agressividade do meio ambiente de acordo com a NBR 6118: 2014.

Grande parte das patologias identificadas devido a problemas de infiltração, estavam relacionadas a umidade por elevação, que surge a partir do fenômeno da capilaridade, figura 5. Seu aparecimento ocorre nas áreas que estão em contato direto com o solo na presença de água. Esta água existente no solo pode ser oriunda de diversas formas como, águas pluviais, presença de aquíferos, instalações apresentando vazamento e a falta ou a má aplicação da impermeabilização.

	
MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA: Umidade por elevação	
Teresina -PI	Data da Inspeção: 21/03/2017
Localização:	Área externa
Avaliação:	Presença de umidade por capilaridade na parede da edificação.

Enquadramento:	<input type="checkbox"/> projeto <input checked="" type="checkbox"/> construção <input type="checkbox"/> manutenção
Causa provável:	Falta de impermeabilização na edificação
Recomendações:	<input checked="" type="checkbox"/> Manutenção Corretiva <input type="checkbox"/> Manutenção Detectiva
Conduta:	Impermeabilizar toda a região que está em contato com o solo

Figura 5 – Formulário fotografico de umidade assendente

O gráfico na figura 6 mostra que a maioria das patologias incidentes nas edificações vistoriadas são causadas pela umidade, seguidas de fissuras e corrosão. As manifestações patológicas caracterizadas no gráfico como outros foram identificadas como senta quebra de revestimento cerâmico e descolamento de revestimento. Essa porcentagem significativa de patologia por umidade pode estar relacionadas aos processos de impermeabilização insuficientes ou falta de manutenção destes.

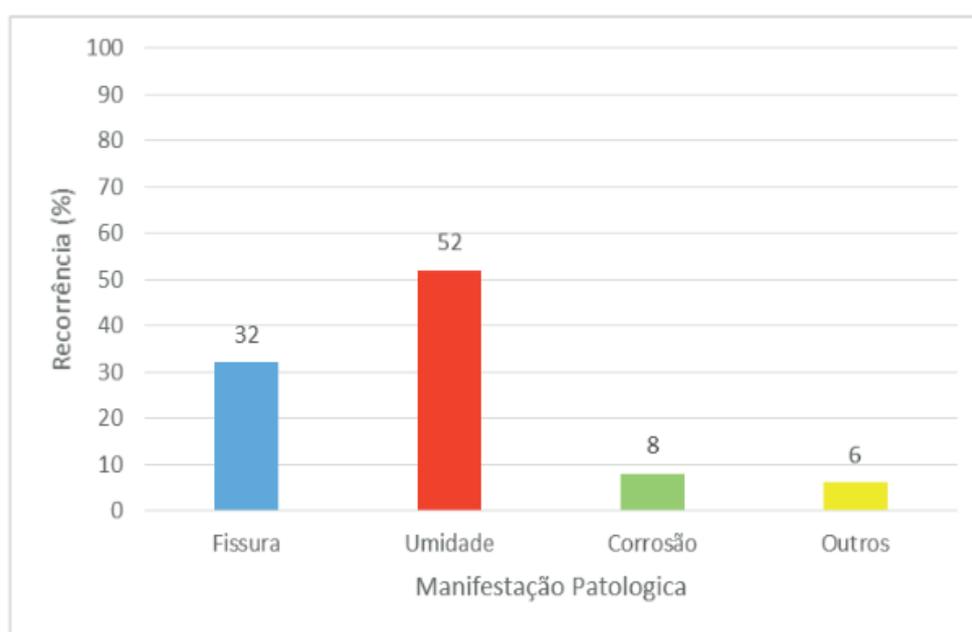


Figura 6 – Tipos de manifestações patológicas encontradas

Verificou-se que a maior parte das patologias, aproximadamente 82%, são anomalias que causam danos estéticos. Esse valor reitera a importância das operações programadas de manutenção preventiva. Em contraste, 8% das patologias enquadram-se no nível crítico, essas patologias são, em geral, sob a forma de oxidação de reforço em elementos de concreto armado.

As rachaduras nas paredes foram classificadas de acordo com sua direção, sendo classificadas da seguinte forma: diagonal, vertical, horizontal e mapeada. Destacam-se as patologias direcionadas horizontalmente que podem surgir devido a movimentação térmica, sobrecarga da estrutura ou movimentação higroscópica.

Em níveis, em geral, a definição das origens dos sintomas patológicos, mostrada na figura 7, parece ter em cada uma das principais etapas do ciclo construtivo, valores aproximados de média entre 32 e 35%. A pesquisa apresentou falhas de projetos, execução e manutenção como agentes patológicos responsáveis de grande relevância. É possível ver algum equilíbrio na quantidade de anomalias que surgem em cada uma dessas etapas, o que mostra, especialmente, que os problemas relacionados aos projetos continuam sendo uma das causas importantes na condução de estudos focados em patologia, mas a questão da qualidade de manutenção torna-se tão significativa como o projeto e as etapas de execução.

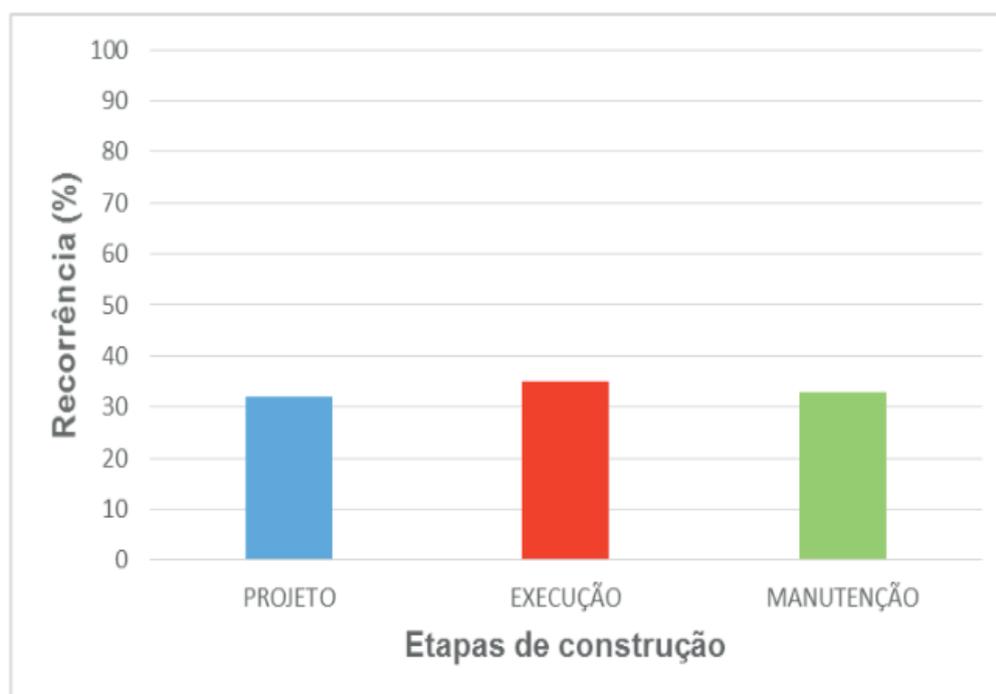


Figura 7 – Origem das manifestações patológicas

6 | CONCLUSÃO

É possível concluir que as patologias não representam, na maioria dos casos, riscos para a segurança imediata de seus usuários. O surgimento das manifestações patológicas mencionadas tem vários pontos de partida causados em todas as fases do ciclo construtivo da edificação.

Aspectos relativos à construção foram principalmente relacionados à deficiência ou ausência de execução de técnicas de impermeabilização.

Verificaram-se falhas frequentes relacionadas à falta de projetos, deficiências nos métodos de construção escolhidos e, entre outros, que interferem diretamente no início das manifestações patológicas.

Também é necessário reiterar o fato de que, independentemente de quão simples seja o procedimento de inspeção visual, ele pode fornecer muita informação sobre a conservação das edificações.

Existe uma necessidade de planejamento de inspeções preventivas de edificações

na cidade de Teresina- PI. Pela simplicidade dessas inspeções e sua importância para detectar e tratar as patologias construtivas, porque na maioria dos casos, quando há problemas, os sintomas são visíveis e facilmente compreendidos.

REFERÊNCIAS

AEEBC. Academic Guidelines: Policy Regarding Degree Validation, London and AHZAHAR, N. et al. **A study of contribution factors to building failures and defects in construction industry**. Procedia Engineering, v. 20, p. 249-255, 2011.

ALVES, Guilherme Perosso; RACHID, Ligia Eleodora Francovig. Evaluation of Constructive Pathological Manifestations in Public Buildings: The Olympic Stadium of Cascavel City, PR. In: **Case Studies of Building Pathology in Cultural Heritage**. Springer Singapore, 2016. p. 1-20.

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

Caporrino, Cristiana Furlan. **Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados**. São Paulo: Pini, 2015.

SILVA, J. Mendes da. **Alvenarias não estruturais patologias e estratégias de reabilitação**. Porto, 2002.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. UFMG: Belo Horizonte, 2008.

HARRIS SY. **Building pathology**: deterioration, diagnostics, and intervention. Canadá: John Wiley & Sons, 2001.

MICHAEL S.POLES. **What are Construction Defect**. Califórnia: ICBO, 2008.

RATAY , Robert T. **Structural Condition Assessment**, Survey and Assessment of Structural Conditions. Nova Jersey: John Wiley & Son Inc. 2006

SANTOS, W. J. D., DARDENGO, C. F. R., CARVALHO, C. C., ALVARENGA, R. D. C. S. S., & SILVA, R. C. D. Prescrições para construções de edificações residenciais multifamiliares com base nas patologias identificadas na cidade de Viçosa-MG. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. Páginas 104-123, 2014.

SARJA, A., BAMFORTH, P., CACCAVELLI, D., CHEVALIER, J. L., DURUCAN, S., & SETZER, M. J. Lifetime engineering of buildings and civil infrastructures. **European guide for life time design and management of civil infrastructures and buildings**. Project cluster lifetime. Technical Research Centre of Finland, VTT. VTT Building and Transport; 2005.

WATT, David S. **Building pathology**: Principles and practice. Canadá: John Wiley & Sons, 2009.

POLUIÇÃO VISUAL: ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DA CIDADE DE SINOP – MT

Cristiane Rossatto Candido

UFPR, Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil
Curitiba - Paraná

Renata Mansuelo Alves Domingos

UFSC, Mestranda no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil
Florianópolis – Santa Catarina

João Carlos Machado Sanches

UNEMAT, Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas
Sinop – Mato Grosso

RESUMO: A poluição visual está presente nas cidades brasileiras, com elementos compondo o cenário da paisagem urbana de forma desordenada e cada vez mais prejudicial à saúde humana. Apesar dos transtornos gerados pela poluição visual, poucas providências são tomadas para solucionar esse problema. Um dos motivos é que a própria população, em geral, não percebe os prejuízos e os efeitos causados pela poluição visual. O presente artigo tem como objetivo mostrar a situação da cidade de Sinop, localizada no norte de Mato Grosso, na Amazonia Legal, buscando avaliar e quantificar os impactos provocados na cidade. O estudo resultou no mapeamento da distribuição dos diferentes tipos de poluição visual presentes no perímetro estudado e analisando a legislação

vigente em São Paulo e Sinop percebe-se que o valor irrisório da multa para quem descumpra a lei na cidade de estudo associado à falta de fiscalização faz com que a propaganda seja distribuída pela cidade sem nenhuma restrição. Assim, como outros problemas de Sinop, o excesso de informação provindo das publicidades deve tomar pauta nas discussões sobre a qualidade do espaço urbano.

PALAVRAS-CHAVE: poluição visual; qualidade visual; cidade limpa.

VISUAL POLLUTION: VISUAL QUALITY STUDY IN SINOP - MT

ABSTRACT: Visual pollution is present in Brazilian cities, with elements composing the landscape of the urban landscape in a disorderly and increasingly detrimental way to human health. Despite so many disorders generated by visual pollution, few steps are taken to solve this problem. One reason is that the population itself often does not realize the damage and effects caused by visual pollution. This article aims to show the situation of Sinop – MT visual pollution and to evaluate the impacts caused by this problem. The study resulted in the mapping of the distribution of the different types of visual pollution present in the perimeter studied and analyzing the legislation of São Paulo and Sinop. It is noticed that the negligible value of

the fine for those who do not comply with the law in Sinop, associated with the lack of inspection, makes with that the propaganda be distributed throughout the city without any restriction. Thus, like other problems of Sinop, the excess of information coming from the publicity should take care in the discussions about the quality of the urban space.

KEYWORDS: visual pollution; visual quality; clean city.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente exigência por uma melhor qualidade de vida abrange uma série de fatores. Dentre eles, destacam-se as condições de poluição visual à qual a sociedade está submetida, causando males à saúde, agredindo a sensibilidade humana, afetando psicologicamente e posteriormente fisicamente.

A cidade é percebida através da paisagem urbana e da percepção do usuário, dessa forma, cada um através da subjetividade irá entender os fatores de poluição ou qualidade visual de uma forma diferente. Mas, a paisagem coopera para formação da cultura local, bem como para com bem-estar da população. O bem-estar das pessoas possui relação direta com sua saúde, modo de vida e as situações do meio em que vive (CASTANHEIRO, 2009). Dessa forma, é de suma importância para embasar a análise que será feita, entender o conceito de poluição e poluição visual, a fim de demonstrar que a qualidade de vida do usuário está intimamente ligada com as características da paisagem urbana.

Este tipo de poluição é a que menos recebe atenção por parte do governo e das pessoas em geral no Brasil, mas em países como Inglaterra, Estados Unidos, Espanha e Itália existe cuidado com a dimensão estética da inserção de projetos na paisagem urbana (RODRIGUES, 2010). Mesmo sendo recorrente nos grandes centros, como em São Paulo, com a Lei Cidade Limpa, é na maioria das vezes deixado de lado nas cidades de portes menores.

Em suma, as leis que determinam as diretrizes para o controle da poluição não acompanham o crescimento acelerado das cidades e se encontram desatualizadas ou com multas ilusórias. E mesmo as leis existentes, na maioria das vezes, acabam desrespeitadas, devido a negligência da população e principalmente por falta de fiscalização do governo (CASTANHEIRO, 2009).

Diante desse contexto, o objetivo geral deste trabalho é estudar o impacto da poluição visual em cidades de pequeno porte no norte de Mato Grosso, fruto de colonização particular e de rápido crescimento urbano. Para tal, utilizam-se observações acerca da qualidade visual da cidade de Sinop – MT, polo regional, a fim de identificar quais as principais fontes de poluição visual e propor medidas para que as leis em vigor sejam mais eficazes.

2 | REFERENCIAL

A paisagem urbana é um conceito que exprime a arte de tornar coerente e organizado, visualmente, o emaranhado de edifícios, ruas e espaços que constituem o espaço urbano (CULLEN, 1983). Desse modo, entende-se que o cenário urbano é o ambiente em que o usuário está inserido, no qual, ele vai interagir e criar relações. Por isso é tão importante pensar na morfologia e percepção da paisagem na cidade.

Em questão de morfologia urbana entende-se que os centros urbanos são ambientes muito complexos e diversificados, além disso, estão em constante mudança. Essa estrutura denominada cidade surge a partir de motivações específicas e é configurada por diversos componentes, segundo Mendes (2006), em fixos, semifixos e móveis. Os fixos seriam caracterizados por edifícios, lote, quarteirão, praça, vegetação, mobiliário urbano, entre outros. Os semifixos são caracterizados pela publicidade e o comércio ambulante e os móveis por pessoas, animais, automóveis, aviões, etc. Sendo assim, este trabalho pretende analisar a influência das propagandas no centro urbano, comparando-as aos outros componentes que o definem.

Os elementos descritos anteriormente, através das diversas combinações e relações, começam, então, a caracterizar a paisagem urbana. Esses elementos observados no meio servirão para estudo do mesmo, no entanto, deve-se levar em conta a interação do indivíduo com a paisagem que não é apenas por meio de estruturas físicas, mas também através da percepção, da relação e interpretação pessoal existente. Por causa disso, o cenário urbano é um quadro dinâmico e pessoal e pode ser lido através de diferentes escalas de percepção espacial e temporal, como diz Ferretto (2007), a paisagem urbana é então o resultado da associação e relação dos elementos que a constituem.

Dessa maneira, a qualidade visual está diretamente relacionada à ordem dos elementos, por isso, a falta de clareza, coerência e estruturação deles, leva a poluição visual. Sendo resultado de desconformidades e efeito da deterioração dos espaços da cidade pelo acúmulo exagerado de anúncios publicitários em determinados locais ou quando campo visual do cidadão se encontra de tal maneira que a sua percepção dos espaços da cidade é impedida ou dificultada (MINAMI & GUIMARÃES JR, 2003).

Por isso, entende-se que para as percepções humanas, formas simétricas, equilibradas, simplificadas, regulares e neutras são menos complexas para o cérebro, então, exigem menos esforço para serem lidas e aprendidas corretamente. Portanto, publicidade com muitas informações, cores, formas e em lugares impróprios são consideradas poluição, pois a confusão na percepção do usuário que a poluição visual acarreta, tem efeitos negativos, qualquer exagero de informação causa um desconforto, um transtorno emocional. Segundo Cercleux *et al.* (2016), em geral, a poluição visual está ligada a alguns fatores como a indústria, comércio, transporte ou propaganda e pode gerar um conflito no uso da paisagem urbana.

Um dos fatores determinantes pelo qual deve ser discutido o estado da

poluição visual nas cidades é os problemas de saúde que ela pode causar, como o estresse, comprovado por uma pesquisa realizada pelo Instituto Paulista de Stress, Psicossomática e Psiconeuroimunologia em 2003 (MELO & COSTA, 2011). Nessa pesquisa foram selecionadas 30 pessoas e os pesquisadores os fizeram assistir um filme de 52 minutos. Sendo que no começo do filme apareciam imagens relacionadas à natureza, ruas tranquilas com árvores e parques, depois o vídeo mostrava locais com muita propaganda, pichações e sujeira.

Enquanto as pessoas assistiam foram medidos os batimentos cardíacos e os níveis de cortisol (substância secretada pelo organismo aos primeiros sinais de estresse) dos mesmos. Os batimentos cardíacos aumentaram 9% nas mulheres e 6% nos homens e o cortisol aumentou 66,4% nelas e quase nada neles, foram aplicados testes subjetivos antes e depois de terem visto o vídeo e não houve alteração, o que mostra que as pessoas não percebem ao nível de estresse que estão sendo expostas. Existe também a ideia que a poluição visual é um desencadeador de emoções que já existem no indivíduo. Se ele está com raiva, um *outdoor* de cores berrantes pode contribuir para que esse sentimento exploda. Não é o *outdoor* que causa esse efeito, ele é o gatilho. O que poderia explicar afetar muito mais as mulheres pelas jornadas duplas de trabalho, por exemplo.

Alguns estudos sobre poluição visual já foram efetuados, como é o caso de Ferretto (2007) que analisou a situação da poluição visual na cidade de Porto Alegre - RS, baseando-se nas percepções de forma, elencando soluções para configuração da paisagem urbana. Já Lemos *et al.* (2009) com uso de levantamento fotográfico avaliou a situação da publicidade excessiva no centro de Juiz de Fora – MG, e por meio de entrevistas qualificou a opinião da população, elencando os principais responsáveis pela poluição visual no local. Salles e Escobar (2014) identificaram a grande concentração dos meios de comunicação na cidade de Mossoró - RN, destacando o uso de *outdoors*. Através de levantamento fotográfico e coleta de dados em campo, eles mapearam a concentração de *outdoors* nas três principais vias da cidade, a fim de apresentar as alterações e implicações visuais da poluição visual e destacar os critérios que realmente deveriam ser necessários para aplicar esse tipo de publicidade.

3 | METODOLOGIA

3.1 Objeto de estudo

O objeto de estudo é a cidade de Sinop, latitude 11° 51' 51" S e longitude 55° 30' 09" W, localizada no norte de Mato Grosso, situada na Amazônia legal. A cidade nasceu na ditadura militar, através de políticas de incentivo a colonização do centro oeste e da abertura da BR 163, ligando Tenente Portela, no Rio Grande do Sul, a Santarém, no Pará. Sua colonização ocorreu de forma particular por uma colonizadora do Paraná e o crescimento acelerado, como também, o crescimento do setor de serviços propiciou

a situação que a cidade se encontra hoje, com poluição visual, por outdoors, fachadas de comércio, totens, faixas e painéis de LED.

Para estudo do caso, foram escolhidos trechos de avenidas que fazem parte do setor comercial da cidade, nos quais há concentrações de comércio em geral. São fragmentos das avenidas Tarumãs, Itaúbas, Ingás, André Maggi, Júlio Campos, Acácias, Embaúbas, Figueiras, Palmeiras e Jacarandás, delimitado no sentido norte-sul pelas avenidas Tarumãs a Palmeiras e no leste-oeste pelas avenidas André Maggi a Jacarandás. Esses segmentos da cidade são melhores exemplificados na figura 1, que mostra parte do traçado de Sinop, onde estão essas avenidas.

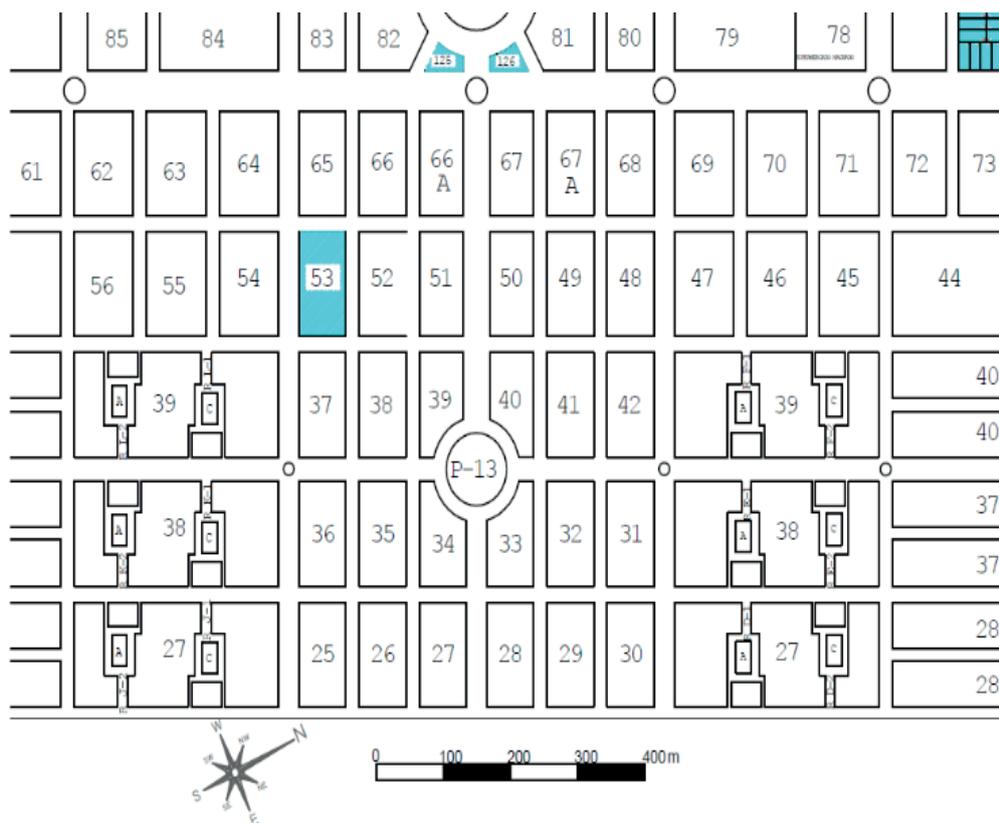


Figura 1 - Traçado da área central de Sinop

Fonte: Os autores (2016).

Um fato a ser considerado no tipo de traçado mostrado na figura 1, é o tempo de observação que a pessoa tem durante os seus deslocamentos pela cidade. Quanto maior esse tempo, mais os indivíduos estão expostos às informações contidas nas ruas, conseqüentemente, será maior a absorção de informações e, logo, maior as conseqüências para saúde. A cidade de Sinop está inserida nesse contexto, por ter traçado ortogonal, propiciando uma exposição prolongada à poluição visual, com muitos cruzamentos e poucas vias expressas.

3.2 Coleta e mapeamento dos dados

Foi feito um levantamento da situação da qualidade visual dos trechos escolhidos, a priori, através de registro fotográfico. Foi possível perceber quais os meios mais

usados para publicidade e que, conseqüentemente, mais poluem a cidade. Esse levantamento de campo, a ser mostrado posteriormente, resultou no mapeamento das avenidas citadas com os pontos mais críticos, tendo assim uma visão geral sobre as condições do centro da cidade.

3.3 Análise das leis

Após ver a situação da cidade buscou-se saber o amparo legal de tais ações, analisando a Lei de Sinop, comparando-a com a Lei Cidade Limpa de São Paulo, que foi uma atitude tomada justamente para o enfrentamento da falta de qualidade visual. A lei municipal 616/2001 que trata do ordenamento da publicidade visual urbana, tem uma penalidade quase irrisória, o que faz com o que a situação só tenda a piorar.

Com as fotos e o mapeamento dos pontos críticos, foi analisada uma forma de resolução dos problemas abordados, baseando-se na Lei Cidade Limpa já citada, adaptando-a para o cenário de Sinop e do norte de Mato Grosso.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na região estudada, existem muitos outdoors e faixas (Figura 2), fachadas (Figura 3), totens e placas (Figura 4), triedro e painel de LED (Figura 5). Como mostrado, na Figura 2, os outdoors são muito comuns nas avenidas estudadas, em locais que existem terrenos sem construção. A figura 2 também apresenta o problema das faixas que são colocadas desordenadamente pelas avenidas, ao longo das avenidas, assim como nas rotatórias, locais onde existem grandes concentrações de faixas, fixadas entre postes ou na própria grade de um terreno. Outro fator apresentado é que os próprios órgãos públicos usam esse meio de comunicação, como pode ser visto na faixa do centro da rotatória. O excesso de cores, tamanhos, proporções, tipos de letras e informações neles apresentados, interferem diretamente na legibilidade, pois disputam a atenção dos indivíduos, a partir de uma concorrência de formas, cores, volumes e dimensões (PORTELLA, 2003).



Figura 2 – (a) Outdoors; e (b) Faixas

Fonte: Os autores (2016).

Já na figura 3, a questão apresentada é o uso das fachadas, praticamente, só como elemento de publicidade. Não existe uma preocupação com a estética do edifício

e valorização dos seus elementos arquitetônicos. Esse problema levanta uma questão muito séria a ser discutida, como mostrado por The School of Life (2015), que as cidades ao invés de se tornarem mais atrativas e confortáveis visualmente para morar, estão se tornando poluídas, caóticas e sem vida, o que é contraditório, pois hoje temos mais tecnologias e conhecimentos para planejar, projetar e construir um ambiente.



Figura 3 - Fachada
Fonte: Os autores (2016).

O uso de totens e placas traz danos ao trânsito, pois atrapalham o fluxo dos pedestres no caso dos totens. Nas placas localizadas no meio das rotatórias, observa-se a diminuição da visão do condutor de veículos que passam naqueles locais.



Figura 4 – (a) Totens; e (b) Placas
Fonte: Os autores (2016).

Os triedros e painéis de LED trazem basicamente o mesmo enfrentamento, tirando a atenção do motorista com excesso de informações. Os triedros, por estarem em movimento e o painéis de LED, por causa do uso da luz, acabam muitas vezes trazendo ofuscamento e a fornecer riscos de acidentes no trânsito. As imagens também mostram que não existem regras para onde colocar cada tipo de publicidade, pois na mesma imagem vê-se triedro, fachada exagerada e outdoors.



Figura 5 – (a) Triedro; e (b) Painéis de LED

Fonte: Os autores (2016).

A pesquisa de campo, além das imagens, resultou no mapeamento da área central da cidade, Figura 6. Percebe-se que a maior concentração de outdoors se dá nas rotatórias, assim como os painéis de LED. Na avenida principal da cidade, Júlio Campos, o maior destaque está nas fachadas, pois há grande acúmulo de lojas. O mapa mostra como está parte da cidade está sobrecarregada de informações e necessita de uma intervenção.

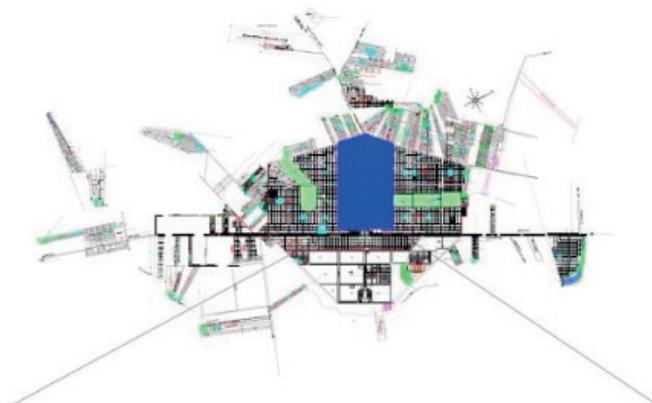




Figura 6 - Mapeamento da distribuição da poluição visual no perímetro estudado

Fonte: Os autores (2016).

4.1 Parecer legal

A lei municipal nº 14.223, de 26 de setembro de 2006, de São Paulo teve uma eficiência tão grande que passou a ser exemplo para todo o Brasil. Nessa lei as propagandas passaram a ser regulamentadas. A inovação de maior impacto foi a proibição de anúncios publicitários nos lotes urbanos como muros, coberturas e laterais de edifícios, além de publicidade em carros, ônibus, motos, bicicletas, etc. Outras novidades foram a padronização, a simplificação e a redução dos anúncios indicativos, peças que seguirão normas relativas ao tamanho da fachada de seus imóveis.

Os imóveis foram divididos em três categorias [pequeno (menos de 10 metros), médio (de 10 a 100 metros) e grande (igual ou superior a 100 metros), e foi permitido um anúncio proporcional a essa divisão (respectivamente, até: 1,5m²; 4m² e dois anúncios de até 10m² com uma distância de 40m entre eles), a única exceção é para estabelecimentos na esquina, onde cada rua pode ter um anúncio.

Outro fator relevante diz respeito ao uso dos totens. Para usá-los, devem-se seguir duas regras: a primeira é que o mesmo deve estar dentro do imóvel, a segunda é a altura máxima de toda estrutura ser 5m. Lembrando que só é permitido um tipo de anúncio, dessa forma, se o estabelecimento optar pelo totem não pode ter nenhuma placa na fachada.

No espaço urbano, ficou proibida toda poluição visual caracterizada por anúncios dos mais diversos tipos e formatos. Segundo as novas regras, por exemplo, a colocação de peças de propaganda em ruas, parques, praças, postes, torres, viadutos, túneis, faixas acopladas à sinalização de trânsito, laterais de prédios sem janelas e topos de edifícios não podem mais existir.

Um fator decisivo na eficiência dessa Lei foi a fiscalização e penalização para quem não a estivesse cumprindo. A multa é R\$ 10 mil por anúncio irregular com até 4 m², cada m² que ultrapassar essa área custará aos responsáveis mais R\$ 1 mil de multa, valor somado aos R\$ 10 mil iniciais. Se a situação não for corrigida em 15 dias (ou 24 horas para anúncios com risco iminente), nova multa será emitida com valor duas vezes maior do que a primeira.

Em Sinop, a situação é bem diferente. Na lei municipal nº 616/2001 de 11 de janeiro de 2001, existem regulamentações que, mesmo não sendo apropriadas para a situação de poluição visual, não são cumpridas.

Em relação às faixas, o Art. 12 no inciso IV diz: “não será permitida, em nenhuma hipótese, a colocação no espaço aéreo municipal, de faixas com anúncio publicitário ou promocional de estabelecimento ou empresas privadas quando se tratar tão somente da divulgação de seus produtos ou serviços.” O que não acontece, sendo que grande parte das faixas mostradas no mapeamento está irregular.

Sobre os anúncios nas fachadas, o Art. 13 diz: “A área total máxima permitida para “leiteiro” será dada pelo comprimento da frente do lote ou da edificação multiplicado por 0,5m (meio metro).” Não são todos que estão cumprindo essa lei, mas ainda sim, essa lei abre uma brecha para fachadas maiores que o ideal para qualidade visual. Por exemplo, em São Paulo, um edifício com testada de 9 metros pode ter um anúncio de até 1,5m², enquanto em Sinop de até 4,5m², nesse caso, 3 vezes maior. Ou seja, a lei não atende a necessidade de uma cidade mais limpa visualmente.

As penalidades em Sinop, que constam no Art. 23, são praticamente irrisórias. O primeiro ato é uma notificação. Se em 48 horas não for resolvida a irregularidade, é aplicada uma multa de 50 UFIR's, (Unidade Fiscal de Referência) cobrada em dobro e triplo no caso de reincidência, respectivamente pela segunda e terceira vez.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos conceitos de paisagem urbana, percepção visual, poluição ambiental e elementos da morfologia urbana, comprovou-se que a publicidade desordenada é um tipo de poluição.

Com base em tudo que foi discutido até aqui, percebe-se que os elementos constituintes da paisagem urbana podem contribuir ou não para que haja uma qualidade visual na cidade. O excesso de elementos, aliado a falta de organização e preservação dos mesmos, resulta em um cenário de poluição visual crescente e evidente nos grandes centros urbanos. (FERRETTO, 2007)

A iniciativa do texto foi buscar conceitos que comprovassem que a cidade de Sinop está passando, como outras cidades mato-grossenses, por um processo de aumento da poluição visual. A partir do mapeamento dos locais mais poluídos visualmente, é possível discutir uma possível mudança ou criação de uma nova lei que regulamente a publicidade espalhada pelo meio urbano.

Como foi mostrado no mapeamento, Sinop precisa de uma rápida intervenção, pois está carregada de propaganda e publicidade. O ideal seria a criação de uma nova lei, mais rígida, com espaço menor para as placas fixadas nas fachadas. Deve-se ainda regulamentar o uso de totens e placas, pois são usados até mesmo nas rotatórias, prejudicando o trânsito. Outra preocupação diz respeito a regularização do uso dos outdoors e painéis de LED, que se possível, deveriam ser proibidos, pois oferecem muitas informações de forma desordenada e principalmente, chamam muita atenção, muitas vezes com informações desnecessárias.

Uma questão muito relevante é a fiscalização e aplicação de multas mais pesadas, pois a lei existente já não está sendo cumprida e nada é feito referente a isso. Vale salientar que não é o objetivo do trabalho depreciar os responsáveis pela publicidade em geral. Trata de demonstrar que esse conjunto de elementos, estabelecidos de forma desordenada, sem uma regulamentação adequada, é considerado poluição visual e afeta comprovadamente a saúde humana, conforme pesquisas citadas anteriormente.

A pesquisa, por fim, busca alertar de forma embasada em fatos, que a poluição visual não é apenas questão de estética urbana ou beleza urbana, mas sim de saúde. Por isso, assim como outros problemas de Sinop, o excesso de informação provindo das publicidades deve se tornar pauta nas discussões sobre a qualidade do espaço urbano. Sabe-se que a cidade deve procurar o bem da coletividade e não o bem individual, que é o que prevalece na situação atual.

REFERÊNCIAS

Brasil. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Presidência da República, Casa Civil. Brasília, 1981.

Cercleux, A., Merciu, F., Merciu, G., (2016) **A model of development strategy encompassing creative industries to reduce visual pollution - Case study: Strada Franceză, Bucharest's Old City**, Procedia Environmental Sciences 32 (2016) 404 – 411.

Cullen, G. (1983) **Paisagem urbana**. São Paulo: Martins Fontes.

Ferretto, L. H. (2007) **Poluição Visual: breve análise sobre a interferência da publicidade e**

qualidade visual da Avenida Venâncio Aires. Porto Alegre: UFRGS.

Lemos, B., Falcão, L., Costa, M. (2009) **Poluição visual: as chagas da paisagem urbana de Juiz de Fora.** CES Revista, v. 23, p.11-21, Juiz de Fora, 2009.

Melo, I., Costa, L., **Poluição visual faz mal à saúde** Disponível em <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticia/2011/10/poluicao-visual-faz-mal-a-saude-3511817.html>>. Visto em 24 de junho de 2015.

Minami, I., Guimarães Jr, J. L. **Poluição visual e a questão de ética e da estética na paisagem urbana.** Disponível em <<http://www.usp.br/fau/deprojeto/labim/simposio/PAPERS/SCV1CO13.htm>>. Visto em 24 de junho de 2015.

Portella, A. A. (2003) **A Qualidade Visual dos Centros de Comércio e a Legibilidade dos Anúncios Comerciais.** 250 p. Dissertação (Mestre em Planejamento Urbano e Regional). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

Salles, M. C. T., Escobar, M. L. (2014) **Indícios de Poluição Visual em Mossoró (RN):** Identificação e Mapeamento de Áreas com Outdoors. GEOTemas, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 4, n. 2, p.33-43, jul./dez., 2014.

São Paulo. **Lei nº 14.223**, de 26 de setembro de 2006. Dispõe sobre a ordenação dos elementos que compõem a paisagem urbana do Município de São Paulo. São Paulo, 2006.

Sinop. **Lei nº 616** de 11 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o ordenamento da publicidade visual urbana, bem como a publicidade falado ao ar livre no Município de Sinop e dá outras providencias. Sinop, 2001.

The School of Life (2015) **How to Make na Attractive City.** Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Hy4QjmKzF1c>>. Visto em 1 de abril de 2016.

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NUMA EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE

Rafael Figueira Amaral

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro - PE

Amâncio da Cruz Figueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro – PE

Lucíolo Victor Magalhães e Silva

Instituto Federal do Sertão Pernambucano
Salgueiro – PE

Bruno de Sousa Teti

Universidade de Pernambuco
Recife – PE

Iago Santos Calábria

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Walter de Moarais Calábria Junior

Universidade Católica de Pernambuco
Recife– PE

RESUMO: As manifestações patológicas em revestimentos de edificações estão presentes em um número considerável de edificações de diversas naturezas. Estes problemas surgem por motivos que, por muitas vezes, não se tornam tão evidente na prática cotidiana, porém aspectos como a técnica de execução, propriedades do substrato e do próprio revestimento, dosagem das argamassas, composição dos materiais e fatores de exposição são constantemente

constatados como causadores desses processos. Essa é uma problemática presente em todas as partes do mundo, em especial em locais onde o estudo, projeto e planejamento de obras são negligenciados. Sendo assim, a importância da produção de material científico na área é fundamental para as discussões acerca de soluções e métodos para revestimentos, principalmente em localidades onde a bibliografia é consideravelmente reduzida, tendo em vista que tais patologias podem ser associadas a fatores ambientais característicos de determinada região. O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso das manifestações patológicas observadas nos revestimentos de uma edificação na cidade de Salgueiro, cidade do sertão pernambucano, na qual foi feito levantamento, através de observações, nos revestimentos das paredes e elementos estruturais. As manifestações patológicas mais frequentes foram: fissuras, mancha proveniente de umidade em paredes, degradação da argamassa, movimentação higroscópica, destacamento da tinta e descolamento com empolamento. Observou-se que as principais causas do aparecimento das patologias foram decorrentes da falta de impermeabilização da fundação e da falta de qualidade dos materiais de construção. Por fim, é apresentado, de forma sucinta e prática, recomendações para a recuperação dos

respectivos revestimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Revestimentos, patologias, degradação, terapia.

SURVEY OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS: CASE STUDY IN A BUILDING IN SALGUEIRO-PE

ABSTRACT: Pathological manifestations in building coatings are present in a considerable number of buildings of various natures. These problems arise for reasons that aren't often so evident in everyday practice, but aspects such as the technique of execution, properties of the substrate and the coating itself, dosage of mortars, composition of materials and exposure factors are constantly verified as causes of these processes. This is a problematic present in all parts of the world, especially in places where the study, design and planning works are neglected. Thus, the importance of the production of scientific material in the area is fundamental for the discussions about solutions and methods for coatings, especially in places where the bibliography is considerably reduced, considering that such pathologies can be associated with environmental factors characteristic of a certain region. The objective of this work is to present a case study of the pathological manifestations observed in the coverings of a building in the city of Salgueiro, a city in the backlands of the state of Pernambuco, in which observations were made on wall coverings and structural elements. The most frequent pathological manifestations were: fissures, moisture stain on walls, mortar degradation, hygroscopic movement, detachment of the paint and detachment with blistering. It was observed that the main causes of the appearance of the pathologies were due to the lack of waterproofing of the foundation and the lack of quality of the building materials. Finally, recommendations for the recovery of the coatings are presented in a succinct and practical way.

KEYWORDS: Coatings, pathologies, degradation, therapy

1 | INTRODUÇÃO

Manifestações patológicas em revestimentos são processos, de natureza química, física, mecânica e até mesmo biológicas, que são comuns em edificações das mais diversas tipologias. A deterioração dos materiais de construção em serviço, além de degradar e afetar a estética da edificação pode trazer malefícios para a saúde dos seus usuários. Na literatura vigente, trabalhos acadêmicos apontam as relações entre causa e a manifestação patológica respectiva.

No trabalho de Apolonio et. al. (2017) foi utilizado o Método GUT para a classificação das prioridades de reparo dos problemas presentes em uma edificação unifamiliar localizada no interior pernambucano.

Silva et. al. identificaram, em 18 estabelecimentos de ensino, manifestações patológicas a partir do método proposto por Martins e Fioriti (2016) e obtiveram os seguintes resultados: quatorze escolas apresentaram algum tipo de manifestação sendo, duas unidades apresentando exposição de armaduras, 67% das unidades

possuíam presença de mofo/bolor, 50% fissuras e destacamento da pintura, 33% descolamento do reboco, 22% presença de vegetação.

Braga (2010) explica sobre as manifestações patológicas ocorrentes em revestimento e podem ser decorrentes do projeto arquitetônico, da execução e da qualidade dos materiais utilizados.

Quando o desempenho da edificação é ameaçado ou comprometido, a anomalia é caracterizada como uma doença, ou enfermidade. É necessário, para seu entendimento e diagnóstico, que se conheça sua forma de manifestação, ou seja, seus sintomas, seus processos de surgimento (mecanismos), os agentes que provocam estes processos (causas) e em que etapa da vida útil da estrutura surgiu a predisposição a esses agentes (as origens).

A patologia, então, pode ser definida como o estudo das enfermidades sob quatro aspectos, conforme Figura 1 (PIANCASTELLI, 1998):

- a) Os sintomas: são as manifestações detectáveis;
- b) Os mecanismos: são os processos de surgimento;
- c) As causas: são os agentes desencadeadores;
- d) As origens: são as etapas de predisposição.

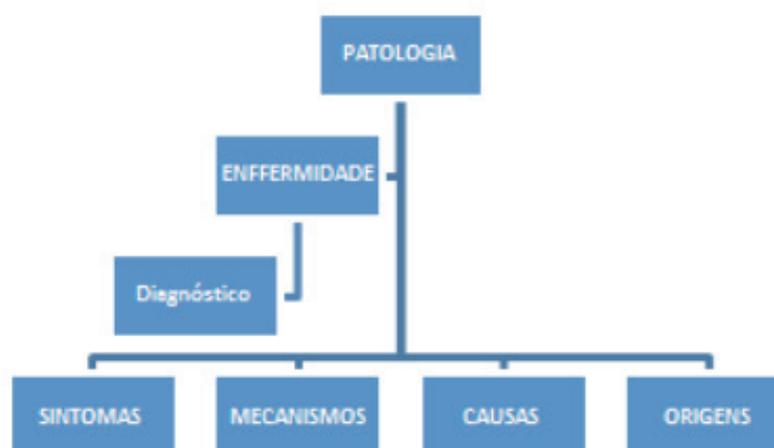


Figura 1 - Diagrama de definição da patologia.

Fonte: Piancastelli, 1998 (adaptado).

A busca por redução de custos, por muitas vezes acarreta em modificações de projeto, influencia em seleção e consumo de materiais e má decisões de execução, trazendo como consequências um aumento da probabilidade de falha em edificações e conseqüentemente o aparecimento de patologias.

Grunau (1981), apud Helene (1992), atribui os problemas patológicos ao projeto (40%), à execução (28%), aos materiais (18%), ao mau uso (10%) e ao mau planejamento (4%), conforme mostra o gráfico apresentado na Figura 2.

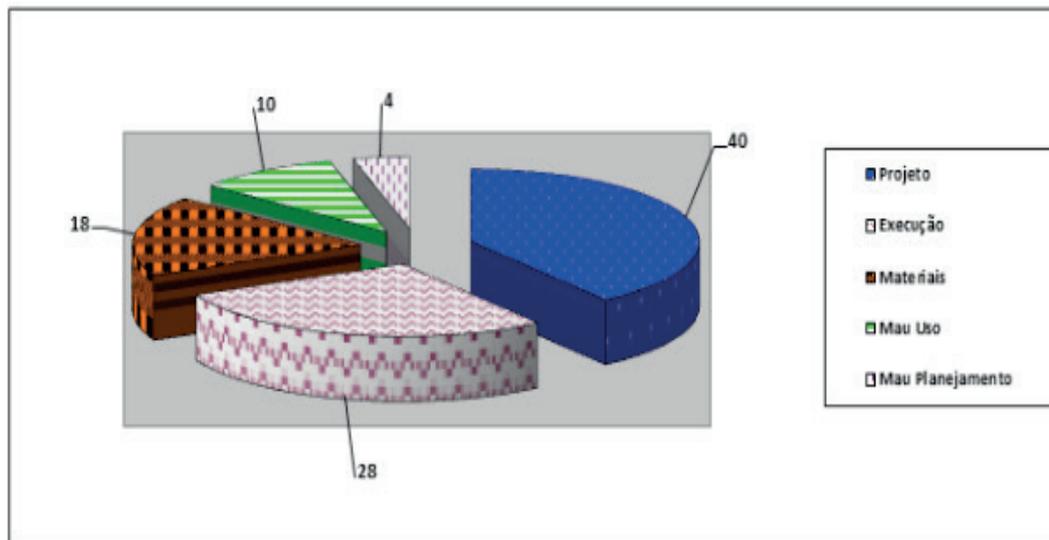


Figura 2 - Principais causas dos problemas patológicos.

Fonte: Helene, 1992 (adaptado).

Este trabalho tem como objetivo estudar as manifestações patológicas ocorrentes em uma edificação localizada em Salgueiro-PE, identificando suas origens, causas, mecanismos e apontando a terapia indicada para cada patologia, visando recuperar ou minimizar os problemas presentes na edificação em estudo.

2 | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS FREQUENTES EM RESIDÊNCIAS DE SALGUEIRO-PE

2.1 Infiltração por capilaridade

A infiltração por capilaridade, proveniente do solo está ligada a ascensão da água através dos poros dos materiais que constitui a fundação ou estrutura que tenha contato com o solo úmido. Segundo Bertolini (2010), a umidade por elevação, ligada ao fenômeno da capilaridade resulta da presença de aquíferos superficiais, águas dispersas de redes hídricas ou redes de esgoto defeituosas. Muitas vezes, a umidade de elevação manifesta-se sob forma de manchas nas paredes, de modo diferenciado ao longo do tempo e de zona a zona. Este comportamento denota heterogeneidade nos materiais constituintes da alvenaria e, em particular, variações locais de porosidade.

De acordo com Polisseni (1985), as forças capilares dependem do ângulo de contato e da tensão superficial da água, sendo inversamente proporcional ao diâmetro dos poros e à abertura das fissuras. A Tabela 1 mostra a variação do diâmetro dos capilares em relação a altura atingida pela água.

Diâmetro dos capilares (mm)	Altura máxima (mm)
1,00	15
0,01	1500
0,0001	150000

Tabela 1 – Relação entre o diâmetro dos capilares e a altura atingida pela água

Fonte: Polisseni, 1985 (adaptada).

2.2 Movimentação higroscópica

As mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção; o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material, enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. No caso da existência de vínculos que impeçam ou restrinjam essas movimentações poderão ocorrer fissuras nos elementos e componentes do sistema construtivo (THOMAZ, 1989).

Na alvenaria, que é composta por materiais que se comportam distintamente quando expostos à umidade, a movimentação higroscópica pode gerar fissuras, (KRUGER et al, 2015).

2.3 Manchas de umidade na alvenaria

Segundo Bertolini (2010), a umidade pode induzir diversos fenômenos de degradação na alvenaria, entre os quais a formação de eflorescências e subflorescências e o ataque por sulfatos. A permanência de umidade nas paredes pode também comprometer a funcionalidade do edifício – com relação à habitabilidade, por exemplo – presença de inconvenientes de natureza higiênica e econômica (mofo, consumo energético etc.) ou da redução da propriedade de isolamento térmico. O mesmo ainda cita que as origens do aparecimento deste problema estão ligadas a construção, ao contato com águas pluviais, ao solo e ao uso.

O desenvolvimento de microrganismos como fungos e bolor está associado a presença de água nas estruturas em conjunto com a ausência de ventilação e luminosidade constantemente. Os mesmos degradam o concreto gerando ácidos nos poros devido ao consumo dos componentes do cimento (FRANÇA e MONTEIRO, 2016).

2.4 Degradação de materiais por variação de temperatura

O fenômeno de movimentação térmica pode ocorrer quando materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica são unidos, quando elementos são expostos a diferentes solicitações térmicas ou ao gradiente de temperatura diferente ao longo do mesmo componente. (KRUGER et al, 2015).

O aumento de temperatura, em geral, para o caso de elementos estruturais hiperestáticos, leva ao fenômeno de expansão, que gera esforços de compressão

quando o elemento possui restrições de deslocamento, já a redução de temperatura gera o fenômeno de contração, criando esforços de tração, ambos que podem causar fissuração e instabilidade de materiais frágeis.

3 | ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo trata-se de uma edificação de pavimento térreo, construída em 1982 na cidade de Salgueiro – PE, no Bairro Jardim Primavera, Nº 3707, nas proximidades da Serra do Cruzeiro.

O pavimento térreo se é composto por 1 (um) quarto com closet, 1 (uma) suíte, 1 (uma) sala com 3 (três) ambientes, 1 (uma) cozinha e 1 (um) escritório, área de lazer e de área verde. São apresentadas as seguintes áreas:

- Área do Terreno: 900 m² (30 m × 30 m);
- Área Construída Total: 230 m²;
- Área da Casa: 169,56 m²
- Área da área de lazer: 254,10 m²;
- Área da área de serviços: 24,21 m²
- Área da Piscina: 24,91 m².

A Figura mostra a localização da edificação. (Imagem de satélite capturada através do software Google Earth, no dia 13/03/2017).



Figura 3 – Local da edificação em estudo.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.1 Sintomas

A edificação apresentou, no ato da vistoria, sinais de saturação de utilidade de

algumas estruturas. Não há registros de execução de manutenções periódicas, apenas de uma reforma realizada no mês de julho de 2011.

3.2 Descrição do ambiente

- Clima: Semiárido;
- Verão: Quente e chuvoso, com temperatura máxima entre 26° C e 34 ° C, e mínimas entre 18 ° C e 23 ° C;
- Inverno: Seco e ameno, com temperatura máxima entre 25 ° C e 29 ° C, e mínimas entre 15 ° C e 19 ° C.
- Precipitação: Entre 3mm e 140mm;
- Umidade relativa do ar: Entre 5% a 90%.

O município localiza-se na unidade geoambiental da depressão sertaneja. Apresenta uma variação plana e montanhosa. Esse relevo e clima variado faz com que a região seja caracterizada tanto por áreas de sequeiras com poucas chuvas e mal distribuídas temporalmente, vegetação caatinga xerófitas e rios temporários, os demais dados são disponibilizados pelo Laboratório de Meteorologia de Pernambuco.

3.3 Manifestações patológicas encontradas e suas possíveis causas

3.3.1 Manchas de umidade em paredes

Nas figuras 4 e 5 observa-se manchas de umidade na parede provocada, provavelmente, pela infiltração ascendente proveniente do solo seguido de manchas avermelhadas na superfície da parede, que pode ser um indicador da deterioração da alvenaria causada pelo excesso de umidade. O material deteriorado é transferido pela água que se movimenta no interior da parede.



Figura 4 – Manchas de umidade em parede de alvenaria de 8 furos.

Fonte: Autoria própria, (2017).



Figura 5 – Mancha de umidade no encontro com a parede de alvenaria 8 furos e no pilar.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.2 Desagregação da argamassa

Acredita-se que a principal causa desse problema é a expansão retardada por óxido. Já na Figura 6, a estrutura também se encontra deteriorada provavelmente pela movimentação higroscópica, sendo a água absorvida no período de chuva e com ocorrência da secagem em período de estiagem, estando a edificação exposta ao ambiente.



Figura 6 – Revestimento de pilar deteriorado.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.3 Fissuras

Nas Figuras 7 e 8, pode-se observar que as fissuras da estrutura são devidas à

movimentação higroscópica, sabendo que a mesma encontra-se em ambiente externo, sujeita a ações do meio ambiente.



Figura 7 – Fissuras no revestimento dos pilares e vigas da caixa d’água.

Fonte: Autoria própria, (2017).



Figura 8 – Fissuras no revestimento de pilar e viga da caixa d’água.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.4 *Descolamento da Tinta*

Acredita-se que o descolamento da tinta é causado pela expansão ou degradação do substrato devido à umidade e temperaturas relativamente altas, já que a parede está sujeita a ações do ambiente externo. É o que mostra na Figura 9.



Figura 9 – Descolamento da tinta em parede de alvenaria exposta ao ambiente externo.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.3.5 Descolamento com Empolamento

A principal causa possível para o descolamento com empolamento na parede é a infiltração de umidade e/ou umidade retardada de óxido. Estas manifestações patológicas estão apresentadas na Figura 10.



Figura 10 – Formação de bolhas no reboco próxima ao rodapé.

Fonte: Autoria própria, (2017).

3.4 Levantamento das manifestações patológicas

Com base no levantamento das patologias presente na edificação, observa-se,

com maior frequência, presença de manchas de umidade em paredes, conforme o gráfico da Figura 11.

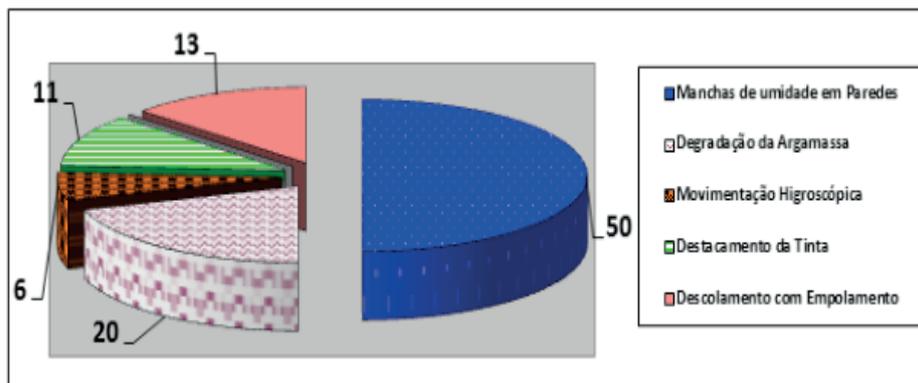


Figura 11 – Manifestações patológicas presente na residência

Fonte: Autoria própria, (2017).

4 | TERAPIA

Neste tópico serão abordados tratamentos para a correção das manifestações patológicas encontradas na edificação do estudo de caso.

4.1 Manchas de umidade em paredes pela infiltração capilar

Para a redução da umidade proveniente do solo é necessário desenvolver um sistema de drenagem próximo à região afetada objetivando diminuir a quantidade de água que penetra no solo durante as chuvas.

O tratamento pode ser feito realizando um corte longitudinal na alvenaria, onde será inserida uma barreira impermeável (metálica ou resina polimérica), que fará a impermeabilização da parede, impedindo a passagem de fluidos indesejáveis.

Outra maneira mais simples é a substituição do reboco e/ou do emboço nos casos em que estes apresentem grande incidência de fissuras de retração, descolamento ou até mesmo pulverulências. A renovação do revestimento, contudo deverá ser antecedida da eliminação da causa do problema.

4.2 Desagregação da argamassa por expansão retardada de óxido

Como há a existência de manchas vermelhas na superfície das paredes, foi constatado que esta manifestação patológica foi provocada por expansão retardada de óxido presente na argamassa de assentamento de alvenaria. É recomendado, para que o processo de recuperação não seja um procedimento paliativo, que a recuperação ocorra quando se observar a estabilização da expansão, o que pode levar cerca de três anos ou mais.

4.3 Fissuras provocadas pela manifestação higroscópica

Substituir a camada de revestimento em torno do pilar afetado por uma argamassa e com aditivos impermeabilizantes a fim de impedir a passagem da água, desta maneira protegendo a estrutura da umidade e da água pluvial.

Outra maneira de amenizar o aparecimento de fissuras causadas pela movimentação higroscópica é a execução de juntas de dilatação no revestimento, permitindo a expansão e contração do mesmo.

4.4 Descolamento da Tinta

Para a realização da recuperação da pintura é necessário lixar e escovar toda a superfície afetada. Onde for necessário deve-se refazer tais partes do reboco. Após a cura do reboco, deve-se preparar o substrato com aplicação de fundo preparador e massa corrida e, por fim, aplicar a nova pintura.

4.5 Descolamento com empolamento

O tratamento para o descolamento com empolamento em paredes se dá basicamente da renovação da camada do reboco e da pintura. Esta manifestação patológica pode ser causada pela infiltração proveniente do solo e os reparos devem ser realizados após a solução dessa problemática.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aparecimento dos problemas nas edificações é inevitável, pois toda estrutura tem uma vida útil, podendo ser prolongada pela realização de manutenções periódicas.

A causa que provoca maior incidência das manifestações patológicas citada neste trabalho é a infiltração proveniente do solo. O projeto e execução das edificações devem, para evitar o aparecimento de manifestações patológicas como as apresentadas nesse estudo, seguir as recomendações normativas e da literatura, de modo que o impedimento do fluxo de água seja impedido corretamente. Além disso, as manutenções dos revestimentos e estrutura não deverão ser negligenciadas.

A movimentação higroscópica é um fenômeno difícil de ser avaliado na prática comum da engenharia, para o caso em estudo uma maneira de garantir um maior intervalo entre as manutenções periódicas é a execução de juntas de dilatação.

As demais manifestações patológicas observadas (destacamento da argamassa e descolamento da tinta) possuem um tratamento mais simples, e por ocorrerem em sistemas de pinturas que possuem menor vida útil, necessitam de manutenções periódicas com uma frequência considerável para garantirem o seu pleno uso e estética.

O presente trabalho apresenta uma contribuição aos estudos de manifestações

patológicas em localidades com condições semelhantes às apresentadas no estudo de caso, como são as edificações que se encontram na mesma região geográfica. As prescrições presentes neste trabalho, pode ser de grande utilidade para pessoas que convivem com estes problemas em suas habitações visto que, na região onde se localiza a edificação estudada, grande parte das edificações também são térreas e propícias de terem sido executadas com mesmos vícios construtivos. É evidente que há a necessidade da presença de profissionais qualificados e uma cultura de prevenção em obras de tais tipos. Isso se dá com a realização de projetos, estudos e planejamentos adequados para materiais e edificações em geral.

REFERÊNCIAS

APOLONIO, Priscila; BERTULINO, Tacila; LINS, Alexandre. **INSPEÇÃO PREDIAL: ESTUDO DE CASO EM UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR**. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas: CONPAR 2017, Recife-PE, 2017.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BRAGA, C. C. **Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: A degradação das fachadas**. Recife, 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco.

FRANÇA, R. M. M.; MONTEIRO, E. C. B. **Análise das Manifestações Patológicas encontradas em Edificação Residencial Unifamiliar no Agreste Pernambucano**. Recife, Revista de engenharia e pesquisa aplicada, 2016.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. – São Paulo: PINI, 1992. 213 p.

KRUGER P.; SCHEFFER M. I. B. U.; MIKAMI R. J. **Correções e Prevenções de Manifestações Patológicas em Alvenarias de Vedação**. Ponta Grossa, Revista de Engenharia e Tecnologia, 2015.

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, 2016.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 160p. Notas de Aula.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede**. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVA, D. G. S. FUCALE, S. BENTO, A. VILAVERDE, J. J. **Manifestações Patológicas presentes em Escolas de Referência em Ensino Médio de Pernambuco**. MOSTRA DE EXTENSÃO, INOVAÇÃO E PESQUISA DA POLI/UPE, 4., 2017, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – Poli/UPE. Recife-PE: Coordenação Setorial de Extensão e Cultura (csec), 2017. 2 p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação**. São Paulo: PINI, 1989. 194 p.

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti

Universidade de Pernambuco
Recife – PE

Iago Santos Calábria

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Camila Fernanda da Silva Siqueira

Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte – CE

Walter de Moarais Calábria Junior

Universidade Católica de Pernambuco
Recife– PE

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – PE

RESUMO: O estudo de uma estrutura como um todo é de grande importância, não só para uma área da engenharia civil, mas para as suas demais, visto que a má elaboração ou construção indevida da mesma causa grandes consequências e geram grandes prejuízos, a identificação do erro antes da execução sempre é a melhor escolha, visto que após a construção a recuperação da estrutura gera grandes dificuldades, como prejuízo

financeiro e maior demanda de tempo. Com o crescimento das estruturas em concreto armado, cresceu também os problemas gerados pela manipulação de um material ainda pouco conhecido. Foi como consequência dessa causa que originou o surgimento dos estudos para, não apenas recuperar, mas prevenir os erros advindos desse processo construtivo após a o entendimento específico do comportamento desses materiais que estão em integração constante com o meio ambiente. Partindo das pesquisas realizadas em campo, foi verificada a necessidade da adequação da metodologia proposta para facilitar as descobertas de patologias que se desenvolvem silenciosamente e por vezes imperceptíveis, pois o significativo aumento dos custos, segundo a lei dos cinco, pode tornar as recuperações estruturais, financeiramente inviáveis. Portanto, o estudo de caso desenvolvido neste artigo descreve uma metodologia proposta para avaliar os possíveis erros de execução na obra estudada e que podem acontecer em qualquer processo construtivo que possua estruturas de concreto armado, mostrando também as ações de prevenção necessárias para a descoberta dos problemas e a solução tomada para a correção da estrutura estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Construção, Prevenção, Patologia, Recuperação.

ABSTRACT: The study of a structure as a whole is of great importance, not only for an area of civil engineering, but for its others, since the bad elaboration or improper construction of the same causes great consequences and generate great damages, the identification of the error before the execution is always the best choice, since after the construction the recovery of the structure generates great difficulties, such as financial loss and greater demand of time. With the growth of structures in reinforced concrete, the problems generated by the manipulation of a still little known material grew. It was as a consequence of this cause that originated the emergence of studies not only to recover but to prevent the errors arising from this constructive process after the specific understanding of the behavior of these materials that are in constant integration with the environment. Based on the research carried out in the field, it was verified the need to adapt the proposed methodology to facilitate the discoveries of pathologies that are developed silently and sometimes imperceptible, since the significant increase in costs, according to the law of the five, can make the structural recoveries, financially infeasible. Therefore, the case study developed in this article describes a methodology proposed to evaluate the possible errors of execution in the work studied and that can happen in any constructive process that has reinforced concrete structures, also showing the prevention actions necessary for the discovery of the problems and the solution taken to correct the studied structure.

KEYWORDS: Construction, Prevention, Pathology, Recovery.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo e desenvolvimento dos métodos preventivos para a devida descoberta das patologias tem como finalidade alertar a toda essa comunidade, não só em âmbito acadêmico, mas social, sobre os perigos de uma má execução de uma obra e o descaso em que muitas vezes se dá, como proceder para que os problemas dentro do canteiro possam ser reduzidos, gerando um maior entendimento das situações vivenciadas no dia a dia e melhorando coletivamente todo o caos que advém dessas falhas, visto que toda a sociedade é afetada.

Na construção civil grande parte dos trabalhadores não possuem qualificações específicas para executar algumas tarefas que lhe são dadas, que inicialmente podem parecer simples, mas possuem um amplo grau de complexidade elevado devido à importância do segmento para o equilíbrio das estruturas, como é o caso da utilização da concretagem. Isso pode acarretar problemas estruturais diagnosticados como patologias que podem ser visivelmente identificados ou aparentar um perfeito estado; neste último caso torna-se muito difícil erradicar as deficiências na área, pelo fato de não ser visto facilmente.

O estudo e conhecimento dessas patologias como consequência de uma

deficiência no processo de execução traz a possibilidade de serem implantadas medidas de aprimoramento profissional proporcionando uma maior vida útil da estrutura e minimização de gastos, além de aperfeiçoamento pessoal do trabalhador. A figura 1 mostra estimativamente o quanto é gasto se forem negligenciadas as boas práticas construtivas, segundo Sitter (1983).

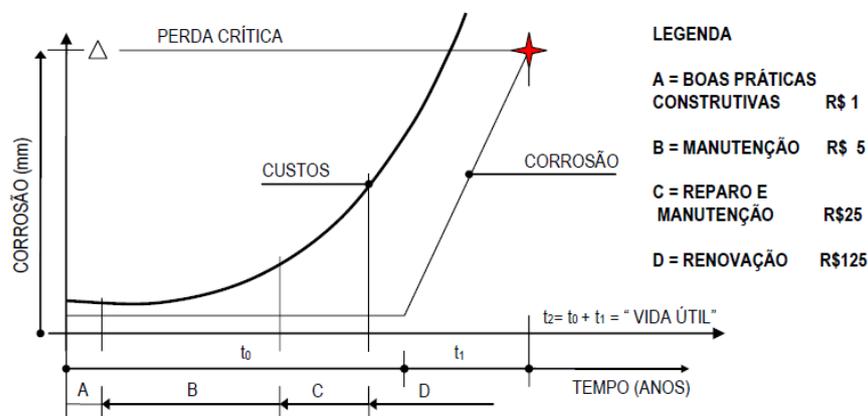


Figura 1 – Gráfico da lei dos cinco.

Fonte: Sitter (1983)

O foco da atenção deve ser concentrado nas fases de projeto e construção (A) e na manutenção preventiva (B) para obtenção da durabilidade das estruturas de concreto. A manutenção preventiva, na maioria das vezes, não está relacionada diretamente à estrutura de concreto, mas aos subsistemas que interagem com a estrutura, como: manutenção em instalações hidro sanitárias, em impermeabilizações em lajes, em revestimentos externos, em juntas de dilatações, entre outros, com o objetivo de impedir ou dificultar o contato da água com a estrutura de concreto.

2 | INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA

A cada concretagem realizada em uma estrutura no canteiro de obra, são retirados três corpos de prova para detectar se a resistência característica alcançada é igual ou superior a resistência característica requerida. No caso da concretagem da fundação da casa de máquinas da subestação elétrica, foi reprovada. Para certificar a patologia encontrada nos corpos de prova coletados no campo e rompidos em laboratório foi contratada uma empresa para a retirada do testemunho, pois as resistências encontradas foram inferiores à requerida. Helene (1984) mostra as correlações dos métodos de avaliação dos testemunhos com as características que podem ser avaliadas de acordo com a sua estrutura.

Método	Características básicas que podem ser avaliadas
Extração de testemunhos de concreto	<ul style="list-style-type: none"> resistência característica a compressão (f_{ckest}) módulo de deformação longitudinal (E_c) diagrama tensão x deformação específica ($\sigma_c \times \varepsilon_c$) resistência característica à tração (f_{tk})
Extração de testemunhos de aço	<ul style="list-style-type: none"> resistência característica à tração (f_{yk}) módulo de deformação longitudinal (E_s) diagrama tensão x deformação específica ($\sigma_c \times \varepsilon_c$) ductilidade (alongamento e estricção)
Provas de carga	<ul style="list-style-type: none"> Comportamento elástico de componentes estruturais
Ultra-som	<ul style="list-style-type: none"> uniformidade da resistência do concreto uniformidade do módulo dinâmico de deformação longitudinal do concreto defeitos não visíveis eventual avaliação da resistência à compressão do concreto
Gamagrafia	<ul style="list-style-type: none"> defeitos visíveis
Esclerometria	<ul style="list-style-type: none"> uniformidade da resistência do concreto eventual avaliação da resistência à compressão do concreto

Figura 2 – Métodos avaliativos das propriedades das estruturas acabadas.

Fonte: Vieira Filho (2007)

Segundo Vieira Filho (2007), os cilindros padronizados para moldagens de corpos-de prova têm altura igual ao dobro do diâmetro, mas, no caso de testemunhos extraídos do concreto já endurecido, de uma peça, o diâmetro depende da coroa de corte, enquanto a altura depende muitas vezes da espessura da laje ou do elemento em exame e da presença de armaduras no local da extração. Se o testemunho for muito longo, pode ser cortado antes do ensaio até chegar-se a relação altura/diâmetro, denominada esbeltez, igual a dois, que é a considerada ideal. Mas, se for muito curto, será necessário estimar a resistência que teria o mesmo concreto, se determinada, com um corpo-de-prova na citada relação padronizada.

Daí a necessidade do estabelecimento de fatores de conversão, estabelecidos em estudos experimentais de vários pesquisadores como Tobio, Neville, Petersons, Petrucci, entre outros, constante de diversas normas; citando-se a americana ASTM C-42168, a inglesa BS-1881, a espanhola UNE 7242 e a brasileira, antiga NBR 7680:1983, atualmente NBR 7680-1:2015, as quais apresentam valores bastante semelhantes. Cremonini apresenta tabela-resumo dos coeficientes de correção obtidos por pesquisadores e normas de diversos países, que mostram que a variação dos mesmos não é linear, diminuindo de intensidade ao se aproximar de 2,0.

Pesquisador ou Norma	Relação h/d						
	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50
Petrucci	1,00	0,98	0,96	0,94	0,85	0,70	0,70
Neville	1,00	0,97	0,93	0,90	0,85	--	--
Tobio	1,00	1,00	0,97	0,91	0,87	--	--
Petersons	1,00	0,97	0,95	0,89	0,83	0,77	0,71
Bungey	1,00	--	--	--	0,77	--	--
Sangha & Dhir	1,00	--	0,95	--	0,83	--	--
BS 1881	1,00	0,97	0,92	0,87	0,80	--	--
ASTM C – 42	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	--	--
UNE 83302	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90	--	--
JIS A1107	1,00	0,98	0,96	0,94	0,89	--	--
NBR 7680	1,00	0,97	0,93	0,89	0,83	0,70	0,50

Figura 3 – Correção devido a relação altura/diâmetro (h/d).

Fonte: Vieira Filho (2007)

Todos os estudos comprovam que quanto menor a relação altura/diâmetro, maior é a resistência à compressão obtida e conseqüentemente numericamente menor é o coeficiente, ou fator de correção, pelo qual se multiplica o resultado para se obter o equivalente a um testemunho de esbeltez igual a 2. Esses coeficientes são também influenciados pela própria resistência do concreto, conforme os estudos realizados por Murdock e Kesler (1957), variando inversamente ao nível de resistência.

Os concretos de resistência elevada são menos influenciados pelas variações das proporções dos corpos de prova, e também pela forma dos mesmos, fato este registrado nos estudos Swamy e Al-Hamed (1984). Essa influência da resistência no fator de conversão tem significado prático, no entanto, segundo Neville (1997), apenas quando se ensaiam corpos de prova extraídos com relação altura/diâmetro menor que 2. Bauer et al (2001) ,explicam, com base em resultados experimentais e nos trabalhos do professor Seiichi Okushima, que o fator de maior influência com relação a correção altura/diâmetro (h/d) é o atrito dos topos do corpo-de-prova com os pratos da prensa de ensaio, acrescentando que quando a relação h/d se aproxima de 2, praticamente não existe influência desse atrito no resultado, sendo esta influência tanto maior quanto menor é a relação h/d.

Observando-se a figura 3, verifica-se que a NBR 7680:1983(7680-1:2015) apresenta coeficientes de correção para relações altura/diâmetro menor do que 1, coeficientes estes não referidos nas demais normas estrangeiras. Destaca-se também que a aplicação dos coeficientes de correção nela indicados se referem a concretos com massa específica entre 1600 e 3200 kg/m³. A propósito dessa influência da massa específica do concreto, cita Cremonini (1994), com base nos trabalhos Swamy e Al-Hamed (1984), que os concretos produzidos com agregados leves, necessitam de menores coeficientes de correção que os concretos comuns.

Quanto ao diâmetro do corpo de prova brocado, as normas ASTM C42-90 e a NBR 7680:1983(7680-1:2015) recomendam que o mesmo seja, no mínimo, igual a três vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo. Sabe-se que em testemunhos extraídos de diâmetros reduzidos, podem ser grandes os danos causados

pela sonda nos mesmos, ao se realizar a extração e, portanto, menor será o valor da resistência obtida. No entanto, Neville (1997), se refere a trabalhos experimentais com testemunhos de diâmetro de 50 mm, em concretos com agregados de tamanho inferior a 20 mm, com resistência cerca de 10% mais baixa que para diâmetro de 100 mm, aos 28 dias, para concretos de 20 a 60 MPa. Também é relatada a obtenção de boa correlação entre as resistências de testemunhos com 28mm de diâmetro e de cubos em laboratório, com agregados de tamanhos máximos de 25mm e 30mm.

Utilizando o mesmo conceito de Vieira Filho (2007), foi dada continuidade para a investigação da patologia através da retirada dos testemunhos, direto da fundação concretada. Diante da importância de rastreamento da resistência do concreto obtida em campo, o estudo seguiu a partir dos relatórios dos ensaios de resistência a compressão do concreto, de acordo com a NBR-5739:2007. Após o rompimento dos testemunhos coletados direto fundação foi detectado que o $F_{ck,est.} = 14\text{Mpa}$ era inferior ao $F_{ck,proj.} = 25\text{Mpa}$, logo a resistência das sapatas foi reprovada.

De pronto foram investigados os possíveis problemas que levaram à baixa resistência dessa estrutura de concreto armado e o único material que não veio com nenhuma certificação de qualidade foi a areia, o agregado miúdo. Entretanto, como o processo de fabricação do concreto foi feito no canteiro de obra e outras estruturas receberam concreto originado desse agregado e não tiveram suas resistências afetadas a possibilidade da baixa qualidade do miúdo foi descartada. Para ratificar o que já podia ser inferido enviou-se a areia para análise, e como resultado nada de relevante foi encontrado. Segundo John (1987), existe vários fatores que podem contribuir para a baixa resistência à compressão de um concreto, alguns são: a má homogeneização, a dosagem, a relação água/cimento, entre outros.

A relação água/cimento significa a quantidade em litros de água por massa de cimento, ou seja, quanto maior for essa relação significa que a proporção de água é maior que a do cimento, logo a resistência será menor. Segundo as recomendações de projeto em que dizia que a construção deverá seguir as normas brasileiras, a Associação Brasileira de Normas Técnicas segundo a Norma Brasileira Regulamentadora – ABNT NBR 12655:2006, atualizada para NBR 12655:2015, especifica a relação água/cimento e os requisitos para o concreto em condições especiais de exposição, figuras 4 e 5, respectivamente.

Condições de exposição	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal	Mínimo valor de f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Condições em que é necessário um concreto de baixa permeabilidade à água.	0,50	35
Exposição a processos de congelamento e descongelamento em condições de umidade ou a agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos provenientes de agentes químicos de degelo, sais, água salgada, água do mar, ou respingos ou borrifação desses agentes	0,40	45

Figura 4 – Requisitos para o concreto em condições especiais de exposição.

Fonte: ABNT NBR 12655 (2006)

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,65$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\leq C20$	$\leq C25$	$\leq C30$	$\leq C40$
	CP	$\leq C25$	$\leq C30$	$\leq C35$	$\leq C40$
Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (Kg/m^3)	CA e CP	≤ 260	≤ 280	≤ 320	≤ 360
NOTA CA Componente e elementos estruturais de concreto armado; CP Componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Figura 5 – Correspondência entre classes de agressividade a qualidade do concreto.

Fonte: ABNT NBR 12655 (2006)

2.1 Certificação da patologia

A fundação da estrutura que foi analisada possui oito sapatas em sua constituição (figura 6), como a NBR-5738(5738:2015) normatiza é necessária a coleta de corpos de prova durante a operação de descarga, após a retirada de 15% e antes de completar os 85% do volume total da betonada. Seguindo essas especificações, foram encaminhadas as amostras da concretagem da fundação para uma empresa acreditada pelo INMETRO e com experiências em grandes obras em serviços de ensaio, TECOMAT engenharia.

O resultado de resistência estimado foi inferior à resistência mínima requerida em projeto, assim as sapatas foram reprovadas. Como a patologia foi detectada no período de construção, após os 28 dias de cura da amostra de concreto coletada, não houve manifestação de danos aparentes, essa ocorrência ratifica a importância das ações preventivas investigativas, aumentando o conhecimento prévio do estado da estrutura trabalhada.

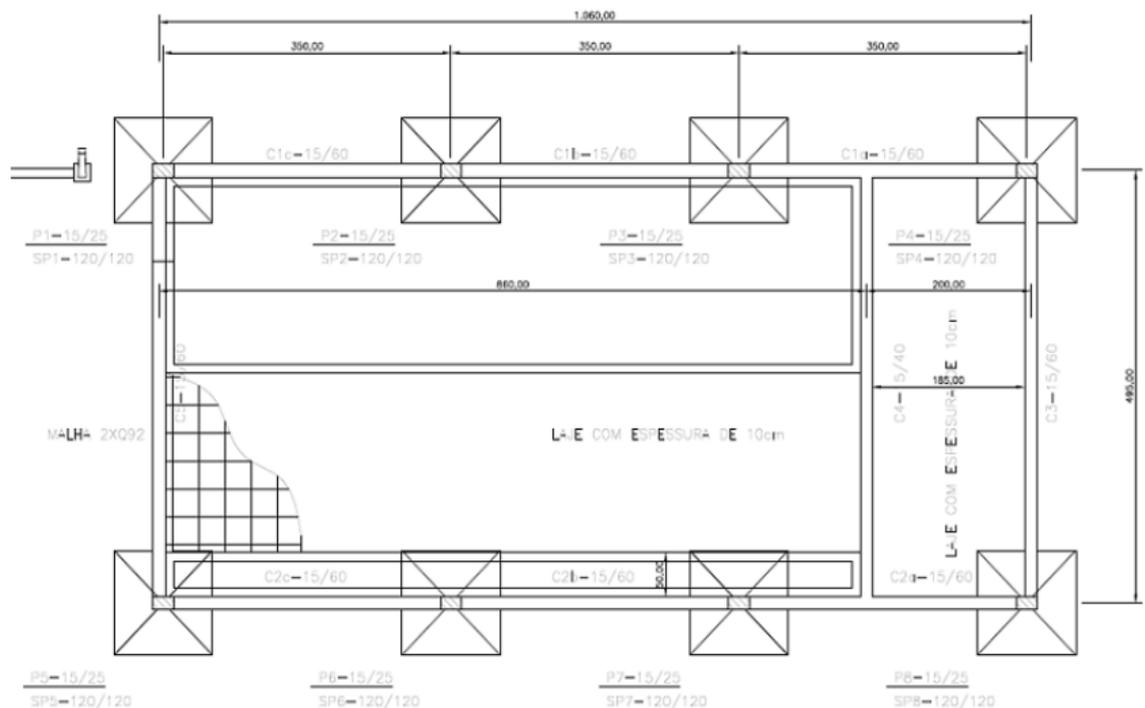


Figura 6 – Fundação da casa de máquinas.

Fonte: Projeto civil subestação elétrica (2014)

A parte estrutural da casa de máquinas não sofreu avarias, pois toda a sua fundação estava amarrada nos pilares e na viga baldrame, popularmente conhecida como cinta de amarração, e a mesma estava escorada no solo dividindo os esforços, ainda mínimos, pois a construção não estava concluída. Os prejuízos causados por essa patologia foram de ordem financeira e do cronograma de obra. Após a descoberta dessa negativa vertente foram estudadas duas situações para a resolução do problema: a primeira foi o reforço das sapatas, porém o alto custo desse procedimento fez com que a segunda opção fosse escolhida. Esta sugeria o refazer as mesmas, que mesmo demandando mais tempo era mais viável.

3 | PROCESSO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

Os trabalhos iniciais para a construção de novas sapatas se deram pela escavação do solo manualmente utilizando a pá, picareta, cavadeira articulada e alavanca. Foi adotado este método, pois se tratava de uma fundação rasa com apenas 1,30 metros de profundidade, como indicado em projeto. Após a escavação do solo foi iniciada uma nova fase. Com a ajuda do martelete dois operários, munidos de equipamentos de proteção individual, foram selecionados para quebrar as sapatas, de maneira alternada, SP1-SP7, SP4-SP6, SP5- SP3 e SP8-SP2 (ver figura 6).

Concomitantemente com essa fase, tem-se a concretagem de cada sapata que tem a produção do concreto no próprio canteiro de obra. Para o equilíbrio de uma construção, a compactação de um solo é tratada com muito cuidado em qualquer situação, pois sua má execução pode trazer patologias complexas e de difícil reversão

na estrutura. O recalque e o atrito negativo são dois exemplos pontuais que trazem como consequências graves problemas estruturais, podendo levar até a condenação do empreendimento construído.

Na obra que está sendo exemplificada, a compactação realizada no solo foi do tipo à percussão, como mostra a figura 7. Os trabalhos iniciais para a construção de novas sapatas se deram pela escavação do solo manualmente, utilizando a pá, picareta, cavadeira articulada e alavanca.



Figura 7 – Compactação do solo.

Fonte: Autores (2016)

O traço de concreto usado no canteiro teve a proporção de 1:2:3:0,5, isso significa que para cada saco de cimento de 50kg, tem 100kg de areia (agregado miúdo), 150kg de brita (agregado graúdo) e 25 litros de água, como informa a tabela 1. A fabricação do concreto teve uma maior supervisão para evitar eventuais problemas futuros. Os componentes: areia e brita eram colocados em padiolas; para cada componente uma padiola diferente foi construída com as medidas fornecidas pelo engenheiro, de acordo com a massa unitária dos agregados, como informa as tabelas das figuras 8 e 9.

Traço do Concreto		
Cimento (kg)	50	1
Areia (kg)	100	2
Brita (kg)	150	3
Água (kg)	25	0,5

Tabela 1 – Traço de concreto.

Fonte: Autores (2016)

Materiais	Cimento	Areia	Brita	Água
Massa material seco (kg)	50	100	150	25
Massa unitária dos agregados (kg/l)	X	1,5	1,5	1
Vol_{Recip} (l)	1 saco	$V_a=100/1,5=66,67$	$V_b=150/1,5=100$	$V_{H_2O}=25/1=25$

Figura 8 – Tabela de volume dos recipientes.

Fonte: Autores (2016)

Padiola de Brita		Padiola de Areia
Comprimento = 45 cm		Comprimento = 45 cm
Largura = 35 cm		Largura = 35 cm
Altura = 63 cm		Altura = 42 cm

Figura 9 – Tabela de dimensão das padiolas

Fonte: Autores (2016)

Após os 28 dias o corpo de prova foi rompido e sua resistência foi bem superior ao $F_{ck,proj} \geq 25$ Mpa, chegou a $F_{ck,est} = 35$ Mpa, o teste foi aprovado. Ficou constatado que houve falha técnica na fabricação do concreto, pois os materiais utilizados para a fabricação foram mantidos e a resistência aumentou utilizando as mesmas proporções no traço.

4 | CONCLUSÕES

Em análise a este artigo, percebe-se que o campo de pesquisa estudado é bem extenso, pois a todo instante surgem novas vertentes a serem consideradas e novas técnicas desenvolvidas como forma de aprimoramento do assunto. Segundo Souza e Ripper (1998), as várias origens dos problemas com relação às etapas de produção e uso das construções são identificadas como: projeto, execução, materiais, uso e planejamento.

Fica evidente e em congruência com Helene (1988), que no estudo de caso acima apresentado as patologias devido à execução são bastante comuns e geram graves transtornos para a sociedade. Porém, vale ressaltar, que a fiscalização diária das obras foi fundamental para identifica-las brevemente.

O gerenciamento de uma obra e o retorno de informações, da ao responsável pela mesma uma ampla ideia do que ocorre e uma possibilidade de rápida recuperação ou tratamento do que vem contra o cronograma ou do planejado para execução, é de

suma importância o fluxo de informações entre o que ocorre em campo com o que é decidido em escritório, tendo em vista a prevenção de problemas mais complexos, como o visto nesse artigo.

Para os parâmetros utilizados nesta investigação, é possível inferir que ao adotar os métodos normativos propostos sobre o controle de qualidade dos trabalhos executados no canteiro, um impacto econômico foi gerado diretamente nos custos das obras, segundo a lei dos cinco. Sitter (1983), diz que os custos crescem em uma razão geométrica de ordem cinco (1, 5, 25, 125), significando que pode se gastar 125 vezes mais em uma intervenção, do que se medidas simples tivessem sido adotadas na fase de projeto e execução.

Assim esse projeto buscou direcionar métodos simples, produtivos e já existentes para identificar as causas patológicas encontradas cotidianamente nos canteiros, devido à execução e disponibilizar para os interessados, com o intuito de reforço e aprendizado, conscientizando-os da necessidade de desenvolvimento de um sistema de controle mais rígido de qualidade na execução da obra, aumento da fiscalização do poder público nas obras irregulares e implantação de cursos de aperfeiçoamento de técnicas construtivas para o profissional que trabalha no campo.

REFERÊNCIAS

- BAUER, R. F. et al. **Influência da resistência do concreto à compressão simples com relação a dimensão máxima do agregado e dimensão do corpo-de-prova**. 2001.
- CREMONINI, R. A. **Análise de estruturas acabadas: contribuição para determinação da relação entre as resistências potencial e efetiva do concreto**. 1994. 195p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- HELENE, P. R. L. **Avaliação da resistência a compressão de estruturas através de testemunhos cilíndricos de concreto**. In: III SIMPÓSIO SOBRE NORMALIZAÇÃO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS. 1984, São Paulo. Anais... São Paulo: ABNT/CB – 18. 1984.
- HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo. PINI. 1988. JOHN, V. M. Durabilidade de materiais, componentes e edifícios. Dissertação (Mestrado). CPGE/UFGRS, Porto Alegre/RS, 1987.
- MURDOCK, J. W.; KELSER, C. E. **Effect of length to diameter ratio of specimen on the apparent compressive strength of concrete**. ASTM – Bulletin, p.68-73, apr, 1957.
- NBR 5738:2015 **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 5739:2007 **Concreto – Ensaio de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.
- NBR 7680:1983 **Extração, preparo, ensaio e análise de testemunho de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 1983.
- NBR 12655:2006 **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Trad. Salvador E. Giammusso. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1997.

SITTER, W. R. **Costs for Service Life Optimization the “Law of Fives”**. Comitê Euro International du Beton – CEB. Boletim Técnico. Copenhagen, Denmark, n. 152, p. 131 - 134, 1983.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**, 1ª edição. PINI, 1988.

SWAMY, R. N.; AL-HAMED, A. H. **Evaluation of small diameter core tests to determine in situ strength of concrete**. American Concrete Institute. In situ nondestructive testing of concrete. Detroit. ACI, (1984).

VIEIRA FILHO, J.O. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos: contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos do broqueamento**. Volume 1, São Paulo, 2007.

ERROS CONSTRUTIVOS COMO ORIGEM DE PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO EM OBRAS NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB

Kleber de Sousa Batista

Faculdade Santa Maria
Cajazeiras-PB

Maria Aparecida Bezerra Oliveira

Faculdade Santa Maria
Cajazeiras-PB

Rafael Wandson Rocha Sena

Faculdade Santa Maria
Cajazeiras-PB

RESUMO: O concreto convencional é um material compósito utilizado na construção civil, as propriedades apresentadas pelo concreto influenciam diretamente na resistência e durabilidade da estrutura de uma edificação. O concreto convencional é normalmente utilizado na confecção de elementos da construção, resistindo de forma eficiente às solicitações de compressão, porém, quando se tem uma solicitação à esforços de tração são adicionadas barras de aço à mistura. Os problemas recorrentes na construção civil surgem, principalmente, a partir das patologias que comprometem a estética e estrutura da edificação. Essas patologias estão relacionadas com as fissuras, trincas, rachaduras, infiltrações no concreto e corrosão de armaduras. O presente trabalho teve como objetivo, realizar um estudo de caso sobre as principais

patologias encontradas em obras que estão em desenvolvimentos ou recém-concluídas na cidade de São João do Rio do Peixe-PB, ao total foram visitadas sete obras com mais de dois pavimentos. Com este propósito, realizou-se um estudo mais aprofundado sobre erros decorrentes de concretagens, a partir dos processos de produção do concreto. Constatou-se que as principais causas foram: o surgimento de patologias que estão relacionadas ao uso de materiais inadequados; demora existente entre a etapa de preparação da mistura e transporte, alterando assim o tempo de pega do concreto; má utilização de vibradores para o processo de adensamento. Notou-se a necessidade de orientação para a mão de obra da região local, quanto à utilização dos materiais adequados, assim como, uma boa definição do traço e execução dos processos de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura, concreto, degradação.

CONSTRUCTIVE ERRORS AS ORIGIN OF PATHOLOGIES IN REINFORCED CONCRETE WORKS IN THE CITY OF SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB

ABSTRACT: Conventional concrete is a composite material used in construction, the properties presented by concrete directly influence its strength and durability of the building.

Conventional concrete is usually used in the construction of elements of the construction, resisting the compressive stresses efficiently, however, when a tensile stress is applied, steel bars are added to the mixture. The recurring problems in the construction industry arise from pathologies and compromise the aesthetics and structure of the building, such pathologies are related to cracks, cracks, cracks, infiltrations in concrete and corrosion of reinforcements. The present work had as objective, to carry out a case study on the main pathologies found in works that are in development or just concluded in the city of São João do Rio do Peixe-PB, to the total were visited seven works with more than two pavements . With this purpose, a more in-depth study was carried out on errors arising from concretes, from the concrete production processes. It was verified that the main causes were: the appearance of pathologies that are related to the use of inadequate materials; delay between the stage of preparation of the mixture and transport, thus changing the picking time of the concrete; misuse of vibrators for the process of densification. It was noted the need for guidance to the local labor force regarding the use of appropriate materials, as well as a good definition of the trace and execution of the production processes.

KEYWORDS: Structure, concrete, degradation.

1 | INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da humanidade, ao longo do tempo surgiu a necessidade de construções que atendessem a evolução das cidades, essas construções teriam que ir além das pequenas casas, pontes, pavimentos existentes na antiguidade. Para que as solicitações fossem atendidas, o aprimoramento das técnicas e materiais utilizados para as construções se tornou indispensável. Materiais como pedras, madeira e barro já não eram suficientes para as construções de maior porte. Diante desse cenário que se desenvolveu a busca por novos materiais, surgindo a partir daí elementos como o cimento Portland, material que possibilitou misturas com agregados que apresentaram uma resistência maior e moldagem de elementos que deram sustentação às construções, exemplo disso o concreto convencional. Com análises feitas a respeito desse compósito, identificaram-se características como: resistência à compressão, trabalhabilidade e baixa resistência à tração. Então, o concreto acondicionado ao aço possibilitou o ganho da resistência à tração, denominado concreto armado.

O concreto armado passou a ser utilizado praticamente em todas as obras, no Brasil na década de 70, com o “milagre econômico” surgiram grandes construções que impulsionaram a construção civil, mas toda essa evolução não foi acompanhada pelas técnicas que estavam em desenvolvimento e mão de obra especializada e o concreto armado projetado para ter uma vida útil de décadas começou a se deteriorar muito mais rápido do imaginado, chamando atenção dos engenheiros para qual seria a origem desses problemas (SOUZA; RIPPER, 2009).

Helene (1988) afirma que a patologia pode ser entendida como a parte da

engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Segundo Souza; Ripper (2009) exceto casos de catástrofes naturais, os problemas de patologias podem ter nas suas origens em uma ou mais etapas básicas de projeto da construção civil: concepção, execução e utilização.

Na etapa de concepção do projeto, recomenda-se investir mais tempo no detalhamento e estudo da estrutura, pois, as falhas de planejamento ou projeto, são em geral, mais graves que as falhas de qualidade dos materiais ou de má execução. Evitando, assim, por falta de previsão, tomar decisões apressadas ou adaptadas durante a etapa de execução (HELENE,1988).

Após a concepção do projeto, inicia-se a etapa de execução do projeto, onde nessa atividade é preciso ter alguns cuidados como: compra de materiais, contratação de funcionários para as devidas atividades, assim como, o cronograma da realização dos serviços. Trindade (2015) alerta que os responsáveis técnicos juntamente com os encarregados respeitem as informações contidas no projeto como: dimensões, escalas e posições dos elementos estruturais, assim como, as medidas de execução devem ocorrer da forma mais correta possível.

Na etapa de execução ocorre a concretagem dos elementos estruturais seguindo pelos processos de mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura. Sendo que, nesses processos a qualidade de execução é indispensável para que o concreto produzido realmente tenha as características para qual foi projetado, sendo muito importante ter funcionários capacitados, pois a ocorrência de falhas afeta diretamente a resistência e durabilidade do concreto.

Após a etapa de execução finalizada, a obra se encontra pronta, mas é necessário que os usuários sigam as recomendações de utilização do projeto, pois as características para qual a obra foi projetada e executada devem ser preservadas de forma a não danificar a estrutura. “De certa forma, uma estrutura poderá ser vista como equipamento mecânico que, para ter sempre bom desempenho, deve ter manutenção eficiente, principalmente em partes onde o desgaste e a deterioração serão potencialmente maiores.” (SOUZA; RIPPER,2009)

1.1 Objetivo geral

Realizar um estudo de caso sobre as principais patologias encontradas em obras que estão em desenvolvimentos ou recém-concluídas na cidade de São João do Rio do Peixe-PB.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar as origens das patologias encontradas nas obras em estudo;
- Especificar os principais erros nas etapas de produção do concreto que in-

fluenciaram no surgimento de patologias;

- Descrever as origens das patologias devido às falhas humanas cometidas na fase de execução que venham a comprometer o desempenho e durabilidade dos elementos estruturais de concreto armado;

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho se desenvolveu no município de São João do Rio do Peixe no estado da Paraíba, localizado na mesorregião do sertão paraibano como identificado na Figura 1, no qual apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,608, situado na faixa de IDHM médio e distante da capital do estado 467 km (IBGE, 2018). Geograficamente, apresenta área de 473,752 km², com densidade de 37,86 hab./km² e uma população de 17.940 habitantes (IBGE, 2018).



Figura 1: Localização de São João do Rio do Peixe no estado da Paraíba. (AUTOR, 2018)

O trabalho se realizou com a identificação de obras que estavam em fase de execução no município de estudo a partir de visitas feitas em construções, então foram selecionadas 07 obras para estudo de caso. Como critério de seleção, priorizaram-se obras que possuíssem pelo menos dois pavimentos, por apresentarem maiores quantidades de elementos estruturais, possibilitando a seleção de material para o estudo.

Logo após a seleção, realizaram-se registros fotográficos de elementos estruturais de cada edificação, destacando que os mesmos foram produzidos *in loco*. Para a confecção desses elementos estruturais utilizou-se o concreto armado não usinado. O concreto não usinado apresenta uma alta variabilidade na sua produção, as dosagens dos materiais podem não ser respeitadas, diminuindo assim a sua qualidade (AECWEB,2018). Ressalta-se que as patologias encontradas nas obras eram de fácil percepção, sendo essas identificadas e registradas em fotografias.

Posteriormente, realizou-se a identificação das áreas das obras em estudo no

município via o software Google Earth Pro, sendo nomeadas com letras maiúsculas de A até G de acordo com o alfabeto brasileiro.

Destaca-se que as obras escolhidas se encontram em diferentes locais da cidade, como mostrado na figura 2. Apresentaram diferentes etapas de execução, obras com apenas o primeiro pavimento executado, bem como, obras com a estrutura finalizada faltando apenas a fase de acabamento.



Figura 2: Identificação das áreas das obras em estudo no município de São João do Rio do Peixe-PB. (Autor, 2018)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a seleção das obras e visitas em campo, um acevo foi confeccionado e discutido, sendo apresentado a seguir.

As figuras 3-a e 3-b mostram relatos da obra A, onde é possível identificar erros nas etapas de concepção e execução de projeto. A figura 3-a apresenta o processo de segregação do concreto na viga executada, tal processo se caracteriza pela separação do agregado graúdo da pasta de argamassa, conseqüentemente, a estrutura de concreto apresentará vazios e será menos resistente, ficando assim mais permeável e suscetível às ações de agentes que podem danificar o concreto e o aço. A segregação pode surgir no processo de lançamento ou adensamento do concreto. Influenciando nesses processos a consistência do concreto, propriedade do concreto fresco que corresponde a maior ou menor capacidade de deformar, variando com a quantidade de água, granulometria dos agregados e presença de produtos químicos específicos, afirma Carvalho e Figueiredo Filho (2014). Ressalva-se que não ocorreu a verificação quanto a consistência do concreto, pelo fato, que os elementos estruturais já se encontravam executados. O surgimento da segregação no processo de lançamento do concreto ocorre com o seu lançamento em alturas superiores a 2 m, causando o acúmulo de agregado graúdo na região inferior da peça (ABNT, 2004). O adensamento deve ser realizado, de modo que o concreto preencha toda a forma, e que não ocorra

a segregação dos materiais (CARVALHO E FIGUEIREDO FILHO, 2014). No caso estudado, por se tratar de uma viga e ter uma altura dentro da altura recomenda pelo lançamento, o erro surgiu através do adensamento feito de forma errada. Na figura 3-b é visto a necessidade de um furo na laje para a passagem da tubulação hidrossanitária, tal atitude danifica o concreto e o aço naquela região da laje, causando perda de resistência e possibilitando a ação de agentes corrosivos ao aço. Este erro acontece devido à falta de compatibilização do projeto estrutural com os demais projetos, então, na etapa de execução acontece esse imprevisto, então, a solução encontrada em muitas situações é a perfuração da laje para a passagem da tubulação, possibilitando afetar a estrutura da laje.

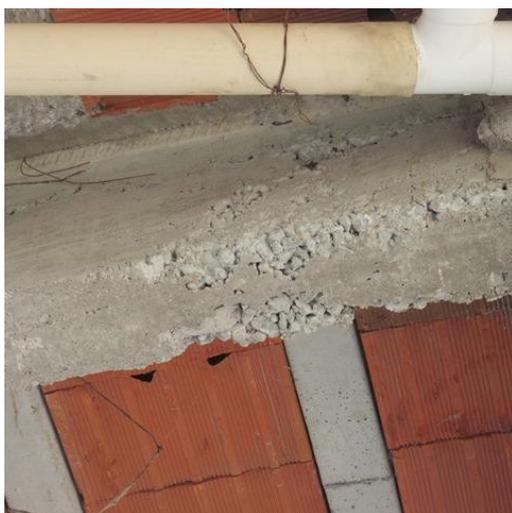


Figura 3-a: Segregação do concreto na viga



Figura 3-b: Furo na laje

Em sequência, as figuras 4-a e 4-b registradas na obra B, sendo possível verificar na figura 4-a armadura exposta da viga e concreto cheios de vazios, apontando possíveis falhas no processo de adensamento, sendo assim, não foi possível a retirada do ar existente no concreto prejudicando a sua durabilidade e resistência, deixando o concreto mais poroso, com sua superfície de forma irregular e não preenchendo toda forma da viga e apresentando parte da armadura exposta, sendo uma possível causa de patologia futura. Na figura 4-b a armadura da laje em balanço se encontra quase totalmente exposta e em início de oxidação, a considerar a cor apresentada pelo aço não existindo o cobrimento da armadura. O cobrimento é a espessura de concreto que cobre a armadura, possui uma função de proteger o concreto armado de forma física, química e mecânica garantindo a sua durabilidade e desempenho (ABNT, 2004). Tais erros estão diretamente ligados à etapa de execução do projeto, pois as recomendações da NBR para execução do concreto armado não estão sendo utilizadas, prejudicando a estrutura e facilitando o surgimento de patologias no concreto armado.



Figura 4-a: Armadura aparente em viga



Figura 4-b: Armadura exposta emlaje

Aobra C apresenta seus relatos de ocorrências nas figuras 5-a e 5-b, a problemática relatada na figura 5-a é um fato que chama muita atenção a considerar a total falta de qualidade de execução do pilar. As fôrmas devem se adaptar às dimensões e formato das peças da estrutura projetadas de modo que estanque impedindo a perda de pasta de cimento (ABNT, 2004). No pilar executado, é evidente que as formas utilizadas não seguiram as recomendações normativas, o que deixou o elemento estrutural com uma estética desagradável. No que se diz respeito a garantir as dimensões e formato da peça estrutural, fica evidente que a forma não atendeu a essa função. Ressalta-se que a transmissão dos esforços no elemento estrutural é de total importância para garantir a sua finalidade. Na figura 5-b a viga registrada apresenta um concreto danificado onde uma parte da armadura está aparente aumentando a possibilidade de corrosão da armadura. A corrosão de armaduras no concreto consiste “pela destruição da película passivante existente ao redor de toda a superfície exterior das barras. A película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa que existe no concreto” (SOUZA; RIPPER, 2009).



Figura 5-a: Pilar mal executado



Figura 5-b: Armadura exposta em viga

As figuras 6-a e 6-b são relatos da obra D, onde é possível identificar na figura 6-a um erro de execução na concretagem do pilar, pois o mesmo apresenta um concreto com falhas durante seu comprimento, características de um adensamento realizado de forma incorreta ocasionando pontos de possível degradação do concreto, afetando assim a sua durabilidade e resistência. Na figura 6-b ocorre um erro de locação da viga ou do pilar, pois a viga deveria ficar apoiada no pilar transmitindo os esforços da laje para o mesmo, mas provavelmente por falta de conhecimento técnico para interpretação do projeto a viga ficou apoiada na alvenaria, a qual receberá um excessivo esforço cortante, danificando-a. Possibilitando um recalque de apoio na viga, prejudicando seu desempenho e favorecendo o surgimento de trincas e fissuras.



Figura 6-a: Pilar apresentando vazios no concreto



Figura 6-b: Viga executada em local errado

Nas figuras 7-a e 7-b mostram ocorrências na obra E, a figura 7-a mostra um caso de patologia em fase mais avançada, o registro mostra uma laje concretada junto com uma na qual está apoiada, sendo possível identificar uma fissura ao longo da sua extensão acompanhando justamente a oxidação da armadura, de modo bem visível a consequência da patologia na qual já apresenta complicações para o concreto armado. Neste caso a fissura acontece pela expansão da armadura, pois através da fissuração possibilita a ação dos agentes agressivos na atmosfera e aceleram a corrosão, combinando os ataques localizados com os generalizados (SOUZA; RIPPER, 2009).

Na figura 7-b onde mostra parte da armadura exposta, mas o fato que chama atenção é que a falta de cobrimento nesta região é devida o destacamento do concreto de forma proposital pelos funcionários da obra para que a mesma sirva de suporte para os eletrodutos que estão fixados por arame a armadura. Tal atitude mostra total falta de conhecimento técnico a respeito da importância do cobrimento da armadura para a durabilidade da construção e que situações como essas propiciam o surgimento de patologias que comprometem a estrutura. Fica evidente a falta de fiscalização ou

comprometimento do responsável técnico pela execução da obra.



Figura 7-a: Corrosão de armaduras em laje viga

Figura 7- b: Arame anexo à armadura da viga

As figuras 8-a e 8-b são registros da obra F, sendo possível a identificação na figura 8-a de um adensamento mal executado na viga, pois não apresenta uma superfície lisa e contem registros de bolhas, características apresentadas por um concreto mal adensado com a presença de vazios. A figura 8-b mostra uma junta de concretagem mal realizada, onde é possível identificar que a união do pilar com a viga não ocorreu de forma satisfatória, pelo fato de existir um vazio justamente onde deveria ter a amarração da armadura desses elementos, da mesma forma que não existe uma continuidade do concreto que proporcione a ligação do pilar com a viga. “Devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta. Uma medida adequada consiste normalmente em deixar arranques da armadura ou barras cravadas ou reentrâncias no concreto mais velho” (ABNT, 2004). Tal ocorrência afeta diretamente o desempenho do concreto armado e, analisando essa região, os esforços de cisalhamento são muito grandes e como a execução da junta de concreto não ocorreu da forma devida, é possível que os esforços afetem a durabilidade dessa estrutura desenvolvendo a degradação do concreto armado.



Figura 8-a: Viga mal adensada



Figura 8-b: Junta de concreto mal executada

As figuras 9-a e 9-b mostram a realidade da obra G, na figura 9-a é possível identificar uma viga que serve de apoio para a escada com sua armadura quase toda exposta, potencializando possíveis agentes externos que prejudicam o concreto armado, principalmente através da corrosão da armadura. Tais situações são decorrentes de erros na execução do concreto armado, a considerar que o cobrimento da armadura não existiu ou foi insuficiente comprometendo assim a sua durabilidade e resistência. A figura 9-b apresenta os mesmos erros cometidos na figura 9-a, a falta de cobrimento ou cobrimento insuficiente da armadura, sendo que ocorreu na execução de um pilar.



Figura 9-a: Viga sem cobrimento



Figura 9-b: Pilar sem cobrimento

4 | CONCLUSÃO

As considerações finais adotadas partiram dos registros de cada obra estudada e os questionamentos a respeito das ocorrências e particularidades que as mesmas apresentaram, de maneira geral, notou-se que os erros construtivos nas obras se originaram nas etapas de concepção e execução do projeto, sendo que a etapa

de execução apresentou maior quantidade de erros que levaram ao processo de patologias no concreto armado. A obra A especificamente apresentou erros nas etapas de concepção e execução do projeto, pois ocorreu a necessidade de solucionar um problema decorrente da falta de compatibilização dos projetos estruturais e hidrossanitários, assim como, há erros na execução do processo de concretagem de elementos estruturais, potencializando assim situações de degradação do concreto armado.

Identificou-se em um caso específico na obra D, um erro de interpretação no projeto estrutural quanto à locação da viga ou do pilar, de modo, que não ocorreu a devida ligação desses elementos, improvisando o apoio da viga na alvenaria. Na obra E, ocorreu de forma propositada o destacamento do concreto, com intuito, de que a armadura da viga servisse de suporte para os conduítes, demonstrando total falta de conhecimento técnico a respeito dos processos construtivos, nos quesitos de qualidade e segurança.

Nas demais obras, registraram-se apenas erros na etapa de execução, principalmente no processo de concretagem, sendo possível identificar que erros como: a falta de cobrimento; adensamento insuficiente ou não realizado; ou consistência inadequada do concreto, contribuíram para que a armadura ficasse exposta, surgindo a corrosão das armaduras, comprometendo a durabilidade e resistência do concreto armado.

Constatou-se a necessidade de capacitação aos funcionários, em relação a conhecimentos técnicos; um compromisso mais efetivo do engenheiro civil para a fiscalização dos processos construtivos, de modo, que patologias decorrentes por erros de execução possam ser evitadas, garantido a durabilidade e resistência da obra.

5 | REFERÊNCIAS

AECWEB. **Concreto usinado: indicações e vantagens:** Quando dosada em central, a mistura apresenta melhor controle na quantidade de insumos garantindo a durabilidade do material. Arcindo Vaquero y Mayor.

Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-usinado_indicacoes-e-vantagens_13734_10_0>. Acesso em: 28 maio 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:** Execução de estruturas de concreto - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 53 p. AUTOR, 2018.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jason Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado:** Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

HELENE, Paulo R.L.- **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1988.

IBGE. **Informações sobre os municípios brasileiros.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-joao-do-rio-do-peixe/panorama>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E**

REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO. São Paulo: Pini Ltda, 2009. 257 p.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.** 2015. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Luiz Oliveira Aguiar

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

RESUMO: o estudo relaciona as falhas no processo de produção de pré-fabricados com as manifestações patológicas presentes nas peças após a desforma, demonstrando, em alguns casos, a baixa qualidade do material que vem sendo comercializado em Teresina e regiões vizinhas no estado do Piauí. O trabalho identifica e investiga o surgimento de patologias decorrente do processo de produção, além de apresentar medidas que venham a sanar os problemas apresentados. Fundamentado em visitas técnicas, englobando itens que abrangem desde o recebimento e estocagem da matéria prima, preparação do concreto, formas, armaduras, logística, até a expedição do produto acabado para o consumidor, foi observado como ocorre a produção das peças, e atestado que os tipos de patologias se repetem com frequência parecida para todas as empresas.

O estudo se mostrou satisfatório determinando as principais manifestações patológicas que se apresentaram nos elementos pré-fabricados de concreto armado, tendo como principais sugestões de melhorias a utilização de concreto autoadensável, trocar o desmoldante utilizado, mineral por orgânico, além de mudar a forma de aplicação do desmoldante, abandonando as broxas e utilizando o pulverizador manual.

PALAVRAS-CHAVE: pré-fabricado, concreto armado, manifestações patológicas.

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS DUE TO FAILURES IN THE PRODUCTIVE PROCESS OF PREFABRICATED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

ABSTRACT: the study relates the failures in the production process of prefabricated products with the pathological manifestations present in the pieces after the deformation, demonstrating, in some cases, the poor quality of the material that has been commercialized in Teresina and neighboring regions in the state of Piauí. The work identifies and investigates the appearance of pathologies arising from the production process, besides presenting measures that will cure the problems presented. Based on technical visits, encompassing items ranging from the receipt and storage of the raw material, preparation of concrete, shapes, armor,

logistics, to the dispatch of the finished product to the consumer, it was observed how the production of the pieces occurs, and attested that The types of pathologies are repeated with similar frequency for all the companies. The study was satisfactory determining the main pathological manifestations that appeared in the prefabricated elements of reinforced concrete, having as main suggestions of improvements the use of autoadensable concrete, to change the used demolding agent, mineral by organic, besides changing the form of application Of the mold release, leaving the brush and using the hand sprayer.

KEYWORDS: prefabricated, reinforced concrete, pathological manifestations.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, em especial o subsetor edificações, é frequentemente citada como exemplo de setor atrasado, com baixos índices de produtividade e elevados desperdícios de recursos, apresentando, em geral, desempenho inferior à indústria de transformação. Um dos principais reflexos desta situação são os altos índices de perdas de materiais, conforme constatado em estudos como os realizados por Soibelman (1993) e Pinto (1989). (SAURIN E FORMOSO, 2006).

Devido a esses fatores acima citados e a forte concorrência sofrida, as empresas tem cada vez mais necessidade de se tornarem competitivas. Com isso vem a necessidade de redução de custos de produção, tempo de execução, diminuição de perda de material além da otimização da mão-de-obra, ou seja, a industrialização da construção civil. Esse objetivo pode ser alcançado com uso de novas metodologias que venham suprir as demandas, como elementos pré-fabricados de concreto armado.

Pederiva (2009) aponta que os elementos pré-fabricados representam uma opção válida para racionalizar o processo de produção. Essas peças apresentam algumas características significativas, são elas: rapidez de execução, controle de qualidade, projetos de modulação e relativo nível organizacional de produção.

Em Teresina há uma crescente no número de obras que utilizam elementos pré-fabricados, com isso, para a garantia de um produto de qualidade para o consumidor há a necessidade de conhecer o processo de produção, identificando as falhas que podem ocorrer durante a fabricação, de modo que se possa ter uma indústria que utilize seus recursos de forma consciente.

O objetivo do presente trabalho foi levantar os tipos de falhas no processo de produção de elementos pré-fabricados de concreto armado e a influência dessas falhas na geração de manifestações patológicas, mais especificamente em vigas, pilares e postes, das empresas na Região Metropolitana de Teresina, por meio de visitas técnicas, apresentando sugestões de melhorias para as patologias identificadas.

2 | JUSTIFICATIVA

O crescimento da população aliado ao desenvolvimento econômico, a busca da qualidade de vida e o sonho da casa própria, implica diretamente no crescente desenvolvimento da construção civil. Que busca uma industrialização, e devido há uma carência de mão de obra qualificada, a busca por processos construtivos mais eficientes tornou-se uma questão primordial.

CAMPOS (2006) aponta que a industrialização progressiva do pré-fabricado no Brasil, vem vivenciando uma série de transformações, visando atender as exigências do mercado atual, promovendo qualificação no processo construtivo. Atendendo a demanda de projetos com racionalidade, estética, eficácia e otimizando desta forma, a pré-fabricação no país.

Mesmo com o crescente desenvolvimento e transformações que o mercado vem sofrendo, o processo de produção ainda é falho, comumente veem-se peças de concreto pré-fabricado com qualidade duvidosa sendo empregado, o que justifica a relevância deste trabalho.

Com o intuito de se atingir um padrão de qualidade, é importante a realização do controle de qualidade da produção, monitoramento das manifestações patológicas, determinando e resolvendo falhas que culminam no surgimento das mesmas, de modo a comprovar a funcionalidade das peças.

3 | MATERIAIS E METODOS

Com base no que já foi exposto, o trabalho é uma pesquisa descritiva fundamentada em visitas técnicas realizadas às empresas produtoras de elementos pré-fabricados de contrecosto armado. O estudo se desenvolveu com base na produção de três empresas de Teresina.

A identificação das manifestações patológicas foi por meio de observação visual, fundamentada com fotografias e com auxílio de checklist para a coleta de dados. Para conseguir cumprir o objetivo do trabalho, que é correlacionar falhas do processo produtivo com manifestações patológicas na pós-produção, o trabalho foi dividido em cinco fases:

1º Fase: Identificação das empresas que produzem vigas, lajes, pilares e postes de concreto armado, através da identificação de obras que se utilizavam desses elementos e de pesquisa nos meios de informação.

2º Fase: Confecção de checklist para analisar os seguintes itens: local de depósito de agregados, cimento, tipos de formas empregadas, aplicação de desmoldante, produção de concreto, dosagem, cura, desforma das peças, cura, tipos de aditivos e controle tecnológico.

3º Fase: Visita às empresas dispostas a participar da pesquisa, para verificar o processo produtivo e colher dados.

4º Fase: Análise do material colhido, quantificando os dados encontrados e identificando manifestações patológicas das peças.

5º Fase: Elaboração de relatório com base na análise do processo produtivo e dos dados colhidos além de apresentação de sugestão de melhorias no processo produtivo com o intuito de minimizar as patologias identificadas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho foi feito com base em visitas técnicas realizadas em três empresas do ramo de elementos pré-fabricados de concreto armado, ao longo do trabalho as empresas foram denominadas de P1, P2 e P3, onde P1 e P2 são produtoras de vigas, pilares e postes; e a empresa P3 é produtora só de postes. Todas as empresas possuíam engenheiros civis como responsável pela produção das peças.

4.1 Manifestações Patológicas e Tipos Observados

Após a realização das visitas, coleta de dados e registros fotográficos, foi observado que os tipos de patologias se repetem com frequência parecida para todas as empresas, são elas: manchas, fissuras, peças quebradas, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem). Foi feita uma amostragem, com 50 peças observadas de cada empresa, com o intuito de averiguar como as patologias se manifestam.

4.1.1 Manchas

Foi constatada a presença de mancha em 100% das peças observadas, ou seja, todas as empresas apresentam o problema no mesmo grau. Conforme mostra a Figura 1.

Esse tipo de patologia pode ser relacionado com a mistura do concreto, a forma que o desmoldante é aplicado, o fator água/cimento do concreto e com a limpeza das formas. No caso das empresas P1 e P3 o desmoldante era aplicado com broxa, o que pode acarretar uma distribuição heterogênea ao longo da peça.

Além disso, ao final do processo de desfôrma, deve ser feita a limpeza das fôrmas para retirada dos restos de concreto, e antes da concretagem a limpeza para retirada dos excessos de óleo e/ou graxas.

Na empresa P1 não é feito o controle de umidade da areia, logo pode apresentar variação na quantidade da mesma e na quantidade de água, distorcendo o traço, o que também pode acarretar no surgimento de manchas.

Sugestão de melhorias:

- Utilizar desmoldantes de baixa viscosidade e aplicá-los com pulverizadores manuais.

- Realizar limpeza das formas antes de cada concretagem.
- Misturar por tempo adequado o concreto e não exceder a capacidade da betoneira.
- Evitar excesso de água (fazer o controle de umidade da areia).

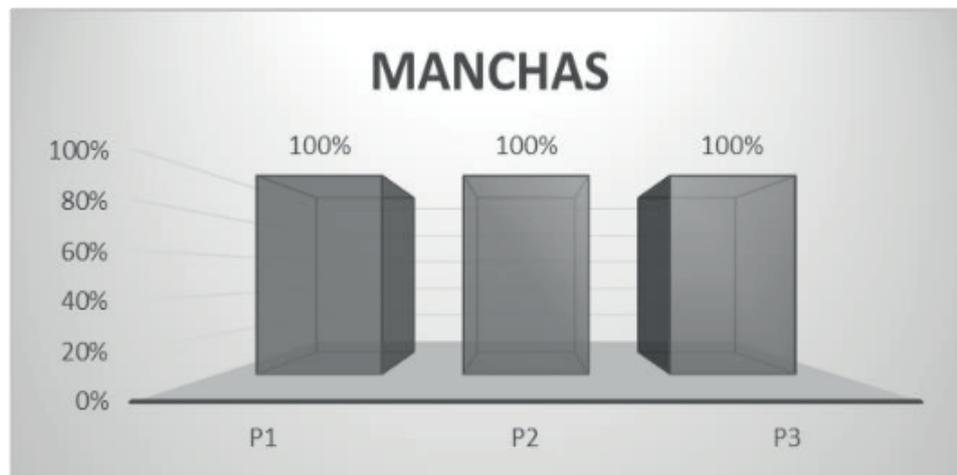


Figura 1 – Ocorrência de manchas/ Fonte: Autor



Figura 2 – Manchas/ Fonte: Autor

4.1.2 Fissuras

Os elementos de todas as empresas apresentaram fissuras, com mais incidência na empresa P3, conforme a Figura 3.

Nenhuma empresa apresentou trincas em seus elementos, o baixo número de fissuras pode ser relacionado com o tipo de cimento usado, que é o mesmo para todas as empresas, CP IV 32 RS que previne fissuras devidas as reações álcalis-agregado, tem em sua composição de 15% a 50% de material pozolânico. Por isso, proporciona estabilidade no uso com agregados reativos e em ambientes de ataque ácido, em especial de ataque por sulfatos. Possui baixo calor de hidratação, o que o torna bastante recomendável na concretagem de grandes volumes e sob temperaturas elevadas. É

pouco poroso, sendo resistente à ação da água do mar e de esgotos.

Algo que pode ter atrapalhado nos resultados desse tópico é o período, como a pesquisa foi realizada entre o mês de maio a junho de 2017, ainda era período chuvoso, o que pode ter interferido no resultado da amostragem. Esse ponto deve ser observado, pois todas as empresas deixam as peças secarem ao sol, e como em Teresina se tem altas temperaturas, peças com poucas fissuras abre espaço pra questionamento, ainda mais no caso da empresa P1, que não faz nenhum tipo de cura. A empresa P2 faz cura química e a empresa P3 realiza cura úmida, além da utilização de mantas após a concretagem, no intuito de reduzir a perda de água das peças. Como essa patologia se manifestou de forma suave a previsão é para um possível aumento no número de caso, em virtude da mudança climática sofrida ao longo do ano.

Sugestão de melhorias:

- Realizar cura úmida constante, da concretagem até a expedição das peças para a obra.
- Com o concreto ainda estado fresco, aplicar manta de cura sobre as peças concretadas.

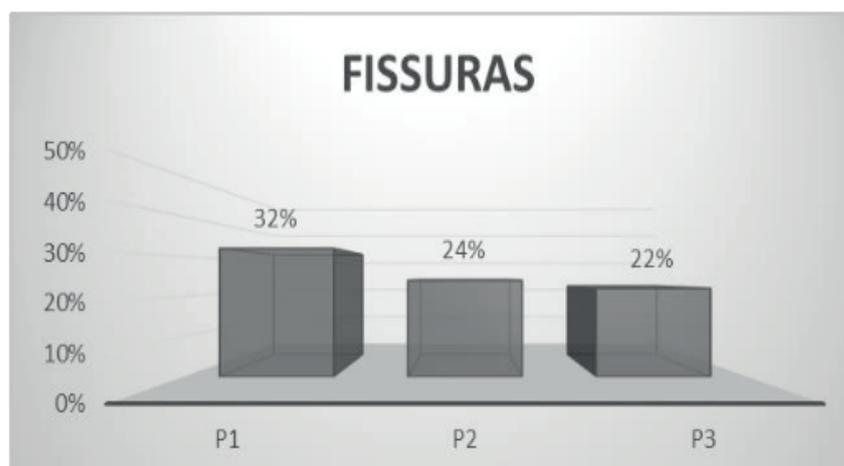


Figura 3 – Ocorrência de Fissuras/ Fonte: Autor



Figura 4 – Fissuras/ Fonte: Autor

4.1.3 Bolhas Superficiais

As bolhas tiveram incidência parecida com as manchas, onde foi constatado bolhas em quase 100% das peças observadas na amostragem, como demonstra Figura 5. As possíveis causas para o surgimento de bolhas é o tipo de vibração, todas as empresas usam vibrador de imersão (mangote), no caso da empresa P1, também era feito a vibração da forma. No que foi observado nas visitas a vibração era feita de forma incompleta, pois as peças apresentam muitos ninhos, e a vibração excessiva próximo as faces pode ter acarretado a formação de bolhas.

Além da vibração, uma das causas para formação de bolha é o tipo de desmoldante utilizado, a base de óleo mineral. Segundo Milani et al. (2012) o surgimento dessa patologia pode estar correlacionada ao tipo de desmoldante empregado nas formas [...] segundo a literatura, esse tipo de desmoldante pode propiciar o surgimento de bolhas de superfície.

Os desmoldantes são à base de óleos minerais, vegetais e emulsões de ácidos graxos, e tem uma diferença distinta entre eles, que são as bases químicas, os tipos de fôrmas que melhor performam e o tipo de acabamento que terá sobre esta estrutura.

Os desmoldantes de óleo mineral tem um uso para formas de madeiras e para um acabamento do concreto de forma aparente, ou seja, o desmoldante deixa mais resíduos de oleosidade sobre a superfície. Já os desmoldantes de óleos vegetal tem um maior desempenho em fôrmas metálicas. O que reduz a manifestação de bolhas superficiais.

Os desmoldantes de emulsão de ácidos graxos tem um uso preferencial a fôrmas de madeira e serve para um acabamento superficial do concreto para ser revestido.

Sobre as bolhas, não é só o desmoldante que pode trazer este malefício, tem outras variáveis que deverão ser administradas para evitar ou reduzir o aparecimento, como, por exemplo: limpeza da fôrma, adensamento do concreto, teor de ar incorporado no concreto, tempo em aberto da aplicação do desmoldante até o preenchimento com o concreto.

As empresas P1 e P2 usam uma mistura feita de óleo mineral e sebo de gado, e a empresa P3 usa apenas o óleo mineral.

Sugestões de melhoria:

- Não utilizar desmoldantes a base de óleos minerais
- Concretar as peças com concreto autoadensável.
- Não vibrar excessivamente o concreto nas proximidades das faces.

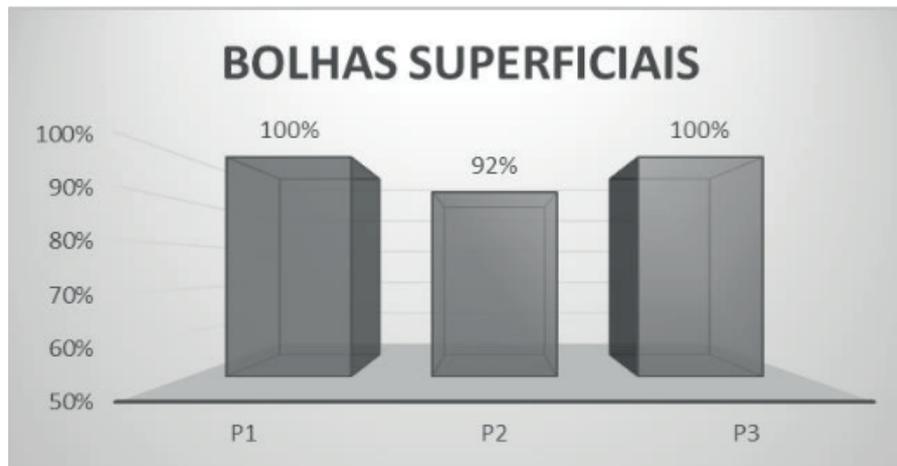


Figura 5 – Ocorrência de Bolhas/ Fonte: Autor



Figura 5 – Bolhas Superficiais/ Fonte: Autor

4.1.4 Peças Quebradas

Não teve grande incidência de peças quebradas, apenas a empresa P3 apresentou esse problema, devido à movimentação de peças. Como a empresa produz em larga escala e necessita-se de um grande espaço para armazenagem das peças. A movimentação é feita por caminhões, devido a isso as peças estão propícias a choques que podem levar a quebra. A Figura 6 demonstra como esse tipo de patologia não tem grande relevância.

Sugestões de melhorias:

- Proteger as extremidades das peças durante a movimentação.

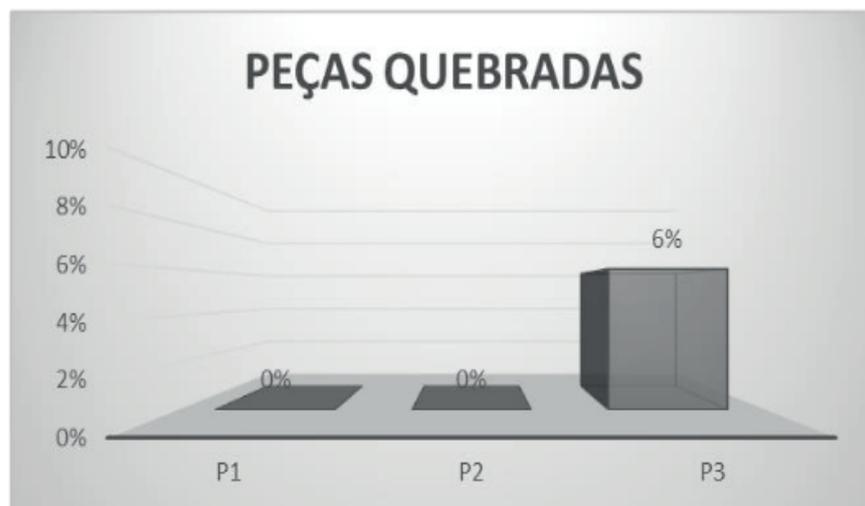


Figura 6 – Ocorrência de Peças Quebradas/ Fonte: Autor



Figura 7 – Peças Quebradas a choques que sofrem no transporte. / Fonte: Autor

4.1.5 Falhas de Adensamento/ Acabamento

A empresa P2 apresentou falhas em 100% das peças, os postes tinham mais problemas nas extremidades. As piores peças são os pilares que apresentam muita falha na região que vai receber a viga, consolo, onde se é necessário à realização de retoques. O consolo é uma das partes mais importantes do pilar, pois esta sujeita aos efeitos de impacto, choques e vibrações, além de receber um excessivo esforço cortante, por isso ter uma maior densidade de armadura, necessitando de um adensamento adequado, pois uma vibração incorreta em uma região que possui um grande volume de armadura pode gerar segregação do concreto, como também pode ficar inviável vibrar a peça, tornando essencial o uso do concreto autoadensável para combater fissuras e nichos prejudicando a resistência da peça. Isso demonstra o quão crítico é a situação das peças que estão sujeitas a essa patologia no consolo.

As empresas P1 e P3 tiveram empenho parecido, como mostra a Figura 8. As

falhas são frequentes nas extremidades de postes de concreto armado.

Nas três empresas, a concretagem é feita por etapas, o que pode acabar deixando falhas na emenda. De acordo com a NBR 9062/2006 em seu item 9.4.2.2 caso haja interrupção da concretagem, o concreto, cuja consistência não mais permita o adensamento, deve ser removido das formas e substituído oportunamente por concreto fresco, tomando-se as precauções necessárias para garantir, ao reiniciar-se o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho.

Sugestões de melhorias:

- Utilizar o concreto autoadensável.
- Utilizar vibrador adequado às dimensões da peça.
- Regular superfície com régua.

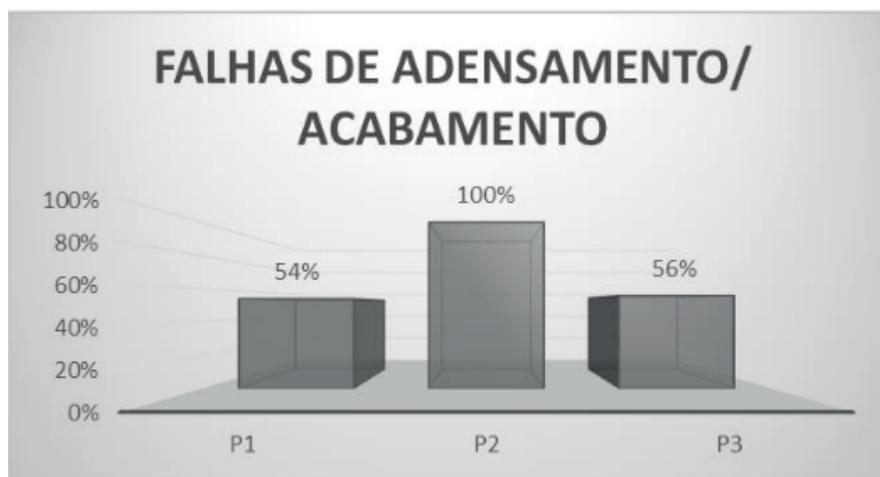


Figura 8 – Gráfico com a ocorrência de Falhas de Adensamento/ Acabamento/

Fonte: Autor



Figura 9 – Ocorrência de Falhas de Adensamento/ Acabamento/

Fonte: Autor

4.2 Generalidades

Para garantia de uma maior qualidade das peças, outro fator também influencia no resultado do processo. Um ponto inicial é o local de depósito dos agregados e do cimento. O cimento é armazenado de forma correta, em local coberto e sem estar em contato direto com o chão e com as paredes. Já no que diz respeito aos agregados, as três empresas mantêm os agregados a céu aberto e nenhuma mantém em contato direto com o solo, sendo que apenas a empresa P3 cobre os agregados com lona, conforme Figura 10.

Os locais de depósito estão organizados corretamente conforme a NBR 12655/2006 em seu item 5.3.2 o depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser construído de maneira tal que evite o contato com o solo e impeça a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.

A dosagem do concreto não foi foco da pesquisa, mas no que diz respeito ao que foi pesquisado, notou-se que havia impurezas nos agregados, conforme Figura 11, e que a mistura não era homogênea, nas empresas P1 e P2, tinha deslocamento das bordas e presença de areia, caracterizando uma falta de homogeneização da mistura. Quanto ao uso de aditivos, todas as empresas usam acelerador de pega. No que diz respeito ao controle tecnológico, a empresa P1 só efetua o ensaio a compressão, enquanto as empresas P2 e P3 realizam o ensaio a compressão, slump test e controle da umidade da areia.



Figura 10 – Agregado graúdo coberto com lona/

Fonte: Autor



Figura 11 – Nota-se uma linha na base do monte de agregado, impurezas presentes no material/

Fonte: Autor

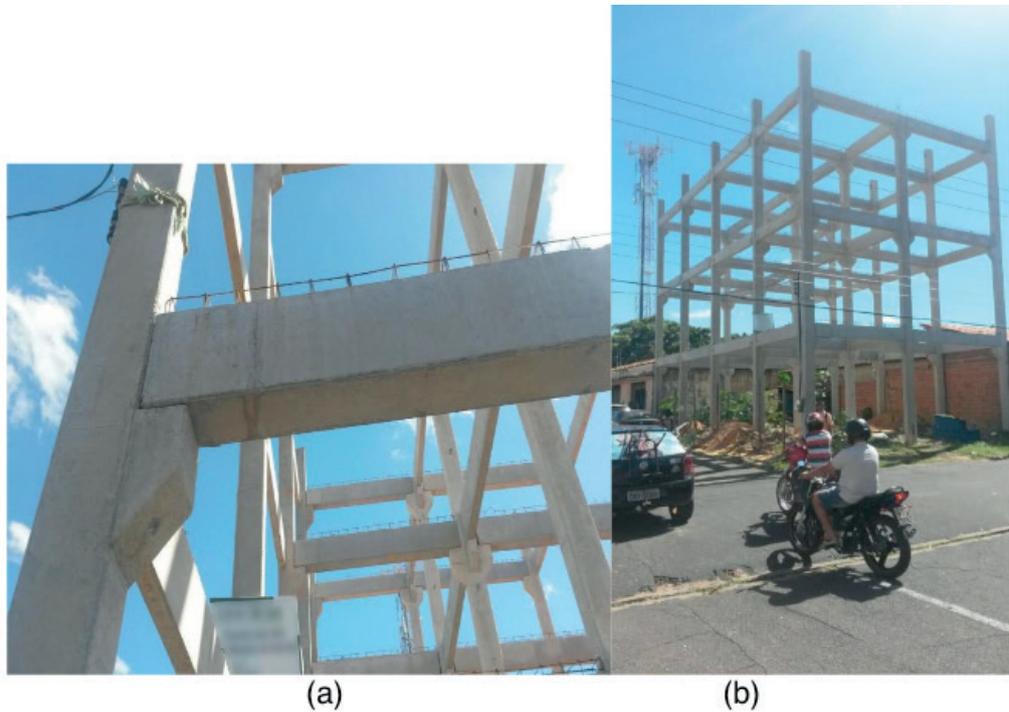


Figura 12 – Peça com fissura, na fase de execução da estrutura (a) e Execução da montagem da estrutura(b) /

Fonte: Autor

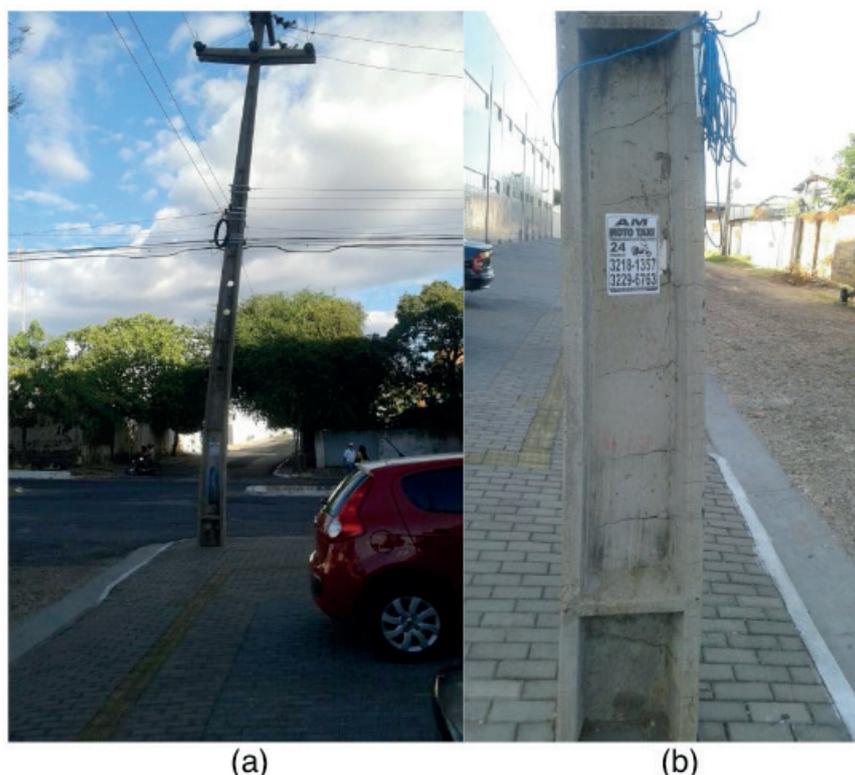


Figura 13 – Poste deformado após carga excessiva (a) e poste apresentando fissuras (b)/

Fonte: Autor

5 | CONCLUSÃO

O estudo se mostrou satisfatório determinando as principais manifestações patológicas que se apresentaram nos elementos pré-fabricados de concreto armado, são elas: manchas, fissuras, peças quebradas, bolhas superficiais, adensamento inadequado (nichos de concretagem).

As principais sugestões de melhorias foram a utilização de concreto autoadensável, no intuito de corrigir a aparição de fissuras, bolhas e ter um melhor acabamento, evitando a presença de nichos conforme demonstrado na Figura 9. Caso não haja a mudança no tipo de concreto para o autoadensável, deve haver uma melhor vibração das peças.

Viu-se a necessidade de trocar os tipos de desmoldantes, utilizando um que não seja a base de óleos minerais. Além do cuidado que deve ter na aplicação, trocando as broxas por pulverizador manual, medida essa que pode evitar a presença de manchas na peça.

A importância de um correto uso de materiais e uma organização no processo produtivo obedecendo às normas se mostra ainda mais necessária na presença de peças que apresentam falhas grotescas como na Figura 11 que apresenta uma viga com falhas de adensamento, onde é possível observar que ta surgindo trinca na peça e na Figura 13(a) que demonstra um poste subdimensionado e a Figura 13(b) que demonstra várias fissuras na mesma peça.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro, 1985.

CAMPOS, P. E. F. de. *Sem restrições tecnológicas os pré-fabricados devem romper obstáculos culturais*. Texto extraído da página da ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, 2006. Disponível em: <http://site.abcic.org.br/index.php/sem-restricoes-tecnologicas-os-pre-fabricados-precisam-romper-obstaculos-culturais>

Milani, C.J., BOESING, R., PHILIPPSSEN, R. A., MIOTTI, L. A. *Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas*. São Paulo, RISCO, 15, 2012.

PEDERIVA, P. F. *Comparação de custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco*. Monografia [Graduação em Engenharia Civil] - Ijuí, RS: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.

SAURIN, T. A., FORMOSO, C.T. *Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos*. Porto Alegre : ANTAC, 2006. — (Recomendações Técnicas HABITARE, v. 3)

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA

Matheus Nunes Reis

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UNB
Brasília - DF

RESUMO: No presente trabalho foi realizada uma análise estrutural da edificação localizada na SEPN 507, bloco do Banco de Brasília – BRB no pavimento térreo, e agência do Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran DF no pavimento superior, em função de um laudo fornecido pela FOX Engenharia solicitando a evacuação de prédio devido ao surgimento de trincas e fissuras originadas próximo ao local do cofre do estabelecimento. O laudo fornecido pela FOX Engenharia foi apresentado após o surgimento das fissuras e trincas causando preocupação do gerente com relação a segurança de todos os funcionários e clientes do banco que frequentam o local durante o horário de expediente. Esta avaliação consistiu na realização de inspeção visual, coleta de informações com funcionários da agência, registros fotográficos, análise de documentação e projeto para elaboração do estudo em função do diagnóstico, procedendo-se com a classificação da análise de risco das patologias identificadas. Por fim, foram sugeridas novas análises necessárias para melhor entendimento caso os elementos afetados continuassem a

piorar, assim como medidas corretivas.

PALAVRAS-CHAVE: Inspeção, Monitoramento, Análise Estrutural, Concreto Armado

PRELIMINARY INSPECTION AND MONITORING OF A CONCRETE BUILDING: CASE STUDY IN BRASÍLIA

ABSTRACT: In the present work a structural analysis of the building located in the SEPN 507, block of the Bank of Brasilia - BRB in the ground floor, and agency of the Department of Traffic of the Federal District - Detran DF in the upper floor was performed, based on an award provided by FOX Engineering requesting the evacuation of building due to the appearance of cracks and fissures originating near the site of the establishment's safe. The report provided by FOX Engenharia was presented after the appearance of fissures and cracks causing concern of the manager regarding the safety of all employees and clients of the bank who frequent the place during office hours. This evaluation consisted in the accomplishment of visual inspection, information collection with agency employees, photographic records, analysis of documentation and project to elaborate the study in function of the diagnosis, proceeding with the classification of the risk analysis of the pathologies identified. Finally, new analyzes were suggested for a better understanding if the

affected elements continued to worsen, as well as corrective measures.

KEYWORDS: Inspection, Monitoring, Structural Analysis, Reinforced Concrete

1 | INTRODUÇÃO

Tomar nota das condições estruturais de uma edificação é imprescindível na prevenção de acidentes e de maiores danos, sendo que podem levar parte ou conjunto de elementos à instabilidade e até possível ruptura. O caso recorrente do surgimento de sinais que indicam insuficiência da resistência numa estrutura pré-existente traz preocupações aos seus usuários.

A edificação estudada do Banco de Brasília - BRB é mais um exemplo que mostra a importância da inspeção, análise e monitoramento na conclusão sobre a concepção estrutural. Segundo Helene (1988) é possível avaliar sem dificuldades as manifestações patológicas devido ao maior conhecimento de mecanismos agressivos aos materiais e à tecnologia desenvolvida. Toda edificação necessita de manutenção para garantir o seu desempenho e vida útil.

O Código Modelo MC-90 (CEB-FIP, 1991) determina que as edificações de concreto devem ser formadas de tal modo que não necessitem de altos custos para seu restabelecimento e reparo, o que muitas vezes não ocorre. É natural o desgaste dos materiais constituintes, especialmente em construções mal executadas. Apesar disso, a deterioração não é o problema em si, mas sim a maneira e o grau em que este se degrada (ROSTAM, 1991). Sendo assim, encontra-se a importância do estudo das patologias nas construções.

2 | DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação em estudo está localizada no endereço: SEPN Quadra 507, Bloco D, Lote 04, Asa Norte. Sob as coordenadas 15°45'60"S 47°53'23"O. (Figura 01). A Agência do Banco de Brasília se encontra em um edifício comercial destinado a pontos comerciais do Governo do Distrito Federal – GDF.

A edificação foi executada em estrutura de concreto armado construída em cima de um talude com fundação tipo tubulão. Sua concepção contém dois pavimentos, sendo o térreo destinado a Agência do Banco de Brasília – BRB, e o pavimento superior para o Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran. A Figura 02 mostra a fachada frontal. Fachadas Leste e Oeste são feitas com revestimento gail (Figura 03) e os revestimentos da Fachadas Norte e Sul são feitas em granito (Figura (04)).



Figura 01 – Imagem com localização da agência do banco de Brasília (Google Earth 2016).



Figura 02 – Fachada frontal da Agência do Banco do Brasil.



Figura 03 –Revestimento gail nas fachadas leste (esquerda) e oeste (direita).



Figura 04 –Revestimento em granito nas fachadas norte (esquerda) e sul (direita).

A edificação foi construída sobre um platô conforme apresentado nas Figuras 05 e 06.

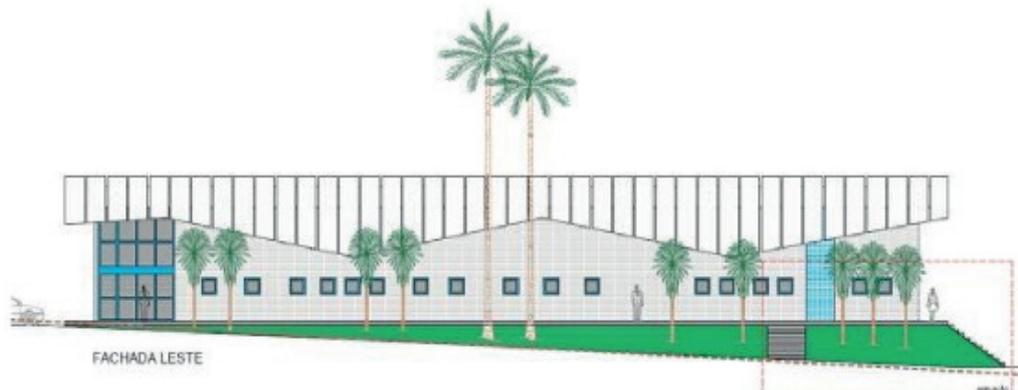


Figura 05 –Croqui da fachada leste.

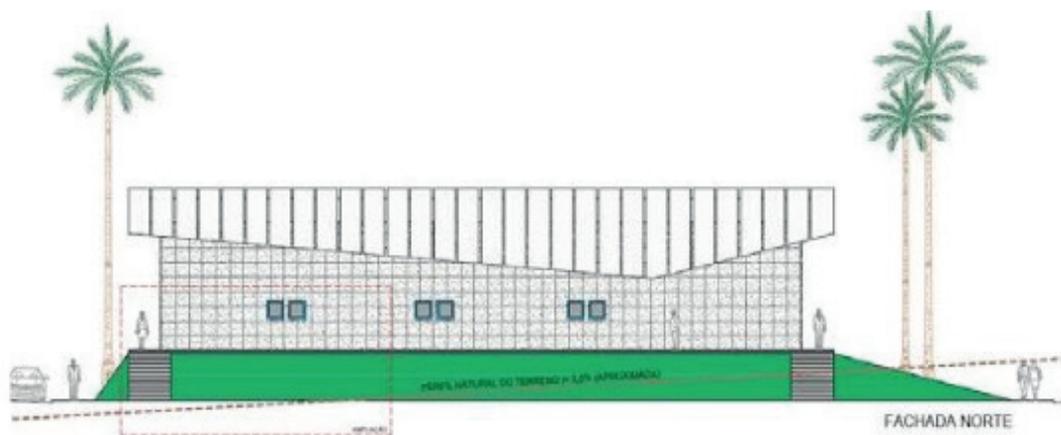


Figura 06 –Croqui da fachada norte.

3 | INSPEÇÕES E MONITORAMENTOS

Vale ressaltar que se buscou levantar in loco a definição das características gerais e específicas da edificação. Nesta etapa, as manifestações patológicas foram

identificadas, principalmente, através de inspeções visuais, coletas de registros fotográficos e registros com câmera termográfica.

Primeiramente foi realizada uma inspeção preliminar com registros fotográficos e verificação de possíveis manifestações patológicas. Em seguida foram realizados registros fotográficos dos fenômenos patológicos encontrados no local e o início do procedimento de colmatação para monitoramentos

Além da análise visual, alguns equipamentos foram utilizados para auxiliar nestas inspeções, são eles: câmera fotográfica semiprofissional, câmera termográfica e fissurômetro. De modo geral a edificação encontra-se em estado satisfatório de conservação, apresentando apenas algumas manifestações patológicas. As principais manifestações patológicas encontradas nas dependências das edificações foram sinais de infiltrações, trincas/fissuras, recalque e deformação estrutural.

4 | MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A edificação se encontra com alguns pontos de infiltração no pavimento superior onde se localiza o Detran – DF, como ilustrado nas Figuras 07 e 08.



Figura 07 –Ponto de infiltração na laje de cobertura docorredor do Detran.



Figura 08 –Detalhes A (esquerda) e B (direita) da figura 07.

As causas de infiltração são variadas, ocorre quando a água atravessa uma barreira protetora chegando ao interior da edificação e prejudicando os materiais constituintes.

A partir das informações coletadas e registradas, supõe-se que algumas telhas podem estar deixando a água passar para a parte da laje que não é impermeabilizada, causando a infiltração.

Na edificação onde se localiza a Agência do BRB, foi possível classificar as aberturas em trincas e rachaduras por meio da utilização de fissurômetro. Uma abertura na horizontal localizada em um ponto da alvenaria externa da sala do cofre, ilustrada na Figura 09, é classificada como rachadura, pois tem espessura de 2,5 mm.

Esta tipologia de trinca/rachadura é proveniente da movimentação estrutural que ocorreu na edificação e por ser dois materiais distintos, no caso alvenaria de vedação na parte inferior e concreto armado na parte superior.

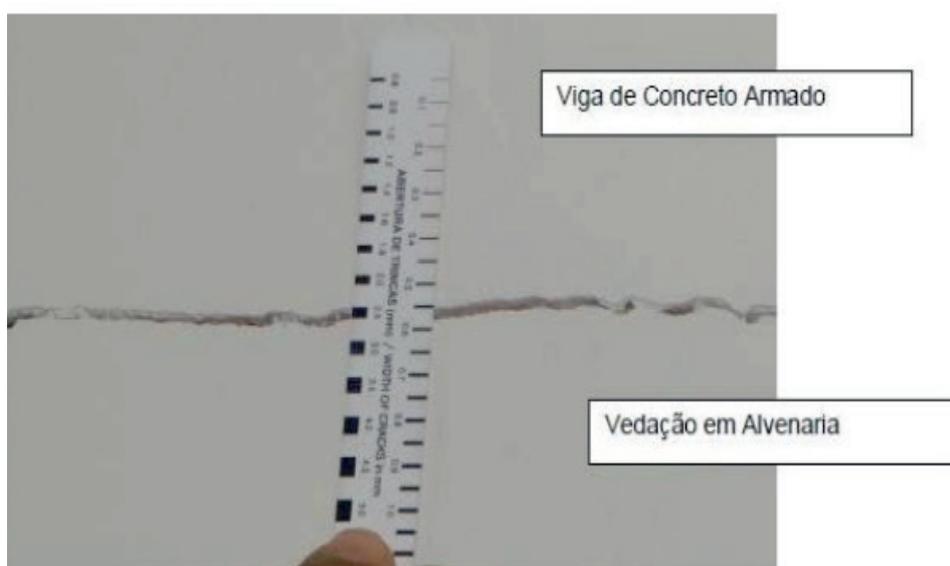


Figura 09 –Rachadura na parede externa da sala do cofre.

Em outro ponto da vedação externa da sala do cofre, encontra-se uma trinca na diagonal, com espessuras que variam de 1,0 mm a 1,4 mm. A sala do cofre encontra-se dentro de um ambiente e contém uma porta de ferro protegida por um sistema de segurança com alarme. Acima da porta há uma rachadura dos dois lados da alvenaria. No lado externo à sala na alvenaria superior a porta de entrada há uma rachadura de 1,6 mm de espessura, ilustrada na Figura 10.



Figura 10 – Alvenaria externa acima da porta de segurança da sala do cofre.

Durante a vistoria, foi observado que não há presença de verga na porta que dá acesso à sala do cofre conforme a Figura 11, que pode ter contribuído para o surgimento da trinca neste local. A partir de oitivas dos funcionários houve um episódio em que a porta ficou presa e houve a necessidade de corte e posteriormente solda da extremidade superior esquerda da porta.



Figura 11 – Porta de entrada ao cofre sem verga.

As aberturas identificadas precisaram ser monitoradas durante a fase de elaboração do estudo para verificar se elas são ativas, ou seja, se há variação da abertura em função de movimentações da estrutura.

Para essa verificação foi utilizado o método de colmatação, que consiste no preenchimento dos espaços abertos com argamassa de gesso. Caso ocorra movimentação da estrutura, trincas surgirão nos locais onde o gesso foi aplicado. Esse processo foi acompanhado por 7 (sete) dias pela urgência da necessidade de restituição das utilizações do local. Entretanto esse intervalo de monitoramento é

considerado pequeno para se fazer uma análise estrutural com resultados de precisão.

Foi feita a primeira inspeção preliminar com registros fotográficos das Figuras anteriores que ilustram algumas das aberturas encontradas no local. Após a verificação das aberturas, foi iniciado o processo de colmatação aplicando argamassa de gesso em todas as paredes com trincas e rachaduras, procedimento ilustrado na Figura 12.



Figura 12 –Trinca em alvenaria da edificação.

Foi realizado o acompanhamento para verificar as aberturas cobertas de argamassa de gesso. Como ilustrado das Figuras 13 a 17, pode-se perceber que não houve trincas na argamassa de gesso e conseqüentemente a estrutura não se movimentou.



Figura 13 – Monitoramento da rachadura na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.



Figura 14 – Monitoramento da trinca na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.



Figura 15 – Monitoramento da rachadura na alvenaria externa acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa.

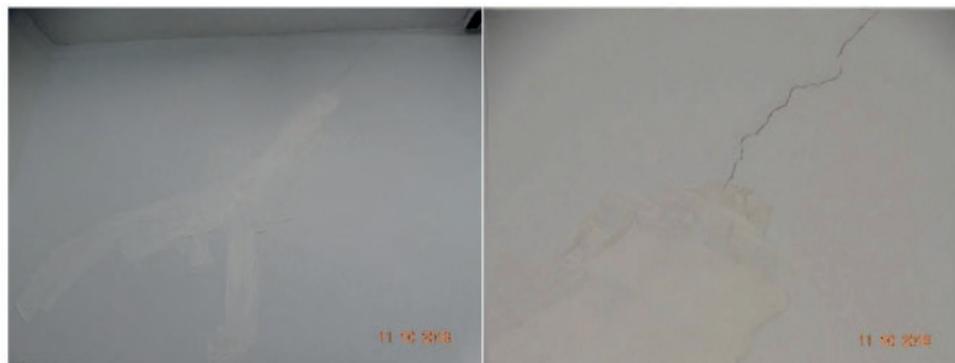


Figura 16 – Monitoramento da trinca na alvenaria interna acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa.



Figura 17 – Monitoramento da rachadura na alvenaria interna no canto esquerdo da sala do cofre, aparentemente não ativa.

Constatou-se que a edificação foi construída sobre um aterro conforme apresentado na Figuras 18 e 19. Este aterro pode ter sofrido deformação do maciço que pode ter contribuído para a deformação estrutural e ter originado as fissuras e trincas iniciais.

Durante a inspeção foi observado que existem falhas na parte inferior das calçadas externas, principalmente ao lado esquerdo na Fachada Norte, comentado anteriormente, justamente onde há o maior aterro, conforme ilustrado na Figura 20. Pode se observar que há um espaço vazio entre o terreno, considerado aterro, e a laje de concreto por uma acomodação do solo.

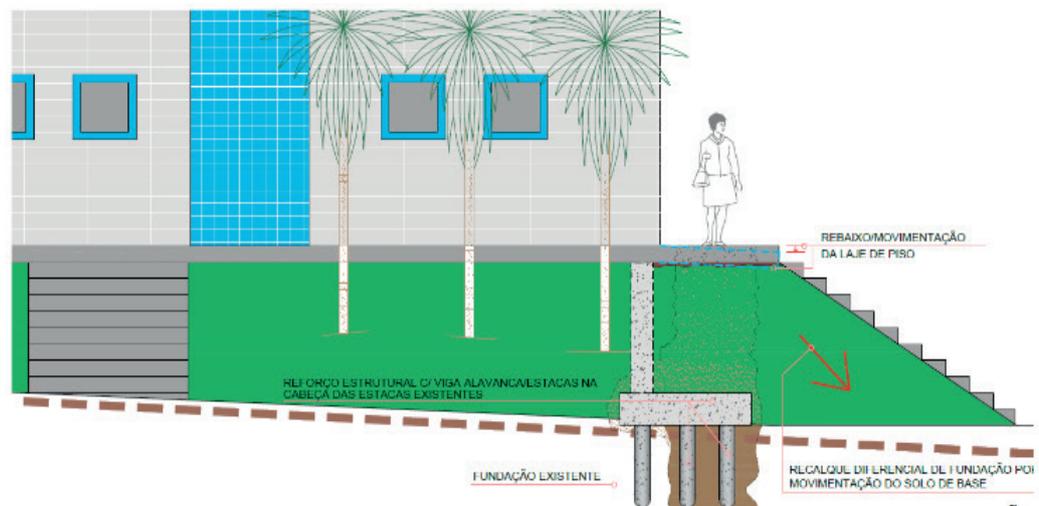


Figura 18 –Croqui esquemático da edificação sobre aterro.

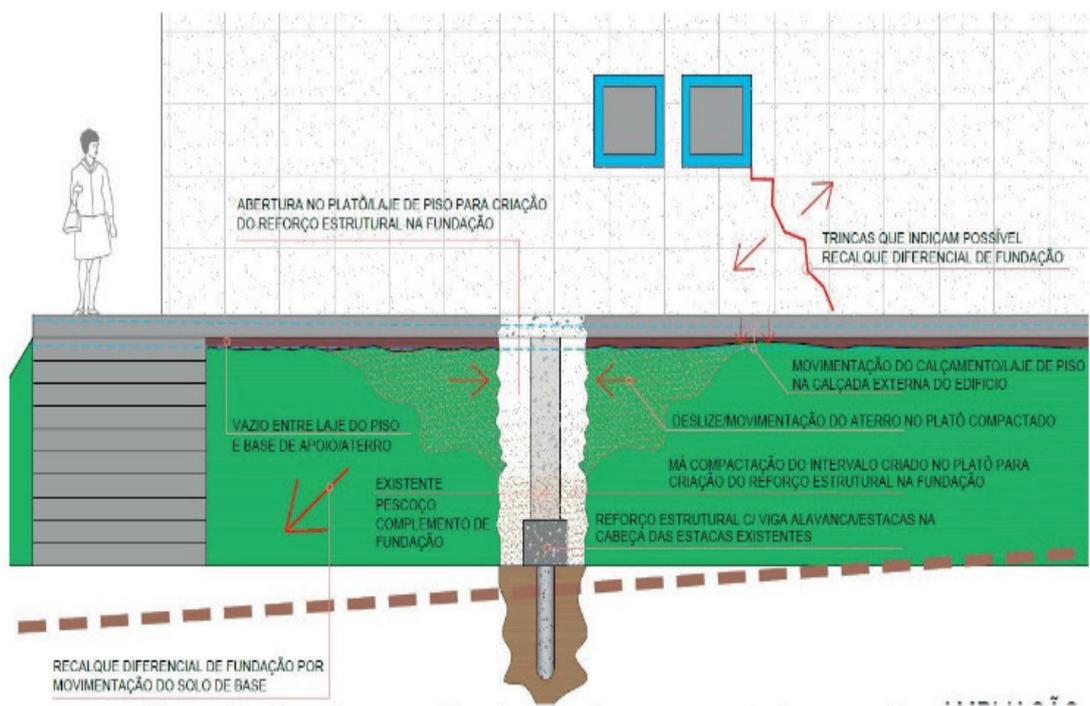


Figura 19 –Croqui esquemático da viga alavanca executada como reforço.



Figura 20 –Falha na parte interior da calçada externa na fachada norte.

Foi observado também que quando houve a movimentação dessa laje, considerada calçada, surgiram aberturas entre o piso e a parede, Figuras 21 e 22.



Figura 21 –Abertura entre piso e parede.



Figura 22 –Abertura de 3 (três) cm entre piso e parede.

Justamente nessa região pode estar ocorrendo infiltração durante chuvas, limpezas, ou qualquer outro evento que utilize água, perto dessa superfície, pois essa é uma passagem para água que resultará em um rebaixamento cada vez maior

ocasionando uma maior movimentação mesmo ocorrendo embaixo da viga baldrame.

Segundo oitivas dos funcionários do banco, durante a colocação de um cofre foi criada uma viga alavanca, demonstrada na Figura 23.



Figura 23 –Croqui da área da sala do cofre onde há reforço estrutural.

Verificando os espaços vazios criados por uma acomodação do solo, foi realizado um registro fotográfico da parte interna através de uma micro câmera conforme Figura 24.



Figura 24 – Parte interna abaixo da calçada com espaços vazios devido a movimentação do solo.

As imagens acima não ficarão tão nítidas, porém pode se observar que existe um espaço oco entre o piso e o terreno natural.

As causas do recalque do solo do edifício da Agência do BRB podem ter sido originadas a partir das deformação do solo, má compactação e umidade excessiva que carregou o solo e fez com que a estrutura trabalhasse originando a abertura das fissuras/trincas e rachaduras na alvenaria.

5 | ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES

Após a execução do monitoramento das aberturas, e coleta de informações, observou-se que as aberturas que surgiram são classificadas em trincas e rachaduras, pois suas espessuras variam de 1,0 mm a 2,5 mm.

As trincas e rachaduras que surgiram devido a movimentação da camada suporte da estrutura, no caso o solo, pode ter resultado em alguma acomodação nas fundações provocando a deformação estrutural e o surgimento de fissuras/trincas/rachaduras. Como o solo é colapsível, as aberturas que surgiram na calçada causaram infiltração e mais deformação do solo, fazendo a estrutura ter pequenas movimentações que não abalam a estabilidade estrutural, porém resultam no aparecimento de fissuras nas alvenarias e revestimentos.

Essas deformações estruturais são aceitáveis sem causar risco de colapso estrutural. Entretanto, as mesmas acrescidas de flechas em lajes podem causar aberturas nos revestimentos de alvenaria.

As patologias encontradas foram classificadas, em geral, como regulares, significando que podem provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização.

Não havendo alargamento das aberturas e inexistência de novas fissuras, sugere-se a execução de manutenções corretivas com as seguintes etapas: corte de 10 cm de largura dos dois lados da fissura em toda a sua extensão, colocação de barras de aço em forma de Z, limpeza da abertura, cobrimento da abertura com argamassa, aplicação de tela para evitar fissuras por retração dos materiais, acabamento realizado de acordo com o padrão existente seguido da aplicação da pintura do cliente.

Caso as espessuras das aberturas prolonguem ou surjam novas fissuras, devem ser feitos novamente monitoramento com placa de vidro ou argamassa de gesso (processo de colmatação).

Na hipótese do aumento das espessuras das fissuras/trinca e rachaduras, se prolongarem ou ocorra o surgimento de novas, um novo estudo deve ser realizado a partir de um monitoramento com dados reais de medições após realização de alguns ensaios, tais como esclerometria, ultrassonografia, pacometria, monitoramento de recalque e extração de corpo de prova. Na pior hipótese, deve se prosseguir para a realização de uma prova de carga.

Como o aparecimento de trincas e rachaduras é ocasionada pela deformação estrutural recorrente de uma movimentação do solo, sugere-se que se faça um monitoramento de possível recalque através de benchmarking.

6 | CONCLUSÕES

A edificação analisada que serviu de base para estudo apresenta manifestações

patológicas tipo fissura/trinca e rachadura ocasionadas por movimentação estrutural provenientes de possíveis movimentações por acomodação das camadas do solo suporte da edificação.

Porém, estes acontecimentos não são preocupantes, de forma que sejam monitorados frequentemente durante no mínimo 6 (seis) meses a 1 (um) ano com emissão de relatórios técnicos de acompanhamento por um profissional legalmente habilitado mensalmente.

Após análise, verificação de campo e monitoramento através da colmatação, que não houve prolongamento da abertura das fissuras/trincas e rachaduras, pode se concluir que após 7 (sete) dias de monitoramento a edificação está com estabilidade estrutural. Desta forma, a edificação pode voltar a ser utilizada para os fins os quais já era destinada, agência bancária.

Diante do apresentado neste estudo de caso fica evidente a importância de estudos preliminares das condições estruturais. O Intuito destes é evitar maiores danos ou até mesmo acidentes devido à má utilização de edificações, a não evacuação no momento devido ou a falta de manutenção preventiva para garantir melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

CASTRO, E.K.; 1994. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado**. Dissertação de Mestrado, Publicação N°: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p.

CEB (1991), **CEB – FIP Model Code 90 (MC – 90) - Final Draft**. Bulletin d'Information No. 203. Julho, 1991.

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto**. 1.Ed. São Paulo, Pini, 1988.

ROSTAM, S. (1991). **Durability of concrete structures – The CEB – FIP approach**. Colloquium on the CEB-FIP MC-90, Rio de Janeiro, RJ, pp 369-429, Agosto.

INVESTIGAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM UM MURO DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DO RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti

Universidade de Pernambuco
Recife – PE

Iago Santos Calábria

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – PE

Amâncio da Cruz Filgueira Filho

Universidade Católica de Pernambuco
Salgueiro – PE

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – PE

Amanda de Moraes Alves Figueira

Faculdade de Ciências Humanas ESUDA
Recife – PE

Walter de Moarais Calábria Junior

Universidade Católica de Pernambuco
Recife– PE

RESUMO: O diagnóstico e recuperação das estruturas é uma vertente que se renova cotidianamente na sociedade, solucionando as patologias originadas desde a fase de projeto até os processos de manutenção. Todavia, sua contribuição vai além dos reparos, é com os estudos dos acontecimentos e da interação dos materiais com o meio que surgem o desenvolvimento de novas técnicas para serem implantadas dentro da construção civil, evitando

assim as patologias de maneira preventiva. Dessa forma, o desenvolvimento desse estudo descreve uma metodologia proposta para o entendimento dos investimentos econômicos em atividades de prevenção, evitando gasto futuros com recuperação, e um método de recuperação estrutural em um muro de condomínio residencial que se encontra com sua capacidade funcional comprometida. Diante das pesquisas realizadas em campo, observou a necessidade de adequar os estudos da metodologia proposta para melhor explicitar os investimentos nas fases do processo construtivo e prevenir gastos excessivos como o estudo de caso aqui apresentado.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção, Patologia, Recuperação, Economia, Estrutura.

INVESTIGATION AND RECOVERY OF PATHOLOGICAL PROBLEMS IN A RESIDENTIAL CONDOMINIUM WALL LOCATED IN THE CITY OF RECIFE-PE

ABSTRACT: The diagnosis and recovery of the structures is an aspect that is renewed every day in society, solving the pathologies originating from the design phase to the maintenance processes. However, his contribution goes beyond repair, it is with the studies of the events and the interaction of materials with the environment that the development of new

techniques to be implanted within the civil construction, thus avoiding the pathologies in a preventive way. Thus, the development of this study describes a proposed methodology for the understanding of economic investments in prevention activities, avoiding future recovery expenditures, and a method of structural recovery in a residential condominium wall that has its functional capacity compromised. In the face of field research, it was necessary to adapt the studies of the proposed methodology to better explain the investments in the phases of the construction process and to prevent excessive expenditures such as the case study presented here.

KEYWORDS: Prevention, Pathology, Recovery, Economy, Structure.

1 | INTRODUÇÃO

Para efeito de comparação, as estruturas se assemelham ao corpo humano, quando este se encontra doente, onde os avisos são dados através de sintomas como febre, dor de cabeça, dor no peito, perda da consciência, entre outros. No caso das estruturas, os sintomas mais comuns são fissuras, infiltrações, descolamentos do concreto e corrosão de armaduras.

Na construção civil, tudo isso ocorre devido ao processo de degradação. Segundo John (1987), esse processo ocorre quando há uma transformação dos materiais ao interagirem com o meio ambiente. Para essas descobertas, foi criada uma ciência que estuda a origem, os sintomas e o mecanismo de ação das doenças estruturais. A patologia trabalha de uma maneira coletiva com os métodos de correção e prevenção, pois reconhece a evolução dos problemas, estuda as suas causas e fornece informações para os trabalhos de reparo, manutenção e prevenção, contribuindo de maneira significativa para o entendimento do processo de produção, reduzindo o acontecimento dos problemas.

Para Helene (1992), patologia é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. Esse diagnóstico deriva de quatro vertentes originárias: fase de projeto (congenitas), fase de execução (construtiva), agressividade do meio (adquiridas) e fenômenos atípicos (acidentais).

Por que as estruturas entram em colapso? Certamente, as respostas não são simples, pois possuem várias vertentes. Como forma preventiva, é necessário o planejamento de toda construção a ser feita. Como forma corretiva, a investigação e consequente estudo do caso desde sua origem se transformam em exigências para a descoberta dos problemas causadores do colapso e o avanço da construção civil como um meio de desenvolvimento na sociedade.

Dessa maneira, o objetivo desse estudo é abordar patologias originadas de falhas humanas encontradas em algum estágio construtivo, indicando os custos adicionais e algumas possíveis soluções, apresentada em um estudo prático.

2 | CONSTRUÇÃO CIVIL

Helene (2006), afirma que as primeiras ações para prevenção dos problemas nas estruturas foram adotadas no Código de Leis de Hammurabi (1780 a.C.). Quatro artigos inseridos naquele código de leis dizem respeito a obras, em que falavam da responsabilização dos construtores sobre as consequências negativas que possam apresentar a terceiros. Dessa forma, olho por olho dente por dente, despertou a necessidade de construções duráveis, ou seja, aquela que conserva sua forma original, qualidade e capacidade de utilização quando exposto ao meio ambiente.

2.1 Patologia das estruturas

Cotidianamente os problemas estruturais se apresentam de maneiras diversas, porém é possível selecioná-los em dois grupos: as patologias visíveis a olho nu e as silenciosas. É evidente que o primeiro grupo torna mais viável a descoberta da problemática, mas fica claro ao passar do tempo que as construções necessitam de manutenção.

O crescimento acelerado da construção civil por todo o mundo fez essa comunidade abrir as portas para um perigo inerente em todas as construções: as patologias nas estruturas. Quando o desempenho da estrutura é ameaçado ou comprometido a anomalia caracteriza uma doença. Portanto, a saúde das estruturas pode ser entendida como a capacidade delas desempenharem as funções para as quais foram idealizadas. Sendo doença falta de saúde e saúde das estruturas entendida como seu bom desempenho, pode-se definir como patologias das estruturas a ausência de saúde.

Os problemas encontrados nesse meio são os mais diversos e, em alguns casos, o entendimento do assunto ainda é muito escasso e obscuro. Atualmente, verifica-se uma grande preocupação na tentativa de descoberta do exato momento, no processo construtivo, em que ocorre a falha que conseqüentemente leva aos diversos tipos de manifestações patológicas existentes.

Segundo Aranha (1994), uma investigação pontual irá trazer como resultado um diagnóstico adequado que deve indicar em qual das etapas do processo construtivo o dano teve origem, informando que uma manifestação patológica pode ter origem em mais de uma causa.

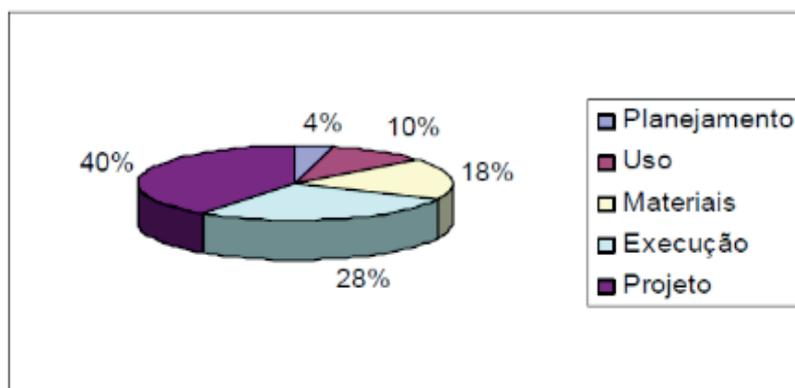


Figura 1 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das construções.

Fonte: Grunau (1981, apud Helene, 1992)

Na figura 1 apresentada, é notório a incidência das causas serem por projeto e execução, que juntas somam mais de 50% do total e apenas 32% fica representado por uso, materiais e planejamento. O gráfico da figura 1 tem a finalidade de apresentar, em porcentagem, a incidência das causas patológicas nas estruturas de concreto armado.

Considerando as causas já descobertas, Helene (1988), norteia os próximos passos para a possível resolução do problema, são eles a terapia, procedimento e escolha de materiais. As medidas terapêuticas de correção dos problemas tanto podem incluir pequenos reparos localizados, quanto às intervenções de restauração ou recuperação estrutural.

É sempre recomendável que, após qualquer uma das intervenções citadas, sejam tomadas medidas de proteção da estrutura, com implantação de um programa de manutenção periódica. Este programa deve levar em conta a importância da obra, a vida útil prevista, as agressividades das condições ambientes de exposição e a natureza dos materiais e medidas protetoras tomadas.

Para o procedimento, a escolha dos materiais e da técnica de correção a ser empregada depende do diagnóstico do problema, das características da região a ser corrigida e das exigências de funcionamento do elemento que vai ser objeto da correção. Por exemplo, nos casos de elementos estruturais que necessitam ser colocados em carga após horas de execução da correção, pode ser necessário e conveniente utilizar sistemas de base epóxi ou poliéster. No caso de prazos mais dilatados pode ser conveniente utilizar argamassas e grautes de base mineral. Nas condições normais de solicitação (após vinte e oito dias) os materiais podem ser argamassas e concretos adequadamente dosados.

Na escolha dos materiais, tendo em vista as condições específicas em cada caso, a escolha e também da técnica de correção, depende do diagnóstico do problema. É fundamental uma orientação para a escolha racional dos materiais a serem utilizados para a correção de patologias. Em geral, os problemas são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros associados ao inicial.

Por exemplo uma dobradiça defeituosa tende a fazer com que uma porta arraste, estragando os planos da mesma e provoque arranhões no piso. Ao mesmo tempo começa a danificar a fechadura que começa a travar por não estar alinhada com a fenda da lingueta. Pode ainda trazer problemas para o portal que fica sofrendo as pancadas da porta que está se movimentando fora de seu alinhamento normal.

De acordo com essas definições pode-se inferir que as correções terão uma maior facilidade, durabilidade e menor custo, quanto mais cedo forem detectadas e executadas. As medidas terapêuticas são definidas como medidas de correção, podendo ser parcial ou total e tem uma semelhança com os procedimentos e materiais a serem usados, ambos vão variar de acordo com o diagnóstico dado ao problema. A figura 2 ilustra de uma maneira sucinta a conclusão chegada.

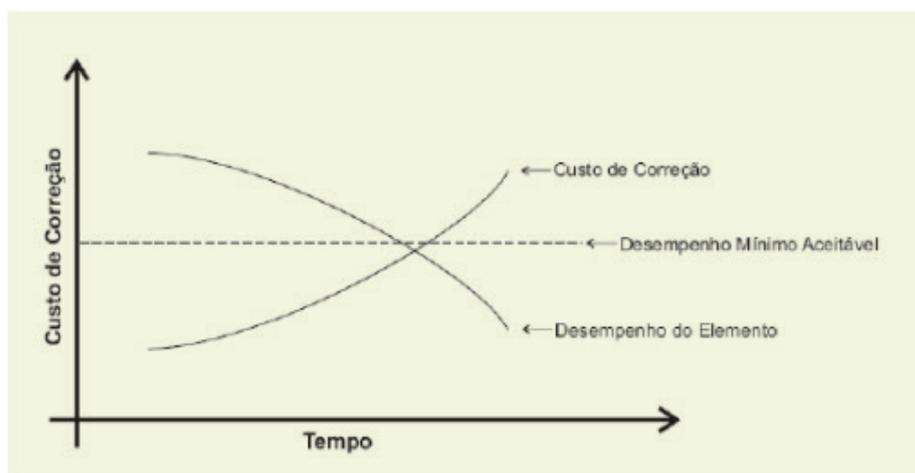


Figura 2 - Evolução dos custos de correções dos problemas patológicos no tempo.

Fonte: Helene (1988)

O gráfico da figura 2 mostra como o desempenho do elemento e o custo de correção trabalha quase que inversamente proporcional, pois quanto maior o tempo maior será o custo para corrigir uma patologia e conseqüentemente menor será o desempenho do material inserido nessa problemática.

Com o passar do tempo e o acúmulo de ocorrências na área de construção, aos poucos foram se destacando as patologias mais recorrentes encontradas, devido à execução. As fissuras, a corrosão das armaduras e a disgregação do concreto são problemas encontrados com uma alta facilidade, pois vários fatores resultam nessas conseqüências.

As fissuras são aberturas que se instalam na superfície da estrutura e facilitam a entrada de agentes nocivos. Para Thomaz (1989), os elementos e componentes construtivos se sujeitam a variações térmicas relacionadas às suas propriedades físicas diariamente, o que varia as suas dimensões por meio da dilatação e contração. A amplitude e a velocidade de tais movimentações térmicas devem ser consideradas para a análise das fissuras. Elas também podem surgir em conseqüência de alternância

de ciclos de carregamento e descarregamento ou por solicitações alternadas de tração e compressão, bem como pela retração do concreto em função da rápida evaporação da água em seu processo de cura.

Segundo a NBR 6118, as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassa os seguintes valores:

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

A corrosão das armaduras é a destruição do material devido à interação que ocorre com o ambiente. Dois são os processos básicos que podem sofrer as armaduras de concreto armado: a oxidação e a corrosão propriamente dita. As causas mais comuns que resultam no aparecimento dessa patologia são as más execuções das peças estruturais, ambientes agressivos, cobrimento inadequado, falta de manutenção e presença de cloretos.

A disgregação do concreto se caracteriza pela queda de massa do mesmo em virtude dos esforços internos ou externos superiores a resistência.

2.2 Gastos com correções patológicas

Para Andrade e Silva (2008), a cidade do Recife, capital pernambucana, é cortada por cinco rios e possui 105 km de canais, dessa forma é grande a necessidade por pontes para facilitar o deslocamento por dentro da cidade. Segundo Carneiro Filho (2004), em uma pesquisa realizada pela prefeitura da cidade nas 27 principais pontes, apenas cinco foram classificadas em bom estado de conservação. As demais possuíam diversas patologias, e salientou que em três delas foi recomendada a intervenção imediata.

O caso mais grave está em uma ponte com 28 anos de idade, lá foram detectadas patologias muito sérias em todos os seus blocos de fundação. A origem dessa patologia, inicialmente, foi por reações álcali/agregado, levando a uma série de problemas como: fissuração, corrosão de armaduras, ataques de sulfatos (HELENE, 2002). Foram gastos, na época, para recuperação da ponte 5,5 milhões de reais.



Figura 3 – Bloco de fundação com intensa fissuração e lixiviação induzida por RAA.

Fonte: Helene (2002)

É sabido que após um tempo as estruturas estarão necessitando de manutenção, porém a não aplicação das técnicas já desenvolvidas faz com que antes dos 20 anos exista a necessidade de intervenções corretivas generalizadas. Metha e Monteiro (1978), dizem que avaliações realizadas por especialistas estimaram que perdas pela corrosão, em estruturas de concreto, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, estão entre 1,25% a 3,50% do Produto Nacional Bruto.

Sitter (1983), diz que os custos crescem em uma razão geométrica de ordem cinco (1, 5, 25, 125), significando que se gastaria 125 vezes mais em uma intervenção, na fase mais avançada da corrosão, do que se medidas simples tivessem sido adotadas na fase A, quaisquer que sejam, projetos e especificações adequadas e boas práticas construtivas, para garantir uma determinada vida útil.

Para Andrade e Silva (2008), o maior legado da “Lei dos cinco” (figura 4) não são os valores em si, mas a conscientização da cadeia produtiva de que, o foco da atenção deve ser concentrado nas fases de projeto e construção (A) e na manutenção preventiva (B) para obtenção da durabilidade das estruturas de concreto.

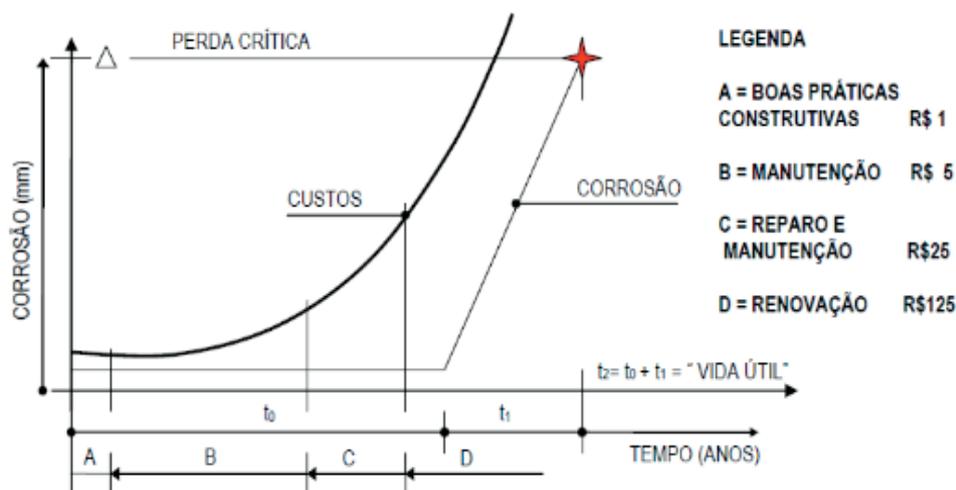


Figura 4 – Gráfico da lei dos cinco.

Fonte: Sitter (1983)

A manutenção preventiva, na maioria das vezes, não está relacionada diretamente à estrutura de concreto, mas aos subsistemas que interagem com a estrutura, como: manutenção em instalações hidrosanitárias, em impermeabilizações em lajes, em revestimentos externos, em juntas de dilatações, com o objetivo de impedir ou dificultar o contato da água com a estrutura de concreto.

Abrangendo um pouco mais a situação de gastos estudados, Perez (1988), enfatiza a importância de se pensar na atividade de manutenção desde a fase de projeto, quando as deficiências podem ser discutidas e corrigidas a custo praticamente nulo em se comparado com as intervenções que eventualmente sejam necessárias. Na figura 5, a lei dos cinco deixa apenas de ser comparada com problemas corrosivos e passa a valer para toda a construção civil.

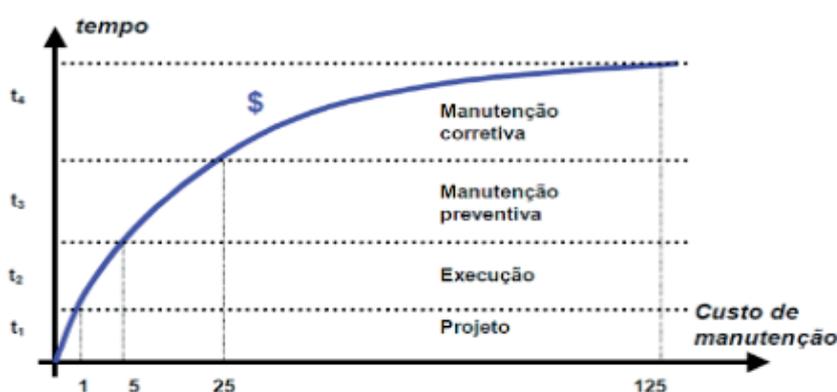


Figura 5 - Gráfico do aumento do custo com manutenção com o passar do tempo.

Fonte: Andrade e Silva (2008)

3 | ESTUDO DE CASO

Nesta etapa de trabalho, a parte prática trará o exemplo de patologias desenvolvidas devido às negligências, principalmente, nas etapas de projeto, execução da construção e manutenções preventivas. Posteriormente a identificação dos problemas será mostrada uma solução para contornar as patologias encontradas. Também terá a comparação com a lei dos cinco mostrando os gastos que poderiam ser evitados se seguido às normas desde o início.

3.1 Descrição da obra

O caso prático apresentado relata o risco de desabamento do muro de um condomínio e o trabalho de reforço da estrutura para que a mesma possa continuar sendo utilizada em cumprimento com as suas funções. O caso fica localizado na cidade do Recife-PE, no bairro de Boa Viagem.



Figura 6 – Muro com risco de desabamento com área isolada.

Fonte: Autores (2016)

Foi verificada pelos moradores do condomínio e de moradias próximas a movimentação do muro quando o mesmo sofria pequenos esforços solicitados: a ação dos ventos e utilização dos moradores e funcionários, como escoro de algum objeto ou de seu próprio corpo.

Não houve problema em relação a utilização das dependências do edifício, apenas um pequeno espaço na parte interior e exterior foi interditado para evitar eventuais acidentes, caso o muro viesse a ruir.

4 | INVESTIGAÇÃO DO PROBLEMA

A análise para diagnosticar as patologias apresentadas pelo muro detectou vários problemas construtivos que levaram a este fim. Foram encontrados: pilares até certa altura do muro, um pilar concretado com madeira no lugar do aço, cobertura não conforme com a NBR 6118:2014 e a falta de uma cinta de amarração superior.



Figura 7 – Análise visual da estrutura corrompida.

Fonte: Autores (2016)



Figura 8 – Pilar concretado com madeira.

Fonte: Autores (2016)

As figuras acima demonstram os erros construtivos diagnosticados como causadores do problema, sendo eles erros de cobertura, erros em pilares e na cinta de amarração superior. No caso do cobertura, o local da construção é uma cidade litorânea, próximo ao mar e classificado com uma classe de agressividade III, ambiente marinho e risco de deterioração grande, segundo NBR 6118:2014. Assim, é possível detectar uma não conformidade do cobertura, que determina 40 mm para um pilar de concreto armado.

Em alguns pilares, foi encontrado um processo de deterioração maior, devido a corrosão de armaduras. Em um a perda de seção foi maior que 10% e foi recomendada a troca total para que o pilar pudesse se comportar de maneira devida. Outra situação

não conforme encontrada com os pilares, foi uma limitação do pilar. Todos só foram executados até a metade do muro, conversando com moradores antigos, foi possível descobrir que o crescimento foi feito para preservar a segurança dos moradores. Na figura 8, é possível perceber que a armadura usada para concretar, um pilar, foi a madeira. A avaliação da equipe indica que esse é o erro mais grave, devido à falta de conhecimento.

Como consequência da alteração do muro, sem consulta prévia com profissionais especializados, ficou inviável o processo de amarração completa: fundação nos pilares, pilares nas vigas baldrame, bloco cerâmico nos pilares e os pilares na viga superior (cinta de amarração).

5 | RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Após a descoberta dessa negativa vertente foi estudado algumas situações para a resolução do problema. Como a necessidade do reforço ficou evidente, a equipe de trabalho decidiu por aproveitar as sapatas isoladas, viga baldrame e os blocos cerâmicos. Todos eles estavam em um estado de conservação aproveitável. O trabalho a ser feito era de substituir os pilares com seções consumidas pela corrosão, elevá-los por todo o seguimento do muro e adicionar a estrutura uma cinta de amarração superior. Deixando assim toda a estrutura ligada e trabalhando monoliticamente, como ilustra a figura abaixo.

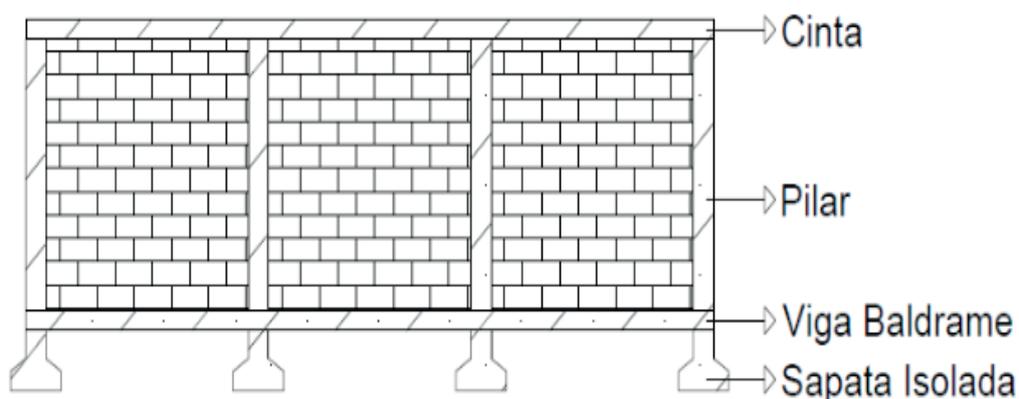


Figura 9 – Ilustração estrutural do muro recuperado

Fonte: Autores (2016)

Inicialmente foi detectado que apenas um pilar teve a seção consumida acima dos 10%, logo a sua substituição completa foi feita. Posteriormente a isso foi definido a maneira de emenda para armadura tracionada e foi adotado o método por transpasse que está descrito na NBR 6118:2014. No caso de emenda por transpasse de barras tracionadas, a emenda é feita pela simples justaposição longitudinal das barras num comprimento de emenda bem definido. A NBR 6118 (item 9.5.2) estabelece que a emenda por transpasse só é permitida para barras de diâmetro até 32 mm.

Tirantes e pendurais também não admitem a emenda por transpasse. As barras a serem emendadas devem ficar próximas entre si, numa distância não superior a 4ϕ . Barras com saliências podem ficar em contato direto, dado que as saliências mobilizam o concreto para a transferência da força.

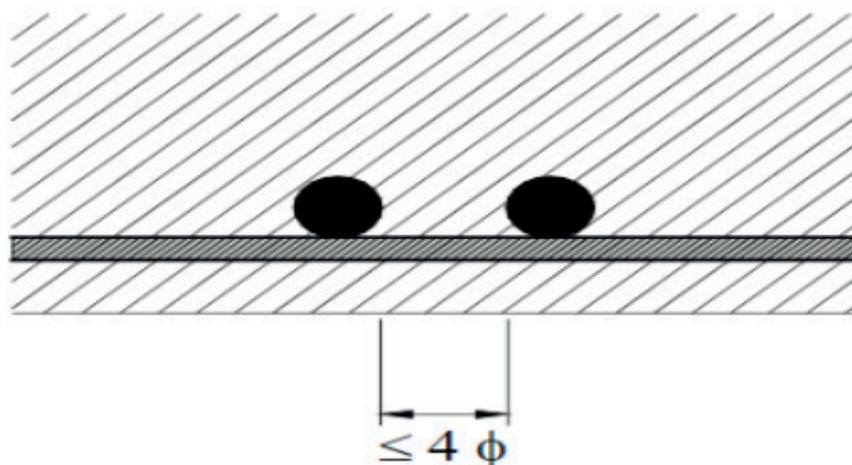


Figura 10 – Espaçamento máximo entre as duas barras emendadas por transpasse.

Fonte: Bastos (2015)

Para o pilar concretado com madeira, foi retirada toda a parte estrutural e refeita com a emenda da ferragem da viga baldrame. Após todo reforço e recuperação concluída, para finalizar o processo construtivo, foi efetuada a colocação da cinta de amarração superior.



Figura 11 – Reconstrução do pilar.

Fonte: Autores (2016)

Na fase de acabamento, foi usado o chapisco em todo o muro e a camada de argamassa massa única.

6 | CONCLUSÕES

De acordo com o que foi observado é possível inferir que a durabilidade das estruturas depende de no mínimo três fatores: projeto bem elaborado, execução bem feita e manutenção periódica. Caso esses fatores não sejam cumpridos, invariavelmente com o tempo toda construção apresentará defeitos. Se o problema acontece por ausência de manutenção preventiva, é bem possível que a gravidade seja menor do que em relação a uma defasada execução e/ou um projeto mal elaborado. Diante disso é preciso adotar uma cultura de um trabalho bem feito desde a implantação da ideia até a conservação de sua materialização.

Por tanto, esse artigo tem o objetivo de colaborar com a construção civil de forma a sugerir um método de recuperação para muros de condomínios residenciais que se encontrem em estados deploráveis, através do estudo de caso; e conscientizar pelo estudo e divulgação da lei dos cinco, a economia dos gastos estratosféricos que é possível ser feita com o cumprimento de cada fase corretamente.

Entretanto, é importante ratificar a necessidade da continuidade dos estudos para aperfeiçoamento de novas técnicas e conscientização de manutenção das estruturas, trazendo uma nova visão da construção civil através de métodos cada vez mais atualizados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738:2015 **Concreto Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739:2007 **Concreto – Ensaio de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7211:2009 **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2014 **Projetos de estruturas de concreto – procedimento**. Associação Brasileira de Cimento Portland. Rio de Janeiro, 2014.

ARANHA, P.M.S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

BASTOS, P.S.S. **Ancoragem e Emenda de Armaduras**. São Paulo, 2015. Apostila de aula, UNESP - Campus de Bauru/SP.

CARNEIRO, A. **Inspeção nas pontes da cidade do Recife**. Relatório Técnico – Prefeitura da cidade do Recife. Recife-Pe, 2004. 228p.

COSTA E SILVA, Â. J. **Método de gestão de obras de manutenção de fachadas**. São Paulo, 2008. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

HELENE, P. R. L., LEVY S. M. **Evolução Histórica da Utilização do Concreto como Material de Construção**. 2002.

HELENE, P. R. L. et al. **Inspeção e Diagnóstico dos Apoios e dos Blocos de Fundação da Ponte Paulo Guerra**. Relatório Técnico – Prefeitura da Cidade do Recife, Recife-PE, 2002.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª edição. São Paulo. PINI. 1992.

JOHN, V. M. **Durabilidade de materiais, componentes e edifícios**. Dissertação (Mestrado). CPGEC/UFRGS, Porto Alegre/RS, 1987.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Pini, São Paulo, 1994.

PEREZ, A. R.. **Manutenção dos edifícios. Tecnologia das Edificações**. PINI, São Paulo. 1988. p611-614.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço: Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**, 8ª edição. LTC.

RIBEIRO, D. V. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**, 1ª edição. CAMPUS.

SITTER, W. R. **Costs for Service Life Optimization the “Law of Fives”**. Comitê Euro International du Beton – CEB. Boletim Técnico. Copenhagen, Denmark, n. 152, p. 131 - 134, 1983.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**, 1ª edição. PINI.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenções e recuperação**. São Paulo: Editora Pini: IPT: EPUSP, 1989.

MÉTODOS E ENSAIOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DE PATOLOGIA ESTRUTURAL EM PILARES DE CONCRETO ARMADO COM BAIXA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Robson Viera da Cunha

Instituto Federal do Piauí, Teresina-PI, Brasil

Itallo Mahatan Danôa Lima

Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI

Delio Leal e Silva

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

Flavio César Fernandes

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

Danilo Lima da Silva

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

José de França Filho

Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI

RESUMO: O concreto na sua composição natural pode apresentar diversas propriedades que podem ser alteradas em virtude do tipo e quantidade dos componentes envolvidos. Para identificar tais propriedades é necessário que seja feito experimentos utilizando métodos e equipamentos específicos para determinada finalidade. A resistência à compressão é a característica mecânica mais importante do concreto. Os pilares de concreto armado, por desempenharem um papel muito significativo no equilíbrio do conjunto da estrutura e por estarem submetidos predominantemente a compressão, é muito importante o correto diagnóstico dos problemas encontrados, sendo assim, é imprescindível o uso dos mais diversos ensaios para que se conheça a causa que facilite na

melhor escolha da ação corretiva. Diante deste contexto, este trabalho tem a finalidade de fazer um estudo de caso para a obra Residencial Santa Thereza na cidade de Teresina - PI, com o objetivo de validar baixa resistência mecânica em pilares, constatada pelo ensaio de compressão, relatando o uso dos mais diversos métodos e recursos utilizados para auxiliar no diagnóstico e reabilitação, através dos ensaios de esclerometria, pacometria, resistência à compressão de corpos de provas submetidos à extração, ultrassonografia e módulo de elasticidade. Após análises e comparação dos resultados verificou-se que para todos os ensaios foi validado a resistência à compressão inferior à de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, ensaio e pilares.

METHODS AND TESTS USED FOR STRUCTURAL PATHOLOGY VALIDATION IN REINFORCED CONCRETE COLUMNS WITH LOW COMPRESSIVE STRENGTH

ABSTRACT: The concrete in its natural composition may present different properties that can be changed due to the type and quantity of the components involved. To identify such properties is necessary performing certain experiments using specific methods and equipment for a particular purpose. The

compressive strength is the most important mechanical feature of the concrete. The reinforced concrete columns, which play a very significant role in the set structure balance and are predominantly subjected to compression, make a correct diagnosis of the problems encountered very important, therefore, the use of various tests is essential for the knowledge of the cause to facilitate the best choice of corrective action. In this context, this work aims to make a case study for the Residencial Santa Thereza work in the city of Teresina - PI, in order to validate the low mechanical strength on columns, found by the compression test, reporting the use of the most various methods and resources used to aid in the diagnosis and rehabilitation, through the scratch tests, pacometry, compressive strength of bodies of evidence submitted to the extraction, ultrasound and elastic modulus. After analysis and comparison of the results it was found that for all tests was validated compressive resistance lower than that designed.

KEYWORDS: Concrete, essays and columns.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto é um material formado por cimento, agregados e água, sendo que em algumas vezes pode também ser composto por um outro elemento que são os aditivos, logo o defeito de um desses elementos possa influir, desfavoravelmente, sobre as características mais importantes do concreto: resistência mecânica, estabilidade e durabilidade.

As resistências mecânicas, a estabilidade e a durabilidade estão diretamente ligadas com a homogeneidade e a compactação e, estas duas características dependem da qualidade da dosagem do concreto e da adequada tecnologia empregada em sua fabricação e manejo (CÁNOVAS, 1988).

Dentre as manifestações patológicas em estruturas, a que merece destaque nesse estudo, são aquelas que afetam os pilares de uma determinada edificação. Os pilares estão predominantemente submetidos a esforços de compressão, sendo que a resistência à compressão simples, denominada f_c , é a característica mecânica mais importante do concreto.

Os problemas patológicos nos pilares assim como qualquer outro elemento estrutural podem ocorrer durante a execução em uma ou mais etapas da construção, no controle de qualidade das atividades, na escolha errada dos materiais, assim como na má interpretação ou compatibilização de projetos.

Fatores diversos podem afetar a integridade dos pilares, no entanto a descoberta da origem de uma determinada manifestação patológica facilita na escolha do diagnóstico adequado para tal situação.

O concreto na sua composição natural pode apresentar diversas propriedades que podem ser alteradas em virtude do tipo e quantidade dos componentes envolvidos. Para identificar tais propriedades é necessário que seja feito experimentos utilizando métodos e equipamentos específicos para determinada finalidade.

Os ensaios para o concreto no estado endurecido, visam avaliar a integridade e capacidade resistente da estrutura que, dependendo do tipo, podem ou não ser empregados em qualquer idade do elemento a ser ensaiado. São classificados em destrutivos e não destrutivos, onde os ensaios destrutivos causam danos a estrutura sem que venha a causar seu colapso e os ensaios não destrutivos não causam danos às estruturas, assim como também não provocam perda na capacidade de carga.

O objetivo desse trabalho é fazer um estudo dos diversos tipos de ensaio para o concreto endurecido com a finalidade de validar a baixa resistência à compressão, f_c , em pilares de concreto armado em uma determinada edificação, na cidade de Teresina – PI.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa parte inicial será feita uma validação da baixa resistência à compressão através de outros tipos de ensaios que tenham a mesma finalidade, para que seja confirmada a real necessidade do plano de ação para peças estruturais afetadas.

Para obra de estudo foi adotado pelo projetista um f_{ck} , resistência a compressão de cálculo, no valor de 30 Mpa, porém, pelo ensaio de compressão de corpos cilíndricos foram constatados valores inferiores ao de projeto, Tabela 1.

Na Tabela 1 abaixo é mostrado o número do lote de moldagem dos corpos de prova com seus respectivos valores da resistência à compressão. Para os pilares em estudo, P8 e P26, Figura 1, foram moldados e ensaiados corpos de provas correspondente ao lote 68, como está destacado em vermelho na figura abaixo.

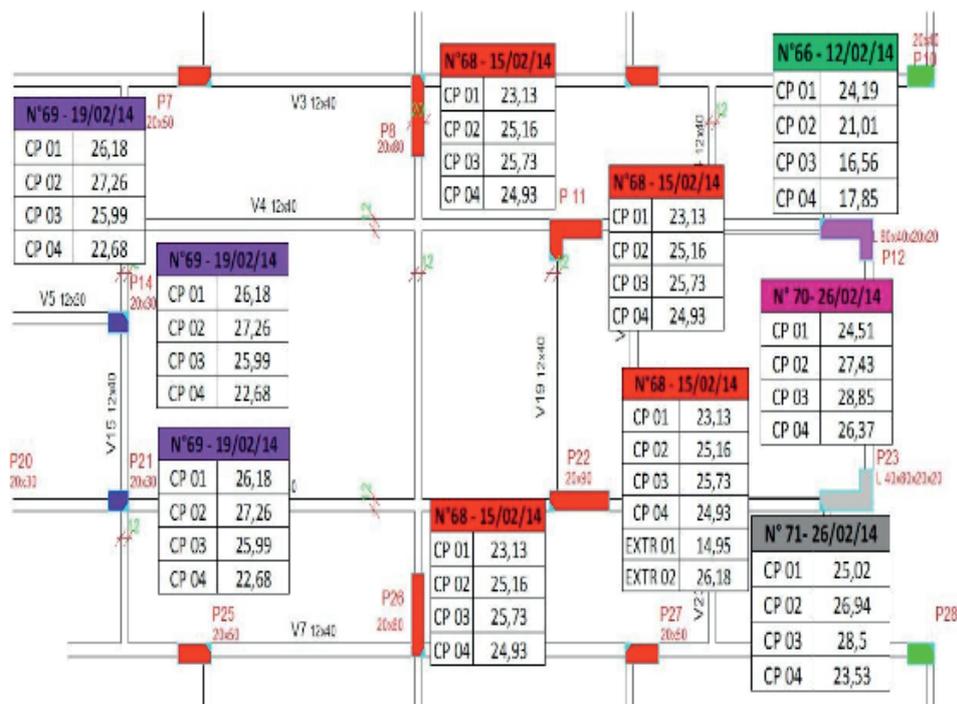


Figura 1 – Mapeamento de pilares afetados

Nº de corpo de prova	Resistência à compressão com 28 dias (Mpa)
CP 1	23,13
CP 2	25,16
CP 3	25,73
CP 4	24,93

Quadro 1 – Resultado do ensaio à compressão

Como é possível observar, a maioria dos pilares apresentaram valores de fck inferior ao valor adotado pelo projetista estrutural que seria de 30 MPA, baseado nesse mapeamento com numeração de lotes e datas de moldagem o próximo passo foi de reafirmar os resultados dos ensaios à compressão apresentando outros tipos de ensaios que tenha a mesma finalidade

2.1 Ensaios de validação da baixa resistência à compressão

2.2 Esclerometria

O início dos ensaios de validação se deu com o método não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto, ensaio esse denominado de esclerometria.

O aparelho para execução do experimento é da empresa Soiltest, modelo CT-320AM, Figura 2. Foi adotado pela empresa responsável pelo ensaio o valor de K, fator de correção da aferição do aparelho, de 0,97. Os pilares escolhidos para ensaio foram os pilares centrais e simétricos P8 e P26, apresentando a mesma dimensão transversal de 20 cm de largura e 40 cm de comprimento.

Como nossa peça estrutural em estudo trata-se de um pilar, a posição do aparelho para execução do ensaio é de 0°, zero grau. A posição do aparelho será útil para escolha da curva no gráfico que determina a resistência pelo índice esclerométrico efetivo (IEef).

Foi efetuado 9 (nove) leituras para cada pilar de estudo, sendo que cada leitura corresponde a um único impacto, obedecendo a distância mínima de 3 (três) centímetros para cada impacto.



Figura 2 – Esclerômetro

2.2.1 Pacometria

A pacometria vem com a finalidade de auxiliar na execução do ensaio de extração de corpos cilíndricos, na função de detectar ferros transversais e longitudinais do pilar, evitando assim corte de armadura. Usado para verificar a conformidade do executado com o projeto para que não comprometa os corpos de provas extraídos.

O pacômetro ou scanner de parede, utilizado para investigação de armaduras, é da empresa BOSCH D-TECT 150 com profundidade de detecção para ferros de armadura de 150 mm, Figura 3.



Figura 3 – Pacômetro

2.2.2 Extração de corpos de provas cilíndricos

Após a pacometria, estabelecido o local onde será feito a retirada dos corpos de provas, inicia-se a execução do ensaio de extração de corpos cilíndricos.

A sonda para extração é da marca MERAX com coroa e cálice de 6', podendo chegar a perfurar diâmetro máximo de 205 mm, dependendo da broca, coroa e cálice a serem utilizados, Figura 4.



Figura 4 – Sonda para extração de corpos testemunhos de concreto

Os pilares escolhidos para confirmação da baixa resistência à compressão são os mesmo que foram executados os ensaios de esclerometria, os pilares P8 e P26.



Figura 5 – Início da extração dos testemunhos cilíndricos

2.2.2.1 Determinação da resistência à compressão dos testemunhos cilíndricos

Os testemunhos cilíndricos retirados dos pilares para ensaio devem estar íntegros não apresentando falhas de concretagem, fissuras, segregações e isentos à presença de materiais estranhos, Figura 6.



Figura 6 – Testemunho cilíndrico impróprio para ensaio

Antes de caracterizar os corpos de prova, estes são cortados, utilizando retífica da empresa Belton Pneumáticos com serra diamantada dotada de refrigeração à água, regularizando os topos para que seja feita a correção da relação altura/diâmetro, retirada de materiais estranhos e obtenção de paralelismo entre os topos e sua ortogonalidade com as geratrizes, conforme Figura 7.



Figura 7 – Retífica de testemunhos cilíndricos

Os corpos cilíndricos foram rompidos conforme o estabelecido na ABNT NBR 5739, Figura 8, pela prensa servo-hidráulica e microprocessada da EMIC, para ensaio de concreto modelo PC200CS, capacidade máxima 200 ton, sendo determinada sua resistência de ruptura à compressão axial. Os resultados dos ensaios obtidos, identificados como $f_{ci,ext,inicial}$, são descritos na Tabela 2.

Nº do corpo de prova	$f_{ci,ext,inicial}$ (Mpa)
P8 X	19,28

P8 Y	18,19
P26 X	17,78
P26 Y	21,31

Quadro 2 – Resistência inicial à compressão dos testemunhos extraídos



Figura 8 – Preparação do ensaio à compressão dos testemunhos cilíndricos

Esses resultados foram corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4 e logo após a correção foi descoberto o $f_{ci,ext}$, ABNT NBR 7680.

O coeficiente k_1 está ligado à relação altura/diâmetro, quando $h/d = 2$ não se aplica, o resultado deve ser corrigido, sendo usado o coeficiente na Tabela 3.

Como houve a correção das dimensões dos corpos de prova, através da retifica, Figura 7, para os quatro testemunhos cilíndricos a relação altura/diâmetro foi igual a 2 (dois), não foi necessário a correção quanto o coeficiente K_1 .

Para o coeficiente K_2 , deve ser considerado o efeito do broqueamento, que é em função do diâmetro do testemunho, quanto menor for o diâmetro o efeito é considerado maior. O efeito deve ser corrigido conforme Tabela 4.

Diâmetro do testemunho (dt) mm	≤ 25	50	75	100	≥ 150
K2	NÃO PERMITIDO	0,12	0,09	0,06	0,04

Quadro 3 – Valores de K_2 em função do efeito de broqueamento

Como o diâmetro dos corpos cilíndricos é próximo de 100 milímetros, será adotado o coeficiente K_2 igual a 0,06.

O responsável pela extração deve informar ao laboratório de ensaio sobre a direção de extração com relação ao lançamento do concreto. Os corpos de provas

devem ser ensaiados no sentido do lançamento do concreto. No caso dos pilares, que é nossa peça estrutural de estudo, a extração é no sentido perpendicular ao lançamento, logo deve-se adotar $k_3 = 0,05$.

O coeficiente k_4 está diretamente ligado ao efeito da umidade. Como os testemunhos foram rompidos saturados, mantido numa câmara úmida, foi adotado $k_4=0$.

Todos os coeficientes de correção são descritos na, Tabela 5.

Coeficiente	Valor de correção
K1	0
K2	0,06
K3	0,05
K4	0

Quadro 4 – Valores dos coeficientes de correção

O resultado individual para cada testemunho, corrigido pelos coeficientes, são encontrados pela equação:

$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext, inicial} \quad (1)$$

2.2.3 Ultrassonografia

O ensaio de ultrasson é um ensaio não destrutivo para determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais, obtidas por pulsos ultra-sônicos, através de um componente de concreto, e tem como principais aplicações: verificação da homogeneidade do concreto, detecção de eventuais falhas internas de concretagem.

A aparelhagem necessária para ensaio é de um circuito gerador-receptor, que é um aparelho de pulso elétrico de baixa frequência ultrassônica, com alta estabilidade e precisão de leitura de pelo menos $0,1 \mu s$ e um transdutor-emissor, aparelho que possibilita a transformação do pulso elétrico em onda de choque numa faixa de 24 kHz a

500 kHz e um transdutor-receptor, Figura 9, que é um aparelho que possibilita a transformação da onda de choque em pulso elétrico, com amplificação adequada ao circuito gerador-receptor, assim como relata a NBR 8802.



Figura 9 – Ultrassonografia de corpos de provas e concreto

2.2.4 – Ensaio de módulo de elasticidade

O conhecimento do módulo de elasticidade do concreto, onde o valor numérico está relacionado ao módulo de deformação tangencial inicial (E_{ci}), possibilita o atendimento às exigências do projeto estrutural, com intuito de inferir o módulo de deformação em tensões usuais de projeto através de aproximações previstas nas normas técnicas.

O equipamento utilizado para ensaio foi a prensa servo-hidráulica e microprocessada da EMIC, para ensaio de concreto modelo PC200CS, capacidade máxima 200 ton e extensômetro mecânico EMIC.



Figura 10 – Extensômetro elétrico

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Esclerometria

A Figura 11, mostram os resultados das respectivas leituras dos índices esclerométricos do pilar 8 para quantidade de 9 (nove) impactos.

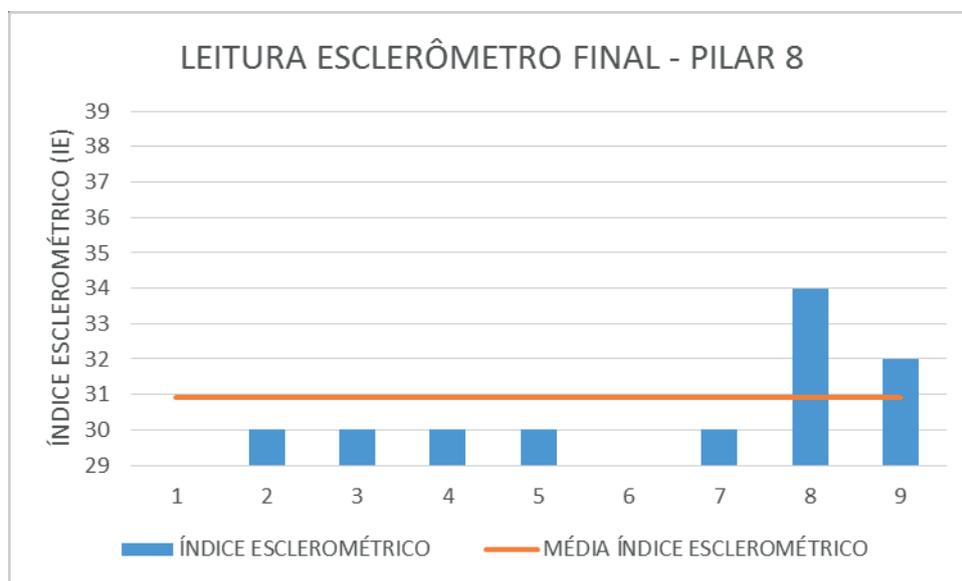


Figura 11 – Leitura dos índices esclerométricos remanescentes do pilar 8

No pilar 26, para a média aritmética, com os impactos remanescentes, tem-se o seguinte resultado, Figura 12 e Tabela 6.

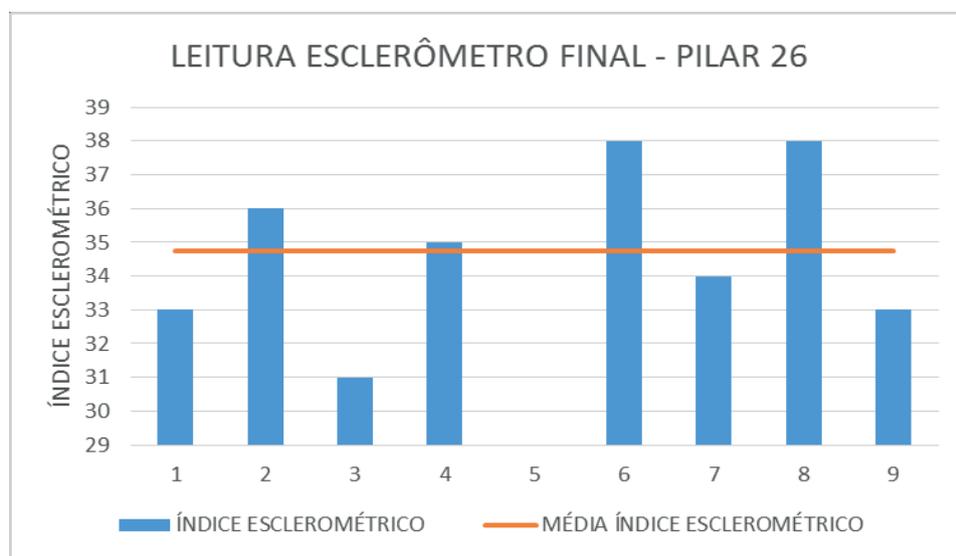


Figura 12 – Leitura dos índices esclerométricos remanescentes do pilar 26

Como a média final, para os dois pilares, não diferiu em 10% da média inicial, esse ensaio é válido para que se possa encontrar o índice esclerométrico médio.

Logo após encontrar o índice esclerométrico médio dos pilares, o próximo passo é encontrar o índice esclerométrico efetivo adotando o K, fator de correção da aferição

do equipamento, de 0,97.

Índice esclerométrico efetivo para o pilar 8:

$$IE_{ef} = 0,97.30,9$$
$$IE_{ef} = 29,97$$

(2)

Índice esclerométrico efetivo para o pilar 26:

$$IE_{ef} = 0,97.34,75$$
$$IE_{ef} = 33,7$$

(3)

Com o resultado do IE_{ef} , índice esclerométrico efetivo, utilizar a curva, adotando a posição do aparelho a 0° , e enfim encontrar a resistência à compressão dos pilares ensaiados, Tabela 6.

Pilar	IE_{ef}	Resistência à compressão (Mpa)
P8	29,97	23,46
P26	33,70	28,87

Quadro 5 – Resistência à compressão

Como é possível observar, de acordo com a Tabela 6, os valores resultaram baixa resistência à compressão para as peças estruturais em função da dureza ao choque para ensaios com uso do esclerômetro.

3.3 Extração de corpos testemunhos

Para os corpos testemunhos extraídos, tem-se os resultados da resistência à compressão inicial ($f_{ci,ext,inicial}$) e da resistência à compressão corrigida ($f_{ci,ext}$), modificada pelos coeficientes, com intuito de corrigir as interferências nos resultados obtidos dos ensaios de resistência de testemunhos extraídos.

O valor da resistência à compressão corrigida ($f_{ci,ext}$), é obtida pela expressão:

$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext,inicial}$$

(4)

Tendo o valor dos coeficientes de correção e da resistência à compressão inicial ($f_{ci,ext,inicial}$) o próximo passo é encontrar o valor de ($f_{ci,ext}$) para cada

corpo de prova.

Na Figura 13 é detalhada os valores das resistências iniciais e corrigidas.

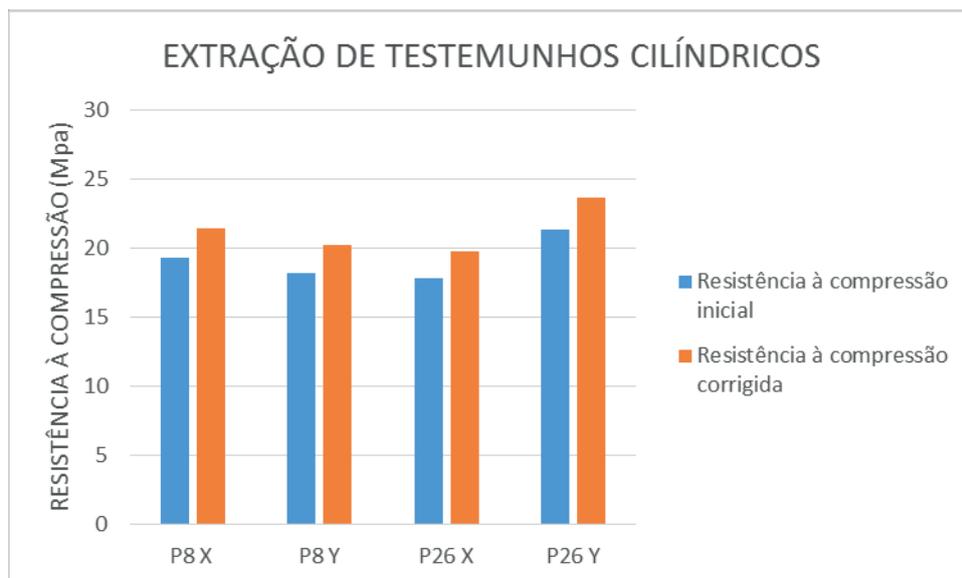


Figura 13 – Resistência à compressão de testemunhos cilíndricos

De acordo com os resultados da resistência à compressão dos corpos testemunhos extraídos, foram constatados valores inferiores à f_{ck} de 30 Mpa.

3.4 Ultrassonografia

Com intuito de verificar a integridade e homogeneidade dos corpos testemunhos extraídos, o ensaio não destrutivo de ultrassonografia forneceu dados conforme Tabela 7.

Nº do CP	Velocidade (m/s)	$f_{ci,ext,inicial}$ (Mpa)
P8 X	3946	19,28
P26 X	4072	17,78

Quadro 6 – Velocidade do pulso magnético para os testemunhos em estudo

Segundo Popovics (2008), a velocidade de pulso para um concreto comum está entre 3.700 m/s a 4.200 m/s, parâmetro de velocidade que garante a integridade e homogeneidade do testemunho cilíndrico de concreto. Para os testemunhos em estudo, Tabela 7, as velocidades do pulso alcançadas, os comprovam aptos para os ensaios quanto ao módulo de elasticidade e resistência à compressão.

3.5 Módulo de elasticidade

A Figura 14 mostra os resultados do módulo de elasticidade e de resistência à compressão para cada corpo de prova. As denominações para esta mesma

figura de CP1, CP2, CP3 e CP4 correspondem respectivamente aos corpos de provas extraídos: P8X, P8Y, P26X e P26Y. Ao elevar a carga até a ruptura obtém a resistência efetiva ($f_{c,ef}$). O primeiro corpo de prova ensaiado quanto a resistência à compressão (f_c), CP1, é o parâmetro para os demais.

Corpo de Prova	Resistência Efetiva (MPa)	Modulo de Elasticidade (GPa)
CP 1	19.28	*
CP 2	18.19	18.5
CP 3	17.78	18.8
CP 4	21.31	19.5
Número CPs	4	3
Média	19.14	18.91
Mediana	18.73	18.77
Desv.Padrão	1.580	0.5025
Coef.Var.(%)	8.258	2.657
Mínimo	17.78	18.50
Máximo	21.31	19.47

Figura 14 – Resultado do ensaio de módulo de elasticidade

Como é possível perceber, nenhuma das resistências efetivas ($f_{c,ef}$) difere em mais de 20% da tensão de ruptura de referência (f_c), comprovando assim, segundo a ABNT NBR 8522, a validade do ensaio, Figura 14.

O módulo de elasticidade médio, demonstrado pela Figura 14, foi de 18,91 Gpa e que segundo NBR 6118, para um concreto com idade igual ou superior a 28 dias e f_{ck} de 30 Mpa, o valor do módulo de elasticidade estimado em função do f_{ck} do concreto seria de 27 Gpa.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados dos ensaios de validação mostrado neste trabalho, foi possível confirmar a baixa resistência à compressão do concreto para os pilares da obra em estudo. Para todos os ensaios foram constatados a resistência à compressão do concreto inferior ao proposto pelo projeto estrutural. O módulo de elasticidade, sendo em função do f_{ck} , conseqüentemente apresentou valor abaixo do ideal, confirmando mais uma vez a necessidade de um plano de ação voltado à reabilitação estrutural dos pilares analisados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

Almeida, I.M.F. (2008) *Caracterização de Patologias*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 6118. *Projeto de estruturas de concreto*. Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 7680. *Concreto – extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto*. Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8522. *Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão*. Rio de Janeiro, 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 8802. *Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica*. Rio de Janeiro, 2013.

Cánovas, M. F. *Patologia e Terapia do Concreto Armado*. 1 ed. Tradução de M. C. Marcondes, C. W. F. Dos Santos, b. Cannabrava. São Paulo: ed. Pini, 1988. 522p.

Popovics, J. S. A study of static and dynamic modulus of elasticity of concrete. University of Illinois, urbana, il. Aci-crc final report. 2008.

Souza, V. C., Ripper, T. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. 1 ed. São Paulo: ed. Pini, 1998. 255 p.

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO

Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

Pablo Luiz Oliveira Aguiar

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

Centro Universitário Santo Agostinho
Teresina-Piauí

RESUMO: Baseado em uma pesquisa de campo, o estudo explana as irregularidades no processo de fabricação e execução do pavimento intertravado, justificando as imperfeições que surgem aos mesmos e o motivo de não cumprir sua função de ser durável e resistente. O trabalho mostra e explica o porquê da aparição de manifestações patológicas no pavimento intertravado, definindo ações que sejam capazes de diminuir ou resolver os problemas encontrados. Nas visitas técnicas realizadas para respaldar o trabalho, que compreende da estocagem da matéria-prima até a fabricação do produto final aplicado, no caso, o pavimento assentado pronto para o uso, constatou-se que as anomalias ocorrem por suscetíveis erros em todas as etapas da confecção desse tipo de pavimento. O trabalho apresenta as principais manifestações patológicas que acometem tanto

as unidades dos blocos como o pavimento de uma forma geral, de cunho estrutural e estético, e sugere para essas inconformidades suas respectivas soluções, tendo como principais sugestões o controle de água na mistura do concreto, o emprego de uma matéria-prima livre de impurezas, método de cura mais eficaz, respeitar a espessura da base e tipo de areia estabelecido por norma no assentamento e rejuntamento dos blocos.

PALAVRAS-CHAVE: patologias, pavimentos intertravados, *pavers*, concreto.

PATHOLOGY IN INTERLOCKED PAVEMENTS: FABRICATION AND LAYING

ABSTRACT: Based on a field research, the study explains the irregularities in the process of fabrication and execution of the interlocked pavement, justifying the imperfections that appear to the same and the reason of not fulfilling its function of being durable and resistant. The work shows and explains the reason for the appearance of pathological manifestations in the interlocked pavement, defining actions that are capable of reducing or solving the problems encountered. In the technical visits carried out to support the work, which comprises from the storage of the material for the manufacture to the final product in case the pavement set up

ready for the use, it was verified the anomalies occur for susceptible errors that occur in all the steps of the making of this type Of pavement. The work presents the main pathological manifestations that affect both the units of the blocks and the pavement in a general way, structure and aesthetic, and suggests for these nonconformity their respective solutions, having as main suggestions the control of water in the mixture of concrete, Have a raw material free of impurities, more effective curing method, respect base thickness and sand typing established by standard in the laying and grouting of blocks.

KEYWORDS: pathologies, interlocking pavements, pavers, concrete.

1 | INTRODUÇÃO

A origem do pavimento feito a partir de pedras justapostas foi iniciado pelos habitantes da ilha de Creta, na Grécia, cerca de 3.000 a.C. Já, naquela época, se utilizavam pedras justapostas apoiadas sobre camada de areia, para facilitar a fixação e acomodação dos elementos na construção de caminhos, segundo Fernandes (2015, p.18). Naquele tempo utilizavam-se apenas pedras e logo depois pedras talhadas, atualmente são utilizados blocos pré-moldados de concreto.

De acordo com a NBR 9781(2013), o pavimento intertravado é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base, seguido por camada de revestimento, constituída por peças de concreto justapostas, sem uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento. O intertravamento do sistema é proporcionado pela transmissão da carga ou parte dela para a peça vizinha através do atrito lateral entre as peças e também pela contenção.

Na cidade de Teresina-PI podem ser observadas ao longo da cidade várias obras de requalificação urbana e ambiental de espaços que estavam em mau estado de conservação, onde nessas requalificações está sendo feito o uso de pavimentos intertravados, por uma mais fácil execução e manutenção, contendo assim um maior custo/benefício.

Assim como toda estrutura de concreto, o pavimento intertravado está sujeito ao acometimento de manifestações patológicas. De acordo com a etimologia da palavra, patologia vem do grego (*pathos* – doença e *logia* – ciência, estudo) e significa “estudo da doença”. Ao levar esse conceito à construção civil temos o estudo dos danos que são causados às estruturas, sendo que estes podem se manifestar de diversas formas e ter causas variadas.

O objetivo deste trabalho é apontar os defeitos e as possíveis soluções que afetam o pavimento intertravado, sejam elas oriundas de materiais de baixa qualidade utilizados na fabricação, falta de controle tecnológico durante a fabricação ou uma má execução.

2 | JUSTIFICATIVA

Para Fernandes (2015, p.27), existem no mundo mais de 100 modelos de pavers, com diversas finalidades e aplicações. Além de ser utilizado como pavimentação de ruas, pode também ser aplicado a pisos ecológicos que possibilitam a utilização em consórcio com a grama, e os pisos com finalidades específicas como os permeáveis, drenantes, segregadores de tráfego, orientação para deficientes visuais, entre outros. A necessidade de pavimentos mais duráveis e resistentes, com uso diversificado, e que fossem de fácil aplicação e manutenção impulsionaram a produção em massa de blocos de pavimentos intertravados.

T&A BLOCOS E PISOS (2004) afirma que a busca pela racionalização dos processos construtivos, visando redução de custos e garantia da qualidade, tem sido uma constante entre as empresas construtoras brasileiras. Essa redução de custo é bem visível quando se fala que o pavimento pode ser desmontado e remontado a custo baixíssimo e tendo o reaproveitamento dos blocos na escala de 95% a 100%.

A produção em massa dos blocos se dá por suas várias vantagens e por ter vários processos de fabricação. Dentre esses processos, o mais utilizado a nível mundial e que tem melhor desempenho estético que se aplica a esse produto é o processo de vibro prensagem, no entanto, em contra partida é o que apresenta a maior possibilidade de inconformidades, sendo necessários maiores cuidados.

A fim de diminuir as anomalias deve haver, de forma criteriosa, avaliações de cada etapa do processo, que vai da escolha do material dos blocos utilizados nesse tipo de pavimento ao produto final que é o pavimento intertravado.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Como exposto acima, o pavimento intertravado está suscetível ao aparecimento de anomalias, as quais podem interferir em características desejáveis desse tipo de pavimentação, como a durabilidade, resistência, estética, dentre outras. Sabendo-se disso, para a identificação dessas características indesejadas, foi feito um estudo de campo em três fábricas de pavers, em três obras de requalificação urbana em que se encontrava a aplicação dos pavers e em uma calçada que apresentava os defeitos depois de curto período após o assentamento.

A identificação das inconformidades foi realizada através da observação das peças e condições de assentamento, propiciada pelo estudo de campo, bem como o uso de fotografias e amostragem de peças, para melhor avaliação e com a ajuda de explicações feitas por engenheiros que se faziam presentes nos lugares visitados no estudo de campo.

Com a finalidade de chegar à ideia central deste trabalho, que é a identificação das causas e as possíveis soluções, a execução do estudo de campo fundamentou-se em 3 etapas e cada uma com seus respectivos passos:

3.1 Fase de Fabricação

1º passo: verificar as condições de estocagem dos constituintes do concreto;

2º passo: observar se há a presença ou não do controle de água utilizada na mistura do concreto;

3º passo: coletar informações sobre a estocagem das peças prontas e seu processo de cura;

4º passo: observar o bloco e verificar se há presença de fissuras, matéria orgânica na peça, se há falhas no adensamento com presença de ninhos e vazios;

3.2 Fase de Aplicação dos *Pavers*

1º passo: verificar se a espessura da camada de assentamento atende a NBR 15953:2011, com a dimensão de 5 cm com tolerância de ± 2 cm.

2º passo: verificar se o espaçamento de juntas atende a NBR 15953:2011, com espaçamento que varia de 2 mm a 5 mm.

3º passo: observar se o rejuntamento e compactação são feitos de maneira correta, obedecendo a NBR 15953:2011.

3.3 Fase Pós-Aplicação (considerar o curto período após a aplicação completa dos pavers)

1º passo: atentar se as juntas estão preenchidas com areia, com a profundidade aceitável estabelecida por norma e verificar se há outros materiais que não seja areia nas juntas.

2º passo: verificar se não há nenhum vazamento da areia de assentamento através de imperfeições na contenção do pavimento.

3º passo: observar se os blocos mantêm o alinhamento/nivelamento.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho foi realizado a partir de visitas realizadas em 3 fábricas de pré-moldados, em 3 obras de aplicação do pavimento intertravado e em passeios públicos e estacionamentos que apresentavam patologias. As fábricas e as obras visitadas possuíam engenheiros responsáveis pela produção e aplicação, respectivamente.

4.1 Manifestações patológicas encontradas

Com os resultados obtidos a partir das análises das visitas e fotografias realizadas, foi possível notar variados tipos de manifestações patológicas, com casos em que dificultava o passeio público. As anomalias identificadas se apresentaram em diferentes momentos do processo produtivo, umas, logo após a fabricação e outras após o assentamento, são elas: fissuras, bolhas, ninhos ou vazios, eflorescência, afundamento do pavimento, rejuntamento desgastado, contenção quebrada ou malfeita.

4.1.1 Fissuras

As fissuras encontradas nos *pavers* podem acontecer em dois momentos, o primeiro é logo em seguida à desforma, que segundo Fernandes (2015, p.176) é causada geralmente por sobras de material que ficam da prensagem anterior (Figura 1a), pois ao ficar no fundo da forma, o novo molde se apoia sobre esse resto de concreto gerando uma rebarba e no momento da desforma essa rebarba sobe raspando a parede do bloco, causando uma tração que é responsável por esse tipo de fissuração (Figura 1b).

No segundo momento a fissura pode ocorrer por uma cura malfeita, onde a cura utilizada na fábrica é através da molhagem com mangueira, que é realizada por um período menor que o indicado, assim gerando um esfriamento do bloco e conseqüentemente uma retração que supera a resistência mecânica, gerando a fissura (Figura 1c).

Como esta fábrica é situada em Teresina, tem-se mais um agravante, as altas temperaturas, que provocam uma maior dilatação na peça, com isso uma maior retração e uma maior tração.

Possíveis soluções:

- Limpar a superfície da forma a cada ciclo de prensagem;
- Uso de lonas durante a cura, para diminuir influência da temperatura e perda de água excessiva;
- Ter o controle de água durante a mistura;

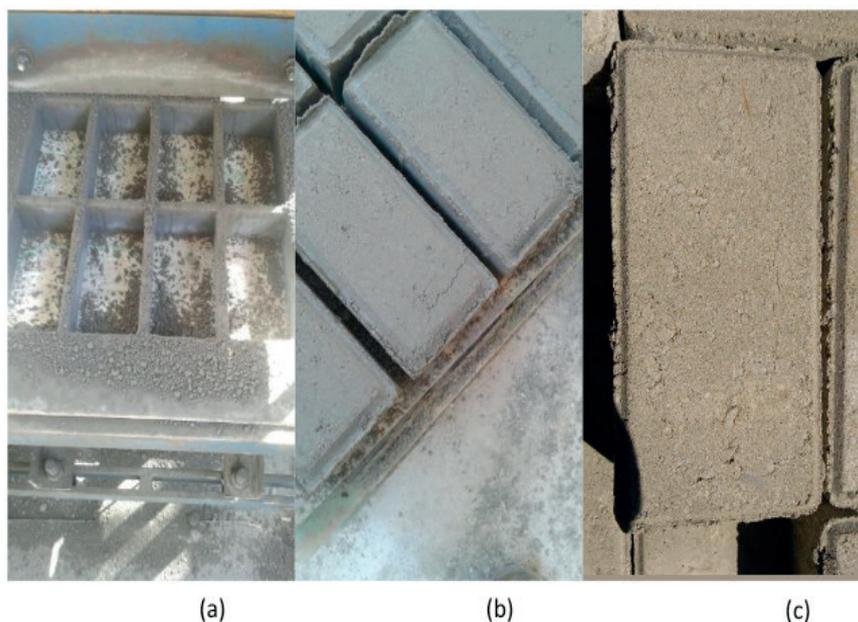


Figura 1 – Mostra as sobras de material de um ciclo para o outro (a); mostra as fissuras que surgem logo após o desmolde e as rebarbas deixadas (b) e fissura provocado durante o processo de cura (c).

Fonte: Autor

4.1.2 Bolhas

Seguindo Bauer (2013, p.267) o ar pode ser encontrado envolvido pela pasta, sob a forma de bolhas ou em espaços interligados. As bolhas (Figura 2) são oriundas do excesso ou insuficiência de vibração, onde o excesso faz com que migre uma camada de argamassa à superfície e a insuficiência impede que o ar preso saia. Uma possível causa poderia ser o uso de desmoldante mineral, que o caso da fábrica visitada em questão, pois seu uso pode gerar uma película oleosa na superfície, impedindo que o ar saia e ao secar vai restar uma bolha.

Bauer (2013, p.269) diz que quando o teor de água está acima da quantidade de ar dos vazios, os espaços preenchidos por ar ficam cercados por água, onde há uma tendência de penetração nas cavidades, o que aumenta a pressão do ar, que se opõe a tensão superficial. Essas duas forças, ao se equilibrarem, a cavidade cheia de ar torna-se esférica.

Possíveis soluções:

- Utilizar o tipo de vibração mais indicado, com o tempo correto;
- Melhorar a dosagem de finos na mistura;
- Adequar o uso de desmoldantes;



Figura 2 – Bolhas na superfície dos pavers.

Fonte: Autor

4.1.3 Ninhos ou vazios

Os ninhos ou vazios (Figura 3) são descontinuidades e espaços deixados no concreto, gerando um ponto fraco na estrutura e sendo porta de entrada para agentes agressivos. Ao ser utilizada a quantidade de concreto insuficiente e não preencher por completo a forma, um mal adensamento e espaços deixados pela evaporação da água, são fatores que influenciam a criação desses ninhos.

Possíveis soluções:

- Preenchimento total da forma;
- Adensar de forma correta;
- Controle de água na mistura e cura.



Figura 3 – Ninhos causados por falha de concreto

Fonte: Autor

4.1.4 Eflorescência

Na maioria das vezes é causada pelo carbonato de cálcio, formado através da reação do dióxido de carbono, presente no ar, com o hidróxido de cálcio liberado na reação de hidratação do cimento. Nessa reação, o cimento libera cal no interior, durante a cura, a qual é feita ao ar livre, as peças ficam expostas à chuva e ao sol e a vários ciclos de molhagem e secagem, pertinentes ao próprio processo de cura.

Com a porosidade do concreto, a água intrínseca à peça, carrega para a superfície, levando junto a cal liberada na hidratação do cimento. Pelo fato de a água evaporar, de forma residual, a cal fica na superfície da peça e reagindo com o oxigênio presente no ar, transforma-se em carbonato de cálcio, aparecendo assim, a eflorescência (Figura 4).

A ocorrência da eflorescência é agravada com o processo de cura, através de molhagem ao ar livre.

Possíveis soluções:

- Utilizar procedimentos de cura que evitem a precoce evaporação de água;

- Usar CPIII (Alto-forno) ou CPIV (Pozolânico);
- Usar adições no concreto com metacaulin ou sílica ativa, por exemplo;
- Evitar contato com a umidade intensa após a cura.



Figura 4 – Eflorescência
Fonte: Autor

4.1.5 Afundamento do pavimento

O afundamento desse tipo de pavimento pode surgir de motivos simples, como aterro mal compactado, o solo não suporta a carga aplicada, carreamento da areia de assentamento para fora da contenção, camada de areia menor que a especificada por norma (min. 5 cm).

Existem dois tipos de afundamentos: o afundamento pata de elefante, onde a parte que afunda é em formato circular (Figura 7a) ou pode ocorrer o afundamento na trilha de roda, recebe esse nome pelo formato linear e lembra a uma marca de pneu (Figura 7b).

A ocorrência desse afundamento pode levar ao desarranjo do pavimento, com o afastamento dos blocos, podendo gerar deslocamentos individuais na horizontal, vertical ou de giração. Em casos mais graves, os blocos ficam soltos da pavimentação (Figura 7c).

Possíveis soluções:

- Realizar uma sondagem, para verificar a resistência do solo natural;
- Seguir as cotas e condições da camada de assentamento que a norma es-

tabelece;

- Verificar se as contenções não possuem nenhum tipo de vazamento da camada de assentamento.



Figura 5 – Patologia do tipo afundamento pata de elefante (a); Patologia do tipo afundamento trilha de roda (b) e Patologia com afundamento pata de elefante agravado.

Fonte: Autor

4.1.6 Rejuntamento desgastado

O rejunte é o espaçamento que fica entre um paver e outro, com espaçamento mínimo de 2 a 5 mm, de acordo com a NBR 15953:2011, o qual deve ser preenchido com material de granulometria estabelecida por norma. O rejuntamento é de extrema importância, pois trabalha em conjunto com a contenção, realizando o intertravamento do pavimento, tendo ainda a função de drenagem de água da chuva ou de outras origens, para que não haja o seu empocamento. Faz-se necessário sempre passar por manutenção, pois a areia de rejuntamento sai com facilidade, ficando assim suscetível a ser preenchido por outros materiais que venham a obstruir a passagem da água, e impedir a drenagem do pavimento, fazendo surgir poças d'água que podem contribuir com o surgimento de outras patologias (Figura 6b).

Possíveis soluções:

- Realizar manutenções periodicamente, para recolocar a areia de rejuntamento que se perde, seja pelo vento, chuva, calçado de pedestres ou pela ação do tráfego;
- Indicar a espessura do rejuntamento de acordo com a norma;

Indicar materiais com granulometria de acordo com a norma;

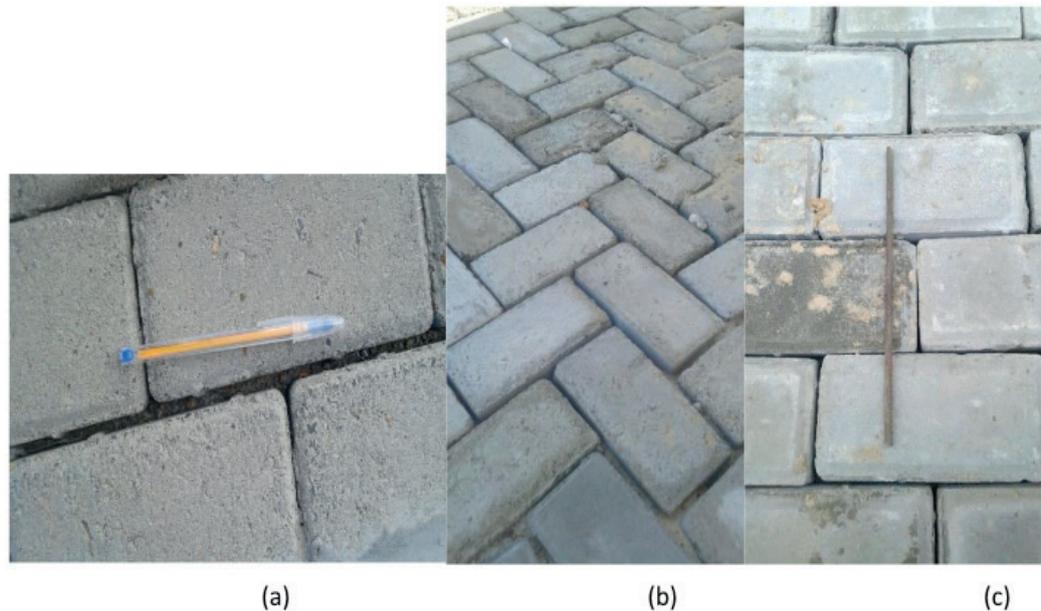


Figura 6 - Mostrando o rejuntamento bastante espaçado, com referência a partir da caneta, e sem areia (a); mostrando o rejuntamento bastante espaçado superando limite de norma sendo preenchido por materiais que não fazem parte do rejuntamento e sem areia (b) e espaçamento malfeito com base na bitola do ferro – 8 mm (c).

Fonte: Autor

4.1.7 Contenção lateral quebrada ou malfeita

A contenção lateral é uma das principais estruturas que compõe o pavimento intertravado, pois é responsável pelo intertravamento das peças. Ao haver a quebra ou desafixação desta contenção, pode ocorrer o carreamento da areia de assentamento, levando ao deslocamento das peças, abertura das juntas, fazendo com que a areia de rejuntamento saia, tirando a capacidade de intertravamento (Figura 7). Patologias que venham a acometer a contenção lateral, prejudicam toda a estrutura do pavimento, logo se houver o rompimento dessa estrutura, o problema deve ser resolvido o quanto antes.

Possíveis soluções:

- Colocar peças que resistam aos esforços solicitados;
- Vedar totalmente a contenção para que não haja fuga da areia;



Figura 7 – Contenção lateral quebrada

Fonte: Autor

4.2 Generalidades

Além dos vários fatores mostrados, há outros que podem influenciar na qualidade do pavimento intertravado, e prejudicar o seu desempenho, como por exemplo, as condições em que se encontra estocada a matéria-prima para a confecção do concreto. Em uma das fábricas visitadas, o cimento não estava acomodado da maneira correta, pois encontrava-se em contato direto com o solo e com a parede. Já os agregados, estavam armazenados a céu aberto, em contato direto com o solo e misturados com outros materiais. (Figura 8, 9 e 10)

Conhecido também como baias, os locais destinados à estocagem do material, devem estar regularizados conforme a NBR 12655:2006, no item 5.3.2, onde o depósito destinado ao armazenamento dos agregados deve ser feito de tal maneira que seja evitado o contato com o solo e que não ocorra a contaminação com outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto.



Figura 8 – Mistura entre areia fina e seixo.

Fonte: Autor



Figura 9 – Mistura entre seixo e areia grossa

Fonte: Autor



Figura 10 – Mistura entre areia grossa e brita

Fonte: Autor

5 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através desse estudo se fizeram convincentes, apresentando as patologias que afetam o pavimento intertravado bem como suas possíveis soluções para que o mesmo mantivesse suas características principais.

Para solucionar problemas de mobilidade urbana, revitalização de praças e parques e ter um piso tátil integrado ao pavimento, para facilitar a mobilidade de deficientes visuais, verificou-se os problemas que atingem os pavers de forma individual e no conjunto da parte da fabricação, até a aplicação, para obter as melhores soluções, seguindo as normas que regem essa pavimentação.

A possível utilização de um controle de qualidade na fabricação das peças, além de otimizar a produção, teria como resultado pavers com melhores características, tanto estéticas quanto de resistência mecânica. A maior frequência de manutenção também é um fator determinante na durabilidade desse tipo de pavimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781: Peças de Concreto para Pavimentação – Especificação e método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

_____. NBR 15953: Pavimento intertravado com Peças de Concreto – Execução. Rio de Janeiro, 2011.

BAUER, L.A.F. *Materiais de Construção*. 5.ed. Rio de Janeiro: LCT, 2015

FERNANDES, I. *Blocos e Pavers: Produção e Controle de Qualidade*. 6.ed. São Paulo: Treino e Acessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2015

T&A BLOCOS E PISOS. Manual Técnico de Piso Intertravado de Concreto. Fortaleza, 2004

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia de Pernambuco
Recife-PE

Edjanissa Kettilan Barbosa da Silva

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Monteiro-PB

Adri Duarte Lucena

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia da Paraíba
Monteiro-PB

RESUMO: Há uma grande necessidade no mercado da construção civil em praticar inspeções nas edificações, que devem ser realizadas constantemente e contribuem na geração de um panorama da situação quanto às questões patológicas nas estruturas. As metodologias de inspeção vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de implantar processos de vistoria para manutenção periódica em estruturas, priorizando preliminarmente as possíveis intervenções necessárias nas patologias presentes na obra. Nesse contexto, essa pesquisa foi empreendida na edificação pública de ensino, a Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos, no município de Sertânia/PE, com o intuito de explorar nessa área, as principais manifestações patológicas, como

fissuras, manchas, recalques, eflorescências etc, contribuindo com o mapeamento dos problemas, observando a gravidade destes, as formas de prevenção e incentivando a prática de inspeções regulares. Foram realizados diversos registros fotográficos, bem como, uma pesquisa minuciosa em obras literárias e artigos acerca do tema. No mapeamento das manifestações detectou-se um número maior de eflorescências e fissuras em relação às outras patologias encontradas na edificação. Essas anomalias não comprometem a parte estrutural ainda, mas, caso não haja uma intervenção em certo período de tempo, poderão comprometer a segurança do edifício e de pessoas que ali se encontram diariamente.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil; Edificações; Patologia; Inspeções.

PATHOLOGIES IN THE STRUCTURE OF THE STATE TECHNICAL SCHOOL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

ABSTRACT: In the construction market, it is very important to carry out inspections in buildings on a regular basis because regarding pathological issues in structures, these inspections contribute to the generation of an overview of the situation. Inspection methodologies are being developed with the objective of implanting inspection processes for periodic maintenance

in structures, prioritizing preliminarily the possible interventions in the pathologies found in the work. In this context, this research was carried out in the State Technical School “Arlindo Ferreira dos Santos” in the city of Sertânia / PE, with the objective of exploring in this area the main pathological manifestations, such as fissures, stains, efflorescences and so on. We wanted to contribute with the mapping of the problems, their severities, the forms of prevention and we also aimed at encouraging the execution of regular inspections in the building. Several photographic records were made as well as a detailed research in literary works and articles on the subject. In the mapping of the manifestations a greater number of efflorescences and fissures were detected in relation to the other pathologies found in the building. These anomalies do not compromise the structural part yet, but if there is not an intervention within a certain period of time, they may compromise not only the safety of the building but also the people who are there on a daily basis.

KEYWORDS: Civil Construction; Buildings; Pathology; Inspections.

1 | INTRODUÇÃO

Nas construções civis as manifestações patológicas têm sido observadas e referidas com frequência atualmente, contudo, surgiram desde as primeiras obras, quando o homem sentiu a necessidade de um abrigo para se adaptar ao meio ambiente. Nas últimas décadas, o setor da construção civil aumentou consideravelmente no país, trazendo consigo uma necessidade de um padrão de qualidade em suas construções e, conseqüentemente, gerando vários investimentos na área no intuito de obter-se qualidade e segurança nas edificações.

Problemas nas edificações são comuns, porém, o que diferencia um problema do outro é o modo como estas edificações são tratadas e prevenidas, com a atuação do padrão de qualidade desde o seu projeto até sua execução, acarretando construções confortáveis, seguras e viáveis financeiramente. Tutikian (2012) reforça que as características locais, bem como a cultura de manutenção das edificações, são determinantes para o surgimento de manifestações patológicas, mas tudo depende da qualidade do projeto, da construção, do uso e da manutenção.

As inspeções em edificações devem ser realizadas periodicamente e contribuem na geração de um panorama da situação quanto a questões patológicas na estrutura. As metodologias de inspeção foram desenvolvidas com o intuito de implantar processos de vistoria para manutenção periódica em estruturas, priorizando preliminarmente as possíveis intervenções necessárias.

Constata-se em diversas obras literárias, que problemas patológicos em uma edificação comprometem a vida útil estrutural do edifício. Notando-se que, há certa carência de conhecimentos patológicos por parte dos profissionais, na realização do projeto assim como em sua execução, faz-se necessário cada vez mais a exploração deste tema.

O objetivo geral deste trabalho consistiu em indicar os principais problemas

patológicos encontrados nas estruturas da Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos, contribuir com o mapeamento dos problemas, observando a gravidade destes, e formas de prevenção.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

Para a possível definição de “patologias das edificações”, o grupo de Patologia das Construções, da Escola Politécnica da USP, sugere que, podem ser entendidas como o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes construtivas apresentem um desempenho insatisfatório.

Sendo assim, as patologias podem ser encontradas de diversas formas, sendo decorrentes das incertezas e riscos inerentes à construção e vida útil da edificação. De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2013), Vida Útil (VU) significa período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas, elementos e componentes se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando: 1- o atendimento dos níveis de desempenho previstos na NBR 15.575 (ABNT, 2013), e 2- a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

As manifestações patológicas ocorrem na maioria das edificações, sejam com maiores ou menores intensidades, variando de acordo com o tempo em que apareceu e, ou pela forma como se manifestou. Lichtenstein (1985) afirma que, estes problemas patológicos podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, com diagnóstico e reparação evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada.

Segundo Helene (1992); Machado (2002), os agentes causadores dos problemas patológicos nas construções, mais comuns são: cargas, variação da humidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas a construção, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos e outros que são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial.

Abaixo serão descritas as principais manifestações patológicas abordadas no estudo.

Conforme Fagundes Neto (2007, *apud* Pinto *et al.*, 2016), o bolor corresponde ao surgimento de manchas sobre a superfície, oriundas de um grupo de seres vivos (fungos) que proliferam em condições de climas favoráveis, como ambientes úmidos, mal ventilados ou sombreados. Verçoza (1991) agrega que a umidade não é apenas uma causa de patologia, ela age também como um meio necessário para que grande parte da patologia em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores.

Segundo Verçoza (1991), mancha é a saturação de água nos materiais sujeitos

a umidade tendo como consequência o aparecimento de manchas características e posterior deterioração. As manchas e eflorescências podem alterar a cor da pintura e do revestimento da parede. Essa manifestação patológica apresentada pode ocorrer através da execução inadequada de impermeabilização, essas manchas podem ser causadas também pelo vazamento de redes pluviais ou pela chuva que atinge a parede lateral, por causa do mau posicionamento das calhas.

A eflorescência pode ser definida como depósito de sais em diversos materiais construtivos, assim como no solo, na água e na atmosfera. Essa anomalia dar-se o nome através da migração da umidade para a superfície das alvenarias que por serem materiais porosos, absorvem com maior facilidade a umidade e seus intempéries, havendo uma evaporação da água e permanecendo os sais que ficam em forma de manchas brancas. Ribeiro *et al.* (2016) ainda reforça que a concentração de sais nas regiões semiáridas e áridas como é o caso de Sertânia PE, são maiores devido a ventos contínuos, elevadas evaporação e baixa infiltração, acarretando uma maior ocorrência de eflorescência.

A eflorescência pode ser também encontrada em materiais cerâmicos de revestimento, Junginger (2003) e Bauer, (1997) afirmam que para o acontecimento dessa anomalia é necessária à junção de três fatores: presença de água, haver sais na argamassa, materiais cerâmicos, argamassa; e a pressão isostática. Pezzato (2010) complementa que a eflorescência, nesses casos, ocorre principalmente em materiais porosos, sendo manifestado na superfície através do rejunte.

Thomaz (1989) destaca a fissura como sendo a mais importante no momento da verificação das manifestações patológicas, devida a três aspectos essenciais: o aviso de algum estado severo e perigoso na estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em estado de utilização e o constrangimento que a fissura tem sobre os usuários.

O surgimento de fissuras pode dar-se, conforme Moch (2009), por vários fatores, entre eles destaca-se: variações de temperatura, retração do reboco, carregamentos excessivos sobre as paredes, recalques de fundações e outras diversas. Normalmente com a movimentação dos elementos no decorrer do tempo de vida da edificação, essas fissuras vão surgindo nos cantos das paredes, geralmente em ângulos de 45 graus, entretanto, podem ser também verticais ou horizontais.

Magalhães (2004) afirma que recalques de fundações ocorrem quando existem movimentações diferenciais que excedem a capacidade resistente da alvenaria, podendo ser originadas por falhas no sistema de fundação ou por recalques do terreno.

Toda edificação está sujeita a deslocamentos verticais (recalques), durante ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Esses movimentos podem provocar a ocorrência de falhas, evidenciadas pelos desnivelamentos de pisos, trincas e desaprumos da construção. (Caputo, 2012). Sendo o recalque diferencial, a principal causa de trincas e rachaduras nas estruturas, ou seja, uma parte da obra

rebaixa mais que outra gerando esforços estruturais não previstos e podendo até levar a construção à ruína.

3 | METODOLOGIA

O projeto apresentado trata-se de um estudo de campo, do tipo descritivo, com dados de natureza qualitativa, adotando como estratégia de coleta de dados, visitas à instituição em estudo, com caráter investigativo e descritivo.

Foi realizada a Revisão bibliográfica e pesquisa documental utilizando as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Em paralelo a revisão da literatura, foi realizada uma visita técnica minuciosa ao campo de pesquisa, a Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos no município de Sertânia/PE, com o objetivo de identificar as patologias existentes. As patologias identificadas foram separadas por pavimentos; térreo, primeiro andar e área externa da escola, que foram mutuamente subdivididos por seus respectivos problemas. Paralelamente foram feitos registros fotográficos e inspeções visuais para um enriquecimento do conteúdo abordado.

O roteiro de inspeção para avaliar a situação do prédio patrimonial foi baseado na Metodologia GDE/UnB citada por Fonseca (2007) e na Norma NBR 6118/2007 – Projetos de estrutura de Concreto Armado (ABNT, 2007), além de livros didáticos que contemplem o tema de patologia das construções.

O procedimento inicial com base no GDE foi o levantamento de documentação dos projetos arquitetônicos e estruturais da unidade, desenvolvimento do projeto “as Built” e verificação do projeto construído com a NBR 6118 (ABNT, 2007) vigente.

Após o mapeamento dos problemas, foi feito um diagnóstico da área, observando a gravidade destes, e formas de prevenção.

4 | RESULTADOS

Através das visitas à edificação foram feitas vistorias e mapeamento das manifestações patológicas. Os resultados serão apresentados em forma de registro fotográfico e de um quadro resumo das manifestações por tipo e localização. Destaca-se que as fissuras foram quantificadas metricamente também.

4.1 Pavimentos no Térreo

4.1.1 *Paredes entre os banheiros feminino e masculino*

Lado esquerdo: Ocorrência de fissura com 70 centímetros de comprimento medida na diagonal; e de bolor (área: 32 x 70 centímetros), ainda consta a presença de eflorescência (Foto 01).

Lado direito: Ocorrência de fissura com aproximadamente 22 centímetros de

comprimento, na horizontal; e presença de eflorescência (Foto 02).



Foto 01 – Parede do banheiro masculino e feminino. Lado esquerdo.
Ocorrência: fissura e eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 02 – Parede do banheiro masculino e feminino. Lado direito.
Ocorrência: fissura.

Fonte - O autor, 2017.

4.1.2 Banheiro Feminino

Ocorrência de bolor no teto, com aproximadamente 70 x 80 centímetros de comprimento (Foto 03). Na Foto 04, o bolor apresenta-se um pouco disperso com furos no teto, presença de infiltração.



Foto 03 – Banheiro feminino.
Ocorrência: bolor no teto.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 04 – Banheiro feminino.
Ocorrência: bolor no teto e infiltração.

Fonte - O autor, 2017.

4.1.3 Banheiro Masculino

Constatou-se a presença de bolor e eflorescência, causando buracos no teto. Nas paredes havia infiltração (Foto 05).



Foto 05 – Banheiro Masculino. Ocorrência: bolor, eflorescência e infiltrações.

Fonte - O autor, 2017.

4.1.4 *Pátio em frente aos banheiros*

Ocorrência de fissuras com até 2,0 metros de comprimento, causando o rebaixamento do teto de gesso (Foto 06), e de até 3,5 metros na parede (Foto 07).



Foto 06 – Pátio em frente aos banheiros. Teto. Fissuras.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 07 – Parede. Fissuras.

Fonte - O autor, 2017.

4.1.5 *Refeitório*

Ocorrência de fissuras no chão, com até 3,0 metros de comprimento (Foto 08). Ocorrência de fissura na parede onde está o corrimão (Foto 09). Ocorrência de fissuras com até 4 metros de comprimento ao longo do forro de gesso na direção do corredor para o refeitório (Foto 10). Ocorrência de bolor, eflorescência e infiltração na porta de entrada da cozinha do refeitório (Foto 11). E entre as pias de lavar mão, constatou-se infiltração e bolor (Foto 12).

Observação: Nas cinco salas que compõem a coordenação, direção e secretaria, bem como nas duas salas de laboratórios não foram encontradas patologias, estão todas preservadas.



Foto 08 – Refeitório.
Fissuras no chão.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 09 – Refeitório.
Fissuras na parede.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 10 – Refeitório.
Fissuras no teto.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 11 – Refeitório. Ocorrência de bolor, eflorescência e infiltração.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 12 – Refeitório. Ocorrência de bolor e infiltração.

Fonte - O autor, 2017.

4.2 Pavimentos na parte superior

4.2.1 Banheiro Feminino

Infiltrações, eflorescências, fissuras e bolores foram constatados. O banheiro, inclusive, está interditado (Foto 13 a 14).



Foto 13 – Banheiro Feminino.
Presença de eflorescência e infiltração.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 14 – Banheiro Feminino.
Presença de bolor e fissuras.

Fonte - O autor, 2017.

4.2.2 Banheiro Masculino

Presença de bolor, eflorescência e aparecimento de fissura no teto (Foto 15 a 18).



Foto 15 – Banheiro Masculino.
Presença de bolor.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 16 – Banheiro Masculino.
Presença de eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.

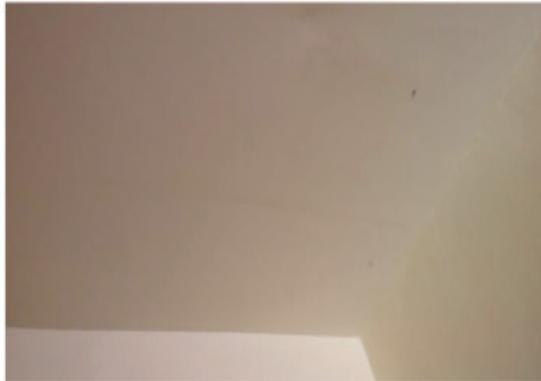


Foto 17 – Banheiro Masculino.
Presença de fissura.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 18 – Banheiro Masculino.
Presença de bolor e fissura.

Fonte - O autor, 2017.

4.2.3 Salas 1, 2, 3 e 4 lado esquerdo

Sala 1: Ocorrência de fissura no chão (Foto 19) e eflorescência (Foto 20). Sala 2: Eflorescência e bolores (Foto 21). Sala 3: Eflorescência devido à parede ficar exposta ao sol e a chuva (Foto 22). Sala 4: Eflorescência e fissura devidas à exposição solar e susceptibilidade as chuvas.



Foto 19 – Sala 1. Presença de Fissura no chão.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 20 – Sala 1. Presença de eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 21 – Sala 2. Presença de eflorescência e bolor.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 22 – Sala 3. Presença de eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.

4.2.4 Salas 1, 2 3 e 4 lado direito.

Sala 1: Ocorrência de eflorescência com até 1 metro de comprimento e fissura com aproximadamente 67 centímetros (Foto 23). Sala 2: Não houve manifestação patológica. Sala 3: Presença de eflorescência (Foto 24).



Foto 23 – Sala 1. Presença de eflorescência e fissura.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 24 – Sala 3. Presença de eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.

Sala 4: Bolor e eflorescência (Foto 25 e 26).



Foto 25 – Sala 4. Presença de bolor.

Fonte - O autor, 2017.



Foto 26 – Sala 4. Presença de eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.

4.2.5 Parte da frente externa

Constatou-se eflorescência, bolor e fissuras (Foto 27).



Foto 27 – Parte da Frente Externa. Presença de bolor.

Fonte - O autor, 2017.

4.2.6 Biblioteca

Fissuras, eflorescência e bolor (Foto 28).



Foto 28 – Biblioteca. Presença de Fissuras, eflorescência e bolor.

Fonte - O autor, 2017.

Abaixo, apresenta-se o Quadro 1, indicando as principais manifestações patológicas encontradas e sua localização na edificação.

Patologia	Bolor	Eflorescência	Fissura	Infiltração
Local: pavimentos no térreo				
Entrada externa	X	X	X	
Parede entre os banheiros		X	X	
Banheiro Feminino	X			X
Banheiro Masculino	X	X		X
Pátio (em frente aos banheiros)			X	
Refeitório	X	X	X	X
Local: pavimentos no 1º andar				
Banheiro Feminino	X	X	X	X
Banheiro Masculino	X	X	X	
Lado esquerdo: sala 1		X	X	
Lado esquerdo: sala 2	X	X		
Lado esquerdo: sala 3		X		
Lado esquerdo: sala 4		X	X	
Lado direito: sala 1		X	X	
Lado direito: sala 2	-	-	-	-
Lado direito: sala 3		X		
Lado direito: sala 4	X	X		
Biblioteca	X	X	X	
Soma por patologia	9	14	10	4
Total	37			

Quadro 1 – Mapeamento das principais manifestações patológicas.

Fonte - O autor, 2017.

5 | DISCUSSÃO

A edificação analisada possui, apenas, 7 (sete) anos de construída e foi inaugurada em março de 2010. Possui 25 (vinte e cinco) áreas, divididas em dois pavimentos (superior e térreo), as manifestações apareceram em 15 (quinze) dessas áreas, ou seja, 60% da obra.

Pelas constatações, é possível observar, de maneira geral, que as manifestações patológicas detectadas são as mais frequentes em obras, tais como fissuras, bolores, eflorescências e infiltrações.

Remetendo-se ao Quadro 1, percebe-se que as patologias surgiram com mais frequência em locais que estão expostos a ocorrência de chuva ou próximas às instalações hidráulicas, como a parte externa da edificação e os banheiros. Ressalta-se inclusive que um dos banheiros está interditado.

Ainda sobre o Quadro 1, organizando-o em forma de gráfico, é possível observar que a principal ocorrência patológica na edificação em estudo, equivale as

eflorescências com 38%, seguida das fissuras com 27% e bolor com 24%, em menor número ocorrem as infiltrações (11%).

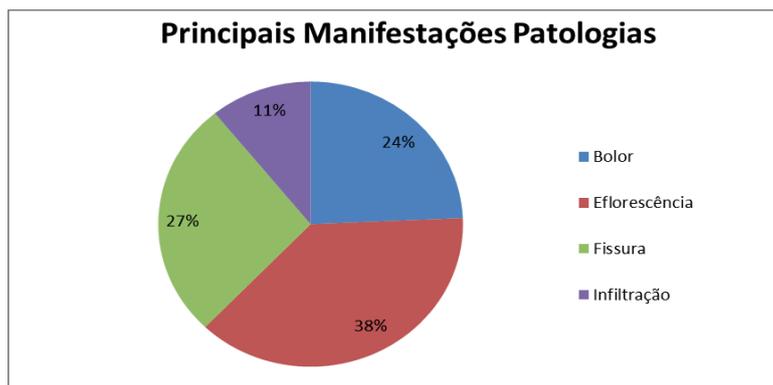


Figura 1- Principais Manifestações patológicas. Fonte - O autor, 2017.

Como já referenciado, a eflorescência é originada por três fatores, que possuem o mesmo grau de importância. São eles: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, que faz com que a migração da solução ocorra, indo para a superfície. Todos os três fatores devem existir e, caso algum deles não esteja presente, não haverá a formação desta patologia.

Para evitar esse inconveniente, basta que se tenha o cuidado de aguardar a cura de argamassas novas (28 dias) e certificar-se que a superfície esteja completamente seca antes de aplicar a tinta.

Para corrigir a eflorescência, deve-se aguardar a secagem da superfície, eliminar eventuais infiltrações, aplicar uma demão de Fundo Preparador de Paredes base d'água e aplicar acabamento.

Lembrando-se que, havendo vazamentos ou infiltrações de água, o fenômeno da Eflorescência pode ocorrer mesmo após a cura completa do reboco, portanto deve-se observar atentamente a impermeabilização.

No caso do bolor, essa patologia provoca alteração na superfície, exigindo na maioria das vezes a recuperação ou até mesmo a necessidade de se refazer revestimentos, gerando gastos dispendiosos. Para se evitar que o bolor aconteça nas edificações, já na fase de projeto, medidas devem ser tomadas. Essas medidas visam garantir uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, assim como idealizar a diminuição de risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos, Alucci *et al.* (1988).

Caso não seja possível prevenir, e a patologia se desenvolva, a limpeza da superfície é necessária, com emprego de soluções fungicidas podendo até ocorrer a troca de materiais, que estavam contaminados por outros que resistam a ação de crescimento do bolor.

As fissuras são causadas pela movimentação de materiais e componentes da construção, além disso, podem ser consequência da ocorrência de vibrações na

área. A melhor solução sempre é a prevenção, no caso das fissuras, usar materiais de qualidade, fazer o cálculo estrutural correto, ter uma boa mão de obra e fazer a impermeabilização podem ajudar a prevenir o surgimento destas nas edificações, ou pelo menos retardar o processo, já que como visto o surgimento das fissuras não está apenas relacionado com fatores técnicos, mas também com fatores naturais, como um tremor de terra, por exemplo.

Nas situações em que já se desenvolveram fissuras na edificação, é importante detectar primeiramente o motivo de seu surgimento. Comumente, para microfissuras a solução é a aplicação de um impermeabilizante acrílico. Já para fissuras em alvenaria aplica-se “mástique” acrílico.

O problema da infiltração de início pode parecer algo irrelevante, que não influenciará na edificação, porém não é tão simples e fica ainda mais grave quando não tratado. O problema pode ser diagnosticado no momento de aplicação das instalações, onde se encontra alguma falha na instalação ou então no processo de impermeabilização. Processo esse de extrema importância para evitar infiltrações no local. As infiltrações causam danos visíveis à pintura do local. Dentro do corpo da obra, as infiltrações danificam a estrutura e podem ocasionar danos ainda maiores, como por exemplo, corrosão na estrutura metálica.

Para prevenir o meio mais coerente é seguir a risca as exigências de construção. Se executado de forma correta, dificilmente uma construção terá danos e problemas. Porém, se esses problemas surgirem, tais como fissuras e rachaduras devem ser tratadas com urgência por profissionais capacitados e por métodos eficientes. Uma patologia requer um estudo apurado para se obter um resultado satisfatório, do contrário uma sucessão de erros acarretará no aumento de problemas.

A comunicação deve terminar com um capítulo de conclusões que visa sistematizar as proposições mais importantes do trabalho, destacar as suas principais particularidades e novas contribuições, assim como as suas implicações práticas.

6 | CONCLUSÃO

Em suma, é possível concluir que a edificação, com apenas 7 anos, já apresenta 60% da sua área comprometida com algum tipo de patologia. As principais ocorrências tratam-se de eflorescências (38%), fissuras (27%), bolor (24%), e infiltrações (11%).

Em geral, a origem dessas falhas pode ser: no projeto ineficiente; em falhas de execução; má qualidade dos materiais empregados; e má utilização dos edifícios pelos usuários. Em termos de forma de prevenção, tais patologias poderiam ser evitadas, na maior parte dos casos, com o uso de impermeabilizante, bem como uma devida execução das etapas da obra.

Sugere-se o tratamento imediato dessas patologias para que os problemas não se agravem, resultando em um ambiente inseguro para a população da Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos.

REFERÊNCIAS

- Alucci, M. P., Flauzino, W. D., Milano, S. (1988). **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT, Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do IPT. São Paulo.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2013). *NBR 15.575: Edificações habitacionais. Parte 1 – Requisitos Gerais: Vida Útil (VU)*. Rio de Janeiro.
- _____. (2007). *NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Bauer, R. (1997). **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas. Salvador. Anais p. 321-33.
- Caputo. H. P. (2012). **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. Ed. Rio de Janeiro, LTC, v. 2.
- Fonseca, Regis Pamponet (2007). **A Estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção**. Dissertação de Mestrado – UNB. Brasília/DF.
- Helene, P.R.L. (1992). **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini.
- Junginger, M. (2003). **Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis**. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado) – POLI-USP, SP.
- Lichtenstein, N. (1985). **Patologia Das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. Dissertação (Mestrado) – POLI-USP, SP.
- Machado, Sandro Lemos (2002). **Relatório final do projeto purifica: proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação, Salvador**.
- Magalhães, E.F. (2004). **Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul**. Trabalho de conclusão (Mestrado) – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.
- Moch. T. (2009) **Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de Soluções**. Porto Alegre.
- Pezzato, L. M. (2010). **Patologias no sistema revestimento cerâmico: um estudo de casos de fachadas**. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – USP, São Paulo.
- Pinto *et al.* (2016). **Estudo Sobre as Manifestações Patológicas de Edificação Residencial Multifamiliar no Município De Fortaleza-CE**.
- Ribeiro. L. *et al.* (2016). **Manifestações patológicas: nas escolas de ensino fundamental e médio do município de Monteiro – PB**.
- Thomaz, E. (1989). **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**, São Paulo: Pini Escola Politécnica da USP: IPT.
- Tutikian, F.B. (2012). **Massa cinzenta**. Brasil avança no combate à patologia das construções. Outubro de 2012. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/brasil-avanca-no-combate-a-patologia-das-construcoes/>. Acesso em 19 de julho de 2017.

Verçoza, E. J. (1991). **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra.172p.

REFORÇO ESTRUTURAL, MONOLITIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

José Carlos Juvenal da Silva

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Thaís Marques da Silva

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Felipe Figueirôa de Lima Câmara

Universidade de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Manueli Suêni da Costa Santos

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Dandara Vitória Santana de Souza

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Cristiane Santana da Silva

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Esdras José Tenório Saturnino

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Marília Gabriela Silva e Souza

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Carlos Eduardo Gomes de Sá Filho

Universidade Católica de Pernambuco

Recife – Pernambuco

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Universidade Católica de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: A reação álcali-agregado é uma das manifestações patológicas de maior grau de deterioração do concreto, principalmente em obras de infraestrutura, barragens, pontes e atualmente na fundação de edifícios residenciais na Região Metropolitana do Recife. Diante do exposto, dado ao grande número de obras afetadas pela RAA, a pesquisa buscou através de estudo de caso abordar o procedimento de execução dos serviços para recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização dos blocos de coroamento de estacas da fundação de um edifício residencial situado na cidade de Recife – PE. Com a recuperação, reforço estrutural, monolitização e a impermeabilização, espera-se que os blocos de coroamento das estacas de fundação continuem mantendo a garantia e a segurança da edificação.

PALAVRAS-CHAVE: Reforço estrutural, durabilidade dos materiais, manifestações patológicas, RAA.

STRUCTURAL REINFORCEMENT, MONOLITIZATION AND WATERPROOFING IN FOUNDATION BLOCKS

ABSTRACT: The alkali-aggregate reaction is one of the pathological manifestations of a high degree of deterioration of concrete, mainly in infrastructure works, dams, and currently the foundation of buildings in Recife downtown. Above mentioned, it's given a large number of works affected by the AAR, this study sought, through case studies, addressing the implementation procedure to make services for recovery, structural strengthening, waterproofing blocks crowning in the piles foundation of a residential building located in the city of Recife – PE. With the recovery, structural reinforcement, unity block and permeabilization, we expect blocks crowning of foundation piles continue maintaining the security and safety of the building.

KEYWORDS: Structural reinforcement, durability of materials, pathological manifestations, AAR.

1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento de casos de reação álcali-agregado (RAA) em obras residenciais nos últimos anos, é muito importante o aumento nas pesquisas sobre o assunto, tornando cada vez mais significativo a prevenção em obras novas para que se possa evitar este tipo de problema.

Todas as soluções usadas até o momento apresentam futuro incerto, necessitando de um monitoramento constante para verificação de sua eficácia. Um dos pontos que causa esta incerteza é o fato de ainda não ser possível determinar todo o potencial e o período de expansão pela RAA.

A origem dos problemas patológicos está distribuída da seguinte maneira: 40% projeto, 28% execução, 18% materiais, 10% uso e 4% planejamento. Com base nesses dados, verifica-se a necessidade de um estudo sobre essas causas que são conhecidas, a terapia que será escolhida com maior precisão e como consequência far-se-á a escolha mais econômica o possível (RIBEIRO & HELENE, 2013).

Na cidade do Recife, Pernambuco, existiu uma curiosa casa no formato de navio construída em 1940, a casa pertencia ao empresário Aldemar da Costa Carvalho.

Com arquitetura semelhante ao navio Queen Elizabeth a edificação era composta por sala de reunião, quartos, suítes, salão de jogos, cinema, restaurante e até uma cabine de comando com todos os equipamentos originais de um navio.

O Edifício Residencial construído onde se situava a famosa Casa Navio tornou-se um prédio de 22 andares constituído de dois apartamentos por pavimento somando um total de 44 apartamentos. O Edifício Residencial teve sua obra iniciada ainda no ano de 1981 e sua finalização em 1984, somando hoje um total de 34 anos da sua conclusão.

No edifício residencial analisado foi verificada a ocorrência de RAA através do ensaio de análise petrográfica e a partir deste foi observado que o concreto exibia

indícios de início da ocorrência de reação álcali-agregado do tipo álcali-silicato.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manifestações Patológicas

Em 2005 constatou-se a ocorrência da anomalia em blocos de fundações em edifícios urbanos na cidade de Recife – PE, em escala inédita para o meio técnico de todo o mundo.

As principais características eram: baixa profundidade do lençol freático, presença de fases reativas nos agregados (quartzo com extinção ondulante e quartzo microgranular) e disponibilidade de álcalis.

Aproximadamente 20 casos de elementos de fundação com reação álcali-agregado foram descobertos na região metropolitana de Recife com idade entre três e 30 anos (ANDRADE *et al.*, 2006)

2.2 Reação Álcali – Agregado

A reação álcali-agregado foi estudada inicialmente por Stanton, (1940) na Califórnia, quando identificou este processo como sendo uma reação deletéria que ocorria entre os constituintes do concreto, a sílica do agregado, os álcalis do cimento e a presença de água, o qual denominou reação álcali-agregado.

De acordo com constatações experimentais, a reação era capaz de formar eflorescências brancas, causar expansão e fissurações; Tais fatos puderam ser observados em diversas estruturas reais afetadas na Califórnia, durante os anos 1920 a 1930.

A reação álcali-agregado é uma das manifestações patológicas de maior grau de deterioração do concreto, principalmente em obras de infraestrutura, barragens e pontes.

Os principais fatores que influenciam a reação provêm de processos químicos entre alguns dos compostos mineralógicos do agregado com hidróxidos alcalinos originários do cimento, água de amassamento e agentes externos os quais estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Segundo Metha e Monteiro, (2014) as expansões e fissurações devidas à RAA podem comprometer o concreto resultando em perda de resistência, elasticidade e durabilidade.

2.3 Tipos de reações

Há três tipos de reações correspondentes aos tipos de reação álcali – agregado, que podem favorecer o desencadeamento das manifestações patológicas nos materiais cimentícios (HASPARYK, 2005).

1. Reação Alkali – Silica: Ocorre quando a dissolução dos hidróxidos dos

álcalis com a sílica amorfa presentes em agregados como: opala, calcedônia, cristobalita, tridimita, certos tipos de vidros naturais (vulcânicos) e artificiais, e o quartzo microcristalino/criptocristalino deformado.

2. Reação Alkali – Silicato: Esta reação acontece por um processo semelhante ao da reação álcali-sílica, devido ao fato de os minerais reativos estarem mais disseminados na matriz e há a presença de quartzo deformado;

3. Reação Alkali – Carbonato: É um tipo de reação que ocorre de maneira diferente das outras apresentadas anteriormente, uma vez que o produto desta reação não forma o gel alcalino.

2.4 Teor de álcalis no cimento

Acredita-se que se o conteúdo alcalino do cimento for menor que 0,6%, não ocorrem danos provenientes de RAA, independentemente dos agregados reativos. Entretanto, em concretos contendo um consumo muito alto de cimento há possibilidade de ocorrência de danos até para conteúdo de álcalis menor que 0,6%. Investigações na Alemanha e Inglaterra mostram que conteúdo total de álcalis menor que 3 kg/m³ provavelmente não causam danos por RAA (METHA & MONTEIRO, 2014).

2.5 Métodos para detectar a Reação Álcali – Agregado

- Método Osipov: É um método térmico de ensaio mais conhecido como Método Osipov devido ao Eng.º Albert Osipov ter criado e desenvolvido no Instituto Hydroproject de Moscou. O método consiste em submeter o agregado gráudo a uma temperatura de 1000° C (Celsius) durante 60 segundos. O agregado contendo fase mineralógica reativa, ao ser exposto a uma temperatura elevada, fragmenta-se dando indícios de sua potencialidade expansiva, porém sua não fragmentação não dá subsídios para conclusões finais (ZAMBOTTO, 2014).
- Análises Complementares: Este método submete os agregados com dimensões de 20 mm a 50 mm, à alta temperatura aproximadamente 1000° por 60 segundos. Considera-se que o agregado caso possua mineralógica reativa venha desagregar-se quando exposta à temperatura elevada. Havendo fragmentação do agregado, isto seria um indício da potencialidade reativa da rocha analisada (VALDUGA, 2002). Entretanto, isso não determina que se o agregado não se desagregar ele não poderá ser potencialmente reativo.
- Método Químico: É um método que foi desenvolvido entre 1947 e 1952 por Richard Melem, onde foram avaliados 71 agregados verificando Sílica Dissolvida (Sd) e a redução da alcalinidade (Rc) e passando estes resultados para um gráfico onde representava o limite entre os materiais deletérios e inócuos NBR 9774:1987. A vantagem é a rapidez com que é realizado, porém a desvantagem é de resultados não tão precisos devido a exposição do agregado a ambientes agressivos por 24 horas.
- Método das rochas Carbonáticas: Este método é aplicável exclusivamente na verificação de características expansivas de rochas carbonáticas. É um

método alternativo já que a reação deste tipo de rocha não pode ser detectada por outros métodos por constituir um processo de expansão completamente diferente dos outros dois tipos de reação.

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): Não é um método de avaliação de RAA, pois não analisa os agregados diretamente, mas avalia estruturas que já possuam as reações desencadeadas. O MEV possui alta resolução e grande profundidade de foco. A amostra é alcançada por um feixe de elétrons e diversas informações podem ser fornecidas a partir dos sinais originados.
- Método de Barras Acelerado: Este método determina por meio da variação de comprimento de barras de argamassa, a suscetibilidade de um agregado participar da reação expansiva álcali-sílica na presença dos íons hidroxila associados aos álcalis do cimento NBR 15577:2008. É chamado de acelerado, pois os resultados podem ser lidos em apenas 30 dias, em comparação ao método de barras que os resultados são apresentados em um ano.
- Método de Prisma de Concreto: É um método de ensaio de longa duração que representa melhor às condições para avaliação da reação álcali agregados, pois utiliza prisma de concreto e não argamassa como no método acelerado. De acordo com a NBR 15577:2008, as expansões são limitadas por uma taxa de 0,04%, ou seja, para expansões inferiores a 0,04% os agregados são classificados como potencialmente inócuos ou potencialmente reativos.
- Análise Petrográfica: Esta análise é um estudo macroscópico dos materiais naturais, identificando seus elementos constituintes e propriedades, visando sua utilização NBR 7389:2009 e NBR 15577:2008.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas estão dispostas no fluxograma mostrado na Figura 1 e em seguida a descrição detalhada das mesmas.

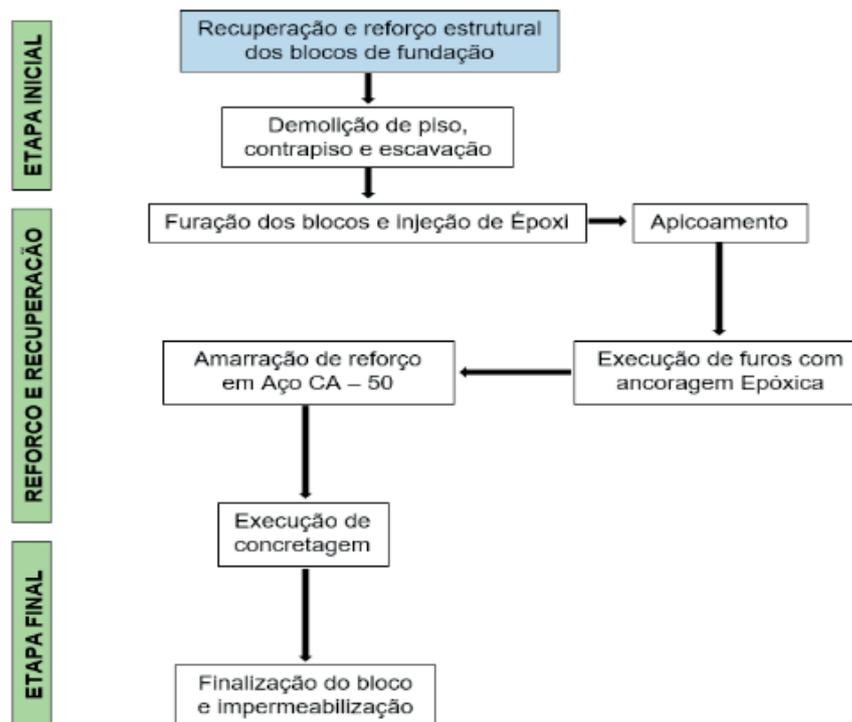


Figura 1 – Fluxograma dos métodos utilizados no processo de recuperação e reforço estrutural dos blocos de fundação.

Fonte: Autores, 2018.

3.1 Recuperação e reforço estrutural dos blocos de fundação

A recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização, ocorreram durante um período de seis meses onde foram executados os serviços necessários para que os blocos da fundação fossem recuperados e reforçados.

3.1.1 Demolição de piso, contrapiso e escavação

A demolição do piso e contrapiso foram executadas com martelos elétricos operados manualmente como mostra a Figura 2, fazendo a liberação do material do aterro que teve sua remoção realizada manualmente. Foram colocadas madeiras para fazer o escoramento das cavas para manter as paredes das cavas em seu devido lugar evitando assim o escorregamento das mesmas.



Figura 2 – Demolição de piso, contrapiso e escavação

Fonte: Autores, 2012.

3.1.2 Escavação para liberação do bloco

A escavação foi feita através de processo manual com o objetivo de liberar as superfícies dos blocos para prosseguir com os trabalhos subsequentes. Os blocos apresentavam fissuras por completo em todas as faces. A Figura 3 mostra o bloco exposto depois de retirado o aterro antes da lavagem e com as cavas escoradas para evitar desmoronamento do aterro do piso.



Figura 3 – Bloco com aterro escavado (a) e cavas dos blocos escoradas (b)

Fonte: Autores, 2012.

3.1.3 Lavagem dos blocos

A lavagem foi feita através da aplicação de jato de água fria, técnica de limpeza largamente utilizada para preparação das superfícies dos blocos para melhor aparentar as fissuras e para a futura recepção do material de reparação.

3.1.4 Furação dos blocos

Foram abertos furos ao longo do desenvolvimento das fissuras, com diâmetro

na ordem de ($10.0 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$) e profundidade aproximadamente de 30 mm, obedecendo a um espaçamento na faixa de ($0.15 \text{ m} \leq E \leq 0.30 \text{ m}$) em função da abertura das fissuras (tanto maior quanto mais aberta esta for), mas sempre respeitando um máximo de 1,5 vezes a profundidade da fissura. A Figura 4 mostra um bloco sendo furado e também sendo ancoradas as mangueiras onde através das quais foi injetado o epóxi de alta fluidez.



Figura 4 – Execução de furos e ancoragem das mangueiras

Fonte: Autores, 2012.

3.1.5 Injeção de Epóxi

Nos furos foram fixados tubinhos plásticos de diâmetro um pouco inferior ao da fundação, com parede um pouco espessa para suportar a injeção do produto que irá preencher as fissuras internas do bloco de fundação.

A ancoragem dos tubos foi feita com adesivo estrutural a base de Epóxi e o intervalo de fissuras entre dois furos consecutivos foi selado com argamassa de Graute.

O Graute apresenta alta resistência mecânica e excelente aderência à superfície sobre a qual é aplicado, além de não apresentar retração. Utilizam-se compostos isentos de cloretos e componentes metálicos, obtendo-se um concreto de grande fluidez, expansão controlada, grande trabalhabilidade e autonivelamento.

3.1.6 Apicoamento

O apicoamento é um método de preparação das superfícies onde são utilizados equipamentos dotados de placas com pontas de material duro e resistente. Assim golpeiam a superfície do elemento estrutural a ser tratado provocando pequenas fraturas tanto na argamassa superficial como no agregado, deixando a superfície do substrato bastante áspera.

Este método está associado com atividades de remoção superficial de concreto,

revestimentos e cobrimentos. Não deve avançar além destas pequenas espessuras, e em hipótese alguma se permite que o apicoamento comprometa a integridade estrutural.

3.1.7 Execução de furos nos locais indicados no projeto de reforço com ancoragem epóxica

Os furos foram feitos nos locais especificados no projeto e em seguida foi aplicada a resina epóxi estrutural para fazer a ancoragem da armação, tanto no bloco como no pilar foi feita a ancoragem da armação. A Figura 5 mostra a execução dos furos de ancoragem com broca elétrica.



Figura 5 – Execução de furação para ancoragem da armação de reforço

Fonte: Autores, 2012.

3.1.8 Execução de furos nos locais indicados no projeto de reforço com ancoragem epóxica

A armação foi especificada em projeto estrutural tendo duas camadas de ferro fazendo a armação superior do bloco e uma camada revestindo a lateral do bloco. Desta forma, foi obtido um bloco reforçado na sua parte superior e na lateral, onde foi usado aço CA – 50 com diâmetro de 10 mm como mostra a Figura 6.



Figura 6 – Bloco com armadura de reforço

Fonte: Autores, 2012.

3.1.9 Execução da concretagem

A concretagem foi executada no bloco com concreto estrutural dosado em central de concreto com fck igual a 40 MPa e aditivado com microssílica. O concreto foi aplicado nos blocos manualmente sendo coletado no caminhão com carros de mão e levados até o bloco onde foi despejado e vibrado.

3.1.10 Finalização do bloco e impermeabilização

Após o início da cura do concreto com aproximadamente 24 horas da concretagem, foram retiradas as formas de madeira deixando o bloco finalizado aguardando a impermeabilização. A impermeabilização superficial do concreto estrutural foi feita com Viaplus 1000, revestimento impermeabilizante, semiflexível, bicomponente (A+B) à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros impermeabilizantes. A Figura 7 mostra o bloco de fundação finalizado e impermeabilizado.



Figura 7 – Bloco finalizado e impermeabilizado

Fonte: Autores, 2012.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas algumas visitas técnicas, com intuito de desenvolver um fluxo de resultados adquiridos por fotografia, análise qualitativa dos blocos e inspeção visual para referenciar as avaliações. De acordo com análises fotográficas, inspeções qualitativas e das características da manifestação patológica encontrada nos blocos construídos, buscou-se embasamento nos meios teóricos como artigos científicos, monografias, dissertações, teses, entre outras fontes bibliográficas referentes ao tema em estudo objetivando a presença da manifestação patológica a fim de identificá-la, ter conhecimento de sua origem, causas e efeitos estruturais.

Desta forma, alguns ensaios realizados pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, foi-se necessário onde apresenta os resultados dos estudos referentes a um corpo de prova de concreto extraído e enviado pelo interessado com o objetivo de avaliar sua qualidade e durabilidade, com ênfase na ocorrência de eventuais reações expansivas formadas pela manifestação patológica estudada.

Além disso, realizaram-se observações macroscópicas e microscópicas através de microscopia estereoscópica (luz refletida), microscopia óptica (luz transmitida) e microscopia eletrônica, através de técnicas analíticas, tais como difração de raios-x e espectroscopia de infravermelho, usadas para caracterizar a textura e forma cristalina da sílica nas partículas dos agregados. Sobre os minerais e a natureza do agregado quanto a sua nocividade em relação à RAA, o agregado foi investigado pela análise petrográfica para identificar minerais potencialmente reativos.

4.1 Síntese do ensaio realizado pela ABCP

De um modo geral o concreto apresenta características e aspectos estruturais

e texturas próprias de concretos submetidos a processos normais de preparação e dosagem, com adensamento e homogeneização adequados. Na Figura 8 temos uma amostra do concreto no qual apresenta bordas de reação ao redor do agregado graúdo e material esbranquiçado depositado dentro de um poro.



Figura 8 – Amostra ensaiada do concreto

Fonte: Autores, 2012.

A Figura 9 mostra o detalhe do concreto no qual se observam microfissuras na argamassa preenchidas por um gel que se desenvolve no contorno dos agregados miúdos - Microscópio de luz transmitida.

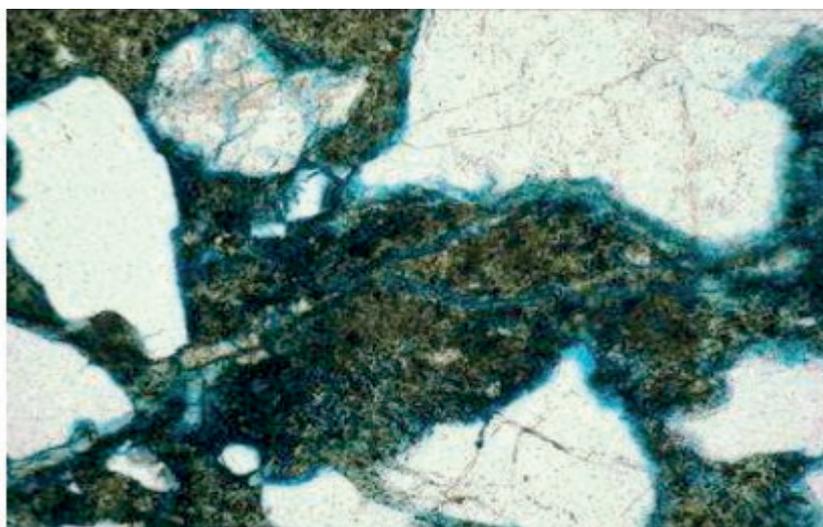


Figura 9 – Concreto no qual se observam microfissuras

Fonte: Autores, 2012.

A amostra de um modo geral apresenta argamassa de coloração cinza clara e agregados utilizados são do tipo pedra britada e areia natural. O agregado graúdo possui características e texturas que permitem caracterizá-lo como potencialmente reativo frente aos álcalis do concreto.

Observa-se também que o concreto exhibe feições típicas da instauração da reação álcali-agregado do tipo álcali-silicato. Os agregados exibem definidas bordas de reação e o microscópio eletrônico pode caracterizar os produtos da reação materializados principalmente por um gel expansivo que está disposto principalmente na interface pasta-agregado ou na exsudação pelos poros da argamassa.

Desta forma, pode-se constatar que os blocos da fundação do edifício residencial estão inseridos num ambiente propício a ocorrência da reação álcali – agregado, pois temos o conjunto: agregado reativo, álcalis do cimento e lençol de água muito superficial.

Disponibilizando todos os elementos para o fechamento desta reação e a partir da comprovação da análise da ABCP, foi decidido dar início a recuperação dos blocos da fundação, através dos métodos e materiais já descritos neste artigo.

5 | CONCLUSÕES

É fundamental que exista um plano de investigação sobre ocorrências de RAA e que seja inserido no plano de manutenção das estruturas de edifícios residenciais além das outras estruturas já existentes, uma vez que já existem casos de ocorrências deste tipo de ataque em fundações de obras residenciais na Região Metropolitana do Recife.

A reação álcali-agregado deve ser evitada ao máximo em obras novas, pois não existe uma solução definitiva para este tipo de problema. As soluções usadas até o momento não têm uma garantia permanente, necessitando de monitoramento constante para verificação de sua integridade.

A recuperação dos blocos que foram atacados pela reação álcalis-agregados, fissurados como resultado do ataque desta reação teve como intervenção a recuperação, reforço estrutural, monolitização e impermeabilização para que os blocos voltassem a ter as suas funções físicomecânicas restauradas.

Espera-se que esses blocos continuem fazendo parte da fundação, garantindo a segurança da edificação nas condições de blocos recuperados e reforçados. Assim, faz-se necessário a prevenção da patologia realizando monitoramento periódico, manutenção das estruturas, comprometimento das propriedades do concreto e substituição dos elementos afetados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, T.; SILVA, J. J. R.; HASPARYK, N. P.; SILVA, C. M. Investigação do potencial de reatividade para o desenvolvimento de RAA dos agregados miúdos e graúdos comercializados na Região Metropolitana do Recife. In: II SIMPÓSIO SOBRE REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2006. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7389**: Agregados – Análise petrográfica de agregado para concreto - Parte 1: Agregado miúdo. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9774**: Agregados – verificação da reatividade potencial pelo método químico. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-3**: Agregados – Reatividade álcali-agregado - Parte 3: Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-4**: Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577-6**: Agregados – Reatividade álcali-agregado Parte 6: Determinação da expansão em prismas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.

HASPARYK, N. P. **Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada do gel exsudado**. Porto Alegre, 2005.326 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2014.

RIBEIRO, D. V.; HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. Elsevier, 2013; p.240

STANTON, T. E. (1940), “**Expansion of Concrete Through Reaction between Cement and Aggregate**”. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 66, p. 1781-1811.

VALDUGA, L. **Reação Álcali-agregado: Mapeamento de agregados reativo do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Escola de Engenharia Civil, Campinas- SP, 2002.

ZAMBOTTO, D. **Estudo preliminar dos efeitos da reação Álcali-agregado nas respostas estruturais de pavimento de concreto**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de engenharia de transporte. São Paulo, 2014.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO

Brenno Tércio da S. Miranda

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Cícero Jefferson R. dos Santos

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Danylo de Andrade Lima

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Edmilson Roque da Silva Júnior

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Larissa Santana Batista

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Marcelo Laédson M. Ferreira

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

Marco Antônio Assis de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal-PB

RESUMO: A construção civil gera diversos impactos ambientais, desde a extração dos recursos naturais até a finalização da obra e posteriormente sua demolição, sendo responsável pelo uso de cerca de 30% da matéria-prima e 25% da emissão de resíduos em escala mundial. Considerando suas

propriedades mecânicas, um destino viável para o reaproveitamento do resíduo da construção e demolição (RCD) é a sua utilização como matéria-prima na confecção de concretos, substituindo o agregado natural. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento mecânico de um concreto alternativo a partir da utilização do RCD como substituição parcial do agregado graúdo, verificando se este atende as propriedades que lhe são requeridas, a fim de obter um desempenho eficiente quando comparado a um concreto convencional. Os traços tiveram substituições em proporções de 15%, 30% e 50% de RCD e foram submetidos a períodos de cura de 7, 14 e 28 dias. Foram realizados ensaios de caracterização física e mecânicos, tais como resistência à compressão e diametral. A partir dos resultados, observou-se que o RCD obteve valores similares e superiores em relação ao concreto convencional, uma vez que os corpos de prova do traço de 15% apresentaram maior resistência média em relação aos traços de 30%, 50% do convencional após 28 dias de cura. Assim, constata-se que o uso do RCD torna-se viável, pois sua utilização proporciona economia, evita a extração de recursos naturais e o descarte desses resíduos em locais inapropriados, promovendo sustentabilidade e uma boa relação entre a construção civil e o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: RCD, Resíduos sólidos, construção civil, meio ambiente, concreto.

STUDY OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF CONCRETE FROM THE USE OF RCD AS A LARGE AGGREGATE

ABSTRACT: Civil construction generates several environmental impacts, from the extraction of natural resources to the completion of the work and its demolition and is responsible for the use of approximately 30% of the raw material and 25% of the emission of waste on a world scale. A viable destination for the reuse of construction and demolition waste (RCD) is its use in replacing the natural aggregate as a raw material in the manufacture of concrete due to its mechanical properties. The objective of this work is to evaluate the mechanical behavior of an alternative concrete using the RCD as partial replacement of the large aggregate, verifying if it meets the required properties to obtain an efficient performance when comparing to a conventional concrete. The traces had substitutions in proportions of 15%, 30% and 50% of RCD and were submitted to healing periods of 7, 14 and 28 days. Physical and mechanical characterization tests such as compression and diametral strength were performed. From the results, it was observed that the RCD obtained values like and even higher than conventional concrete, since the test specimens of 15% had the highest average resistance in relation to the traces of 30%, 50% from the conventional after 28 days of curing. Thus, it is observed that the use of RCD becomes feasible, since its use provides savings, avoids the extraction of natural resources and the disposal of these wastes in inappropriate places, promoting sustainability and a good relationship between civil construction and the environment.

KEYWORDS: RCD, Solid wastes, civil construction, environment, concrete.

1 | INTRODUÇÃO

A intensa geração de resíduos sólidos da construção civil em cidades com grande índice de obras tem sido motivo de grande preocupação em todo o mundo, visto que a mesma envolve questões de ordens ambiental, social e também econômica. Em função disso, a todo tempo, pesquisadores buscam alternativas, a fim de minimizar ou mesmo sanar problemas decorrentes do processo de larga produção de entulho nas obras. Muitas obras não garantem a destinação mínima apropriada para a grande quantidade de resíduos produzidos.

Segundo a resolução do CONAMA nº 307, Art. 2º, Inciso I, publicada no ano de 2002, entende-se por resíduo da construção civil aquele proveniente de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Assim, caso o resíduo não receba uma destinação correta, contribuirá de forma direta para o aumento da poluição em determinada região.

No Brasil, os RCD apresentam graves problemas, seja por sua disposição

irregular, gerando problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública, ou por sobrecarregar os sistemas de limpeza pública. Representam de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) (BRASIL, 2005b apud IPEA, 2012).

Segundo a ABRELPE (2015), no Brasil são coletadas cerca de 45 milhões de toneladas de RCD, equivalente a 0,605 kg/hab./dia, o que configura um aumento de 1,2% em relação ao ano de 2014. Nesse cenário, a região Nordeste é responsável por coletar cerca de 9 milhões de toneladas, ocupando o segundo lugar no ranking nacional, perdendo apenas para a região Sudeste, com cerca de 23 milhões de toneladas.

Os RCD dispostos inadequadamente poluem o solo, degradam paisagens e constituem uma ameaça à saúde pública, pois servem de abrigo para animais peçonhentos, facilitando a proliferação de doenças (KARPINSK et al., 2009). Uma vez ocorrendo o desperdício de materiais na construção, significa que recursos naturais estão sendo desperdiçados, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável (SOUZA et al., 2004 apud KARPINSK et al., 2009).

Nesse contexto, levando em consideração a enorme quantidade de resíduos produzidos pela construção civil (evidência da exploração acelerada de matéria-prima do meio ambiente) e, em muitos casos, a destinação inadequada destes, fez-se necessária uma tomada de ações com o intuito de amenizar os impactos ambientais gerados pelos resíduos.

No Art. 3º da Resolução do CONAMA de nº 307/2002, os resíduos são classificados como de classe A, B, C ou D, sendo a classe A composta por resíduos reutilizados ou reciclados como agregados, em particular, para utilização no concreto. No Art. 4º, por conseguinte, institui-se que os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada.

Dessa forma, o trabalho aqui proposto é motivado a buscar fins alternativos para o RCD por meio da sua utilização na composição de concreto convencional. Acredita-se que é possível mostrar um caminho viável para a redução de impactos ambientais na indústria da construção civil, contribuindo diretamente para a redução do descarte de resíduos em locais inapropriados e possibilitando uma alternativa viável de reutilização para o material.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.0.1 Resíduos da Construção e Demolição

Segundo o Ministério das Cidades, no Brasil, a construção civil contribui com 51 a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública responsáveis pela destinação apropriada dos RCD's descartados em áreas públicas indevidamente pelos geradores.

Ao procurar maneiras de obter outras finalidades para esses resíduos gerados em demolições e construções, em países como os EUA, por exemplo, foi adotada uma política ao final da década de 1960, legitimada pela Resource Conservation and Recovering Act (Lei de Conservação e Recuperação de Recursos).

De acordo com o Ministério das Cidades, a média de RCD reciclado na Europa é de 28%. Já no Brasil, a reciclagem de resíduos se tornou pauta apenas no começo do século XXI, tornando-se destaque entre os países do Hemisfério Sul, por suas políticas públicas voltadas para o manejo adequado.

Como mencionado anteriormente, os resíduos da construção civil são classificados segundo a resolução da CONAMA nº 307/2002 em: CLASSE A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construção, demolição e de outras obras de infraestrutura; CLASSE B – resíduos recicláveis para outros fins, como plástico, vidro, madeira, entre outros; CLASSE C – resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias viáveis que permitam sua reciclagem e CLASSE D – resíduos perigosos oriundos do processo da construção.

Os resíduos que se enquadram nas classes A e B, de acordo com a classificação do CONAMA 307, são resíduos com possibilidades de serem absorvidos por processos de reciclagem. Os resíduos classe B (metal, plástico, gesso, entre outros) podem ser absorvidos por processos de reciclagem por indústrias externas ao setor da construção civil. Já os resíduos classe A, podem ser absorvidos pela cadeia principal da construção civil; uma vez reciclados, podem ser utilizados, por exemplo, na execução de bases e sub-bases de pavimentação, na substituição do agregado graúdo no concreto, entre outros (BLUMENSCHNEIN, 2007, pag. 15).

2.0.2 Concreto

Segundo o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON, 2009 apud BATTAGIN): “O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento”.

Estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, o que dá, segundo a Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP, apud IBRACON, 2009), aproximadamente, um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água.

Os agregados utilizados no concreto, de acordo com a NBR 9935:2005, são materiais sem forma ou volume definido, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassa e concreto. Considerando a granulometria, podem ser subdivididos em agregado graúdo e agregado miúdo, sendo o graúdo um tipo de material granular com pelo menos 95% em massa retidos em peneira, com abertura de malha de 4,75mm, e o miúdo corresponde a 95% em massa passante em mesma peneira.

Os agregados reciclados apresentam porosidade elevada e menor densidade, assim como a argila expandida. Porém, os agregados reciclados são mais heterogêneos (o que dificulta a uniformidade de suas propriedades) e menos resistentes. Além disso, esses agregados possuem teores de finos e/ou materiais pulverulentos mais elevados, além de formato mais irregular ou textura superficial mais rugosa (GOMES, 2015).

Dentre essas propriedades, as que mais apresentam influência na resistência do concreto são a massa específica e a absorção de água, que estão diretamente ligadas com a porosidade do material a ser agregado no concreto, influenciando na sua resistência (ANGULO, 2005).

No Brasil, segundo a NBR 15116:2004 (ABNT, 2004), é permitido o uso de agregados reciclados em concreto sem função estrutural, podendo ser utilizado tanto o agregado graúdo quanto o miúdo. Segundo LEITE (2001), alguns pesquisadores japoneses defendem que: se os agregados naturais fossem substituídos 30% da sua composição por agregados reciclados, não ocasionariam nenhuma mudança significativa nas propriedades do concreto quando comparados a concretos convencionais.

Na opinião de Nogueira (2013), o concreto com agregados reciclados, mesmo não atingindo a sua resistência característica em projeto para o traço de um concreto convencional, atinge valores suficientemente aceitáveis, podendo ser utilizado até mesmo como concreto estrutural.

Para Cabral (2007), ao se realizar a substituição do agregado graúdo natural pelos agregados reciclados, estes produzirão um efeito maior sobre a resistência à compressão se comparados com a substituição do agregado miúdo, que exerce pouquíssima influência negativa sobre a resistência à compressão do concreto como um todo.

Já de acordo com experiências realizadas por Gomes (2015), o concreto leve pode ser obtido pela substituição do agregado convencional por agregado de menor densidade, como a argila expandida, a qual apresenta também alta porosidade e absorção de água elevada. Essas propriedades se assemelham às dos agregados reciclados de resíduos de construção, tornando-os aptos para a obtenção de um concreto leve.

Os agregados reciclados diferem dos agregados naturais apenas quanto a sua composição variável, menor resistência a esforços e à abrasão e formato mais irregular. Portanto, é perceptível a necessidade da criação de uma dosagem específica para a produção de concreto com agregados reciclados, a fim de evidenciar a influência das propriedades dos mesmos sobre as propriedades do novo concreto (BARRA, 1996 apud LEITE, 2001).

3 | METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico acerca da problemática estudada. Em seguida, foi feita uma pesquisa na cidade de Pombal-PB com o intuito de encontrar obras com RCD que não seriam mais utilizados. Após essa pesquisa, foram coletados os resíduos e levados para a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Campus Pombal para o processo de trituração do material.

Para os primeiros testes, foram triturados 40 kg de resíduo com um britador de mandíbula elétrica, para padronizar o tamanho do agregado graúdo e deixá-lo com dimensão semelhante à da brita 1. Posteriormente, o material britado foi caracterizado por meio da granulometria por peneiramento. Os resíduos encontrados nas obras antes e depois de britados podem ser observados na figura 1 conforme segue.



Figura 1. Material encontrado na obra e material britado, respectivamente. Fonte: Autor do trabalho.

O fluxograma da figura 2 mostra todas as etapas e procedimentos realizados durante a pesquisa.

Uma vez finalizada a moagem do agregado de RCD, foi realizada a sua classificação, tendo em vista que este é composto por resíduos cerâmicos, de argamassa, concreto, gesso, plásticos, entre outros. Optou-se por utilizar os resíduos de argamassa pelo critério quantitativo e com a finalidade de obter amostras seguras e precisas.

A partir disto, foi realizada a caracterização física de todos os materiais utilizados na pesquisa, iniciando com o ensaio de granulometria da areia, da brita e do RCD, a fim de conhecer o tamanho dos seus grãos e as características de suas faixas granulométricas. Em seguida, foram realizados os ensaios de massa unitária, específica e umidade higroscópica dos agregados miúdos e o ensaio de absorção do agregado graúdo e do RCD. Para o aglomerante utilizado, o cimento CP II Z 32, o ensaio físico realizado foi o de finura do cimento por peneiramento na peneira 0,075mm.

Após a caracterização, deu-se início ao processo de moldagem dos corpos de prova utilizando moldes cilíndricos com dimensões de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Os traços foram feitos de acordo com os dados obtidos para os ensaios referentes aos agregados miúdo e graúdo e também conforme orientações da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a fim de que obtivesse com estes a resistência mínima de 20 Mpa, aos 28 dias de cura, conforme exigência para fins estruturais.

Para a confecção dos corpos de prova, fez-se o uso de materiais comuns a composição do concreto, como cimento, areia, brita e água, somando também o RCD, substituindo parcialmente a brita 1 em três proporções: 15%, 30% e 50%. Dessa forma, foram confeccionados também os corpos de prova convencionais, sem adição do resíduo, a fim de obter um parâmetro de comparação e verificação das propriedades pretendidas no estudo.

Para o concreto fresco, realizou-se o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, verificando a trabalhabilidade requerida para a qual o concreto foi dimensionado. Os corpos de prova foram colocados em cura úmida, sendo submetidos as idades de 7, 14 e 28 dias. Após a cura, os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos de resistência à compressão simples e tração por compressão diametral.

As normas utilizadas em cada ensaio seguem dispostas na tabela 1 abaixo.

Ensaio	Normas utilizadas
Massa unitária	NBR NM 45 / 2006
Absorção	NBR NM 53 / 2009
Granulometria	NBR NM 248 / 2003
Resistência a compressão	NBR 5739 / 2007
Resistência à tração por compressão diametral	NBR 7222 / 2011
Moldagem e cura de corpos-de-prova	NBR 5738 / 2016
Abatimento	NBR NM 67 / 1998
Finura	NBR 11579 / 2013

Tabela 1. Normas ABNT.

Fonte: Autor do trabalho.

4 | RESULTADOS

4.0.1 Caracterização Física dos Materiais

Após a realização dos ensaios de peneiramento, foi construída a curva granulométrica dos agregados graúdos e miúdos, como mostra a figura 3 a seguir.

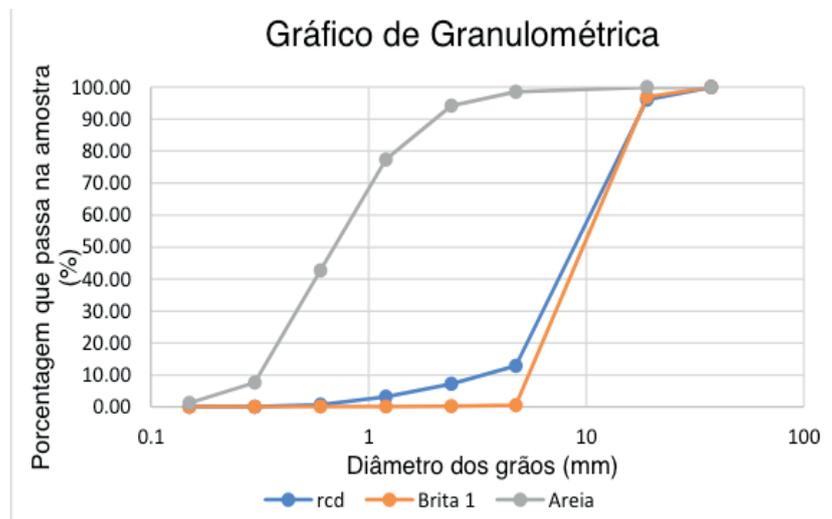


Figura 3. Gráfico granulométrico dos agregados graúdos e miúdos. Fonte: Autor do trabalho.

Analisando os dados coletados, pode-se obter os resultados da caracterização de acordo com a NBR NM 248. Apresenta-se na tabela 2, o resumo dos resultados das curvas granulométricas.

Classificação	RCD (%)	Brita 1 (%)	Areia (%)
Pedregulho	99,2	100	10
Areia	0,8	0	50
Silte	0	0	40
Argila	0	0	0

Tabela 2. Resumo da Granulometria. Fonte do autor

A partir da análise dos resultados encontrados, percebe-se a similaridade na composição do RCD e da brita 1, ambos sendo constituídos de material pedregulhoso. Já a areia tem sua constituição mais variada, sendo classificada de acordo análise granulométrica. Nota-se que o agregado miúdo natural apresentou distribuição granulométrica dentro da margem utilizável para agregado miúdo e ficando com sua curva granulométrica próxima da zona ótima, conforme a NBR 7211/2009. Da análise dos dados das composições granulométricas dos agregados, têm-se os principais parâmetros apresentados na tabela 3.

Parâmetro	RCD	Brita 1	Areia
D ₁₀	4,4	5,2	0,25
D ₃₀	6,5	7,3	0,49
D ₆₀	10	10,3	0,8
CC	0,96	0,99	1,20
CU	2,27	1,98	3,20

Tabela 3. Principais parâmetros obtidos da granulometria dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

Onde:

D_{10} = Diâmetro correspondente a 10% em peso total de todas as partículas passantes;

D_{20} = Diâmetro correspondente a 20% em peso total de todas as partículas passantes;

D_{30} = Diâmetro correspondente a 30% em peso total de todas as partículas passantes;

CC = Coeficiente de Curvatura;

CU = Coeficiente de uniformidade (ou não uniformidade).

De acordo com os resultados, as curvas granulométricas do RCD e da brita 1 são caracterizadas como curvas descontínuas com ausência de grãos e muito uniformes. Já a curva da areia, tem-se como bem graduada e muito uniforme. Nota-se que a curva do RCD e da brita 1 são bastante similares, o que aponta que os materiais têm composições semelhantes e conseqüentemente que o RCD pode se apresentar como insumo para substituir o agregado graúdo natural.

4.0.2 Massa unitária

Quanto a massa unitária, exibe-se os resultados obtidos através deste ensaio referentes aos agregados estudados na tabela 4.

Agregado	Massa Unitária (g/cm ³)
RCD	1,09
Brita	1,45
Areia	1,41

Tabela 4. Dados correspondentes ao ensaio de massa unitária dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

De acordo com Cabral (2007), a diminuição da massa unitária do RCD em comparação com o agregado graúdo natural acontece em função da diminuição da densidade do próprio material e da alta porosidade característica dos agregados reciclados. A forma irregular das partículas dos agregados contribui também para a redução da mesma. Porém, essa redução depende ainda da granulometria do RCD.

4.0.3 Absorção

Utilizando-se os agregados graúdos, com a realização dos ensaios de absorção de água, conforme a tabela 5, tem-se os seguintes resultados:

Agregado	Absorção (%)
RCD	9,66
Brita	0,60

Tabela 5. Dados correspondentes ao ensaio de absorção de água dos agregados. Fonte: Autor do trabalho.

Desse modo, constatou-se que o agregado reciclado possui um alto índice de absorção em comparação com o agregado natural, atingindo cerca de 16 vezes a porcentagem do mesmo. Esse crescimento poderá ocasionar o aumento do teor de pasta de concreto, aumentando conseqüentemente a quantidade de poros, implicando no comprometimento do traço com a quantidade de água a ser utilizada. Dessa forma, precisa-se de certa atenção para que a resistência do concreto não seja reduzida.

4.0.4 Finura do cimento por peneiramento

Para o cimento, obteve-se a finura pelo peneiramento realizado na peneira 0,075mm, com 2,7% de resultado, expresso pela quantidade retida de material na peneira em questão. Esse valor é menor que 12%, limite máximo imposto pela NBR 11579/2013, o qual proporciona uma melhoria das resistências, trabalhabilidade, impermeabilidade e coesão do concreto.

4.0.5 Concreto no estado fresco e endurecido

Os traços e suas proporções seguem dispostas abaixo na tabela 6.

Composição	Traço
RDC 15%	1: 2,28: 2,62: 0,53
RDC 30%	1: 2,28: 2,62: 0,56
RDC 50%	1: 2,28: 2,62: 0,60
Convencional	1: 2,28: 2,62: 0,49

Tabela 6. Dados correspondentes aos **Traços**. Fonte: Autor do trabalho.

Por meio da figura acima, nota-se que a relação água-cimento aumenta de acordo com o acréscimo de resíduo na composição do traço. Isso ocorre devido à elevada absorção de água do agregado reciclado. Na composição de 15% houve um acréscimo na proporção da água, aumentando 8,16% e ficando mais próximo em relação ao convencional. Já nas outras composições de 30% e 50%, os acréscimos foram de 14,28% e 22,44%, respectivamente, em relação ao convencional. Esse fator acarretou no aumento dos vazios no concreto, afetando diretamente suas propriedades mecânicas e, conseqüentemente, diminuindo sua resistência. Vale destacar que os traços especificados acima foram dimensionados com suas proporções em massa, de

acordo com o método da ABCP.

4.0.6 Ensaio de consistência

O ensaio de abatimento de tronco de cone é realizado para verificar a consistência do traço, que está diretamente relacionada às suas próprias características, como a mobilidade do concreto e também a coesão entre seus componentes.

Traço	Slump Test (cm)
RCD 15%	7
RCD 30%	6
RCD 50%	5,5
Convencional	7

Tabela 7. Dados correspondentes ao ensaio de abatimento. Fonte: Autor do trabalho.

A partir das informações expostas na tabela 7, pode-se constatar que o traço de 15% apresentou o mesmo abatimento que o concreto convencional. Observa-se que o aumento do teor de resíduo de construção e demolição acompanha o aumento da porcentagem de água no traço, o que resulta no aumento da consistência do concreto, visto que o Slump reduziu. O traço foi calculado para um abatimento de 7 com margem de $\pm 1,5$ cm. Assim, todas as composições se apresentaram dentro da margem estipulada.

4.1 Caracterização Mecânica

4.1.1 Ensaio da resistência à compressão simples

Com base nos resultados adquiridos no ensaio de compressão simples, verifica-se que, com 28 dias de cura, o concreto com adição de RCD em suas composições de 15% e 30%, atingiram os resultados esperados (acima de 20 MPa). Apenas a composição de 50%, foi inferior (16,1 MPa), como mostrado na tabela 8. Cada uma das resistências médias abaixo corresponde à média obtida pela resistência de dois corpos de prova. Os dados referentes as resistências unitárias de cada corpo de prova ensaiado seguem também dispostas abaixo.

Compressão Simples				
Dias de cura	RCD 15 % (MPa)	RCD 30% (MPa)	RCD 50% (MPa)	CONVENCIONAL
0	0	0	0	0
7	14,15	10,9	13,75	16,24
14	22,13	15,93	16,93	20,34
28	21,61	21,24	16,74	21,08

Tabela 8. Dados correspondentes a resistência média à Compressão Simples. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD			
	7 dias	14 dias	28 dias
15%	14,15	22,13	21,61
30%	10,9	15,93	21,24
50%	13,75	16,93	16,74

Tabela 9. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para as diferentes idades de cura. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 15%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	14,95	21,22	21,66
CP 2 RCD	13,35	23,04	21,56
Média	14,15	22,13	21,61
Desvio Padrão	1,13	1,29	0,07

Tabela 10. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 15%. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 30%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	10,74	15,97	21,3
CP 2 RCD	11,06	15,89	21,18
Média	10,9	15,93	21,24
Desvio Padrão	0,23	0,06	0,08

Tabela 11. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 30%. Fonte: Autor do trabalho.

Compressão - RCD 50%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	14,15	17,92	18,44
CP 2 RCD	13,35	15,93	15,04
Média	13,75	16,93	16,74
Desvio Padrão	0,57	1,41	2,40

Tabela 12. Dados correspondentes a resistência à Compressão Simples para o traço de 50%. Fonte: Autor do trabalho.

Ressalta-se o de composição 15%, visto que apresentou o melhor desempenho, superando o traço convencional após os 14 e 28 dias de cura, como se pode constatar na figura 4 abaixo.

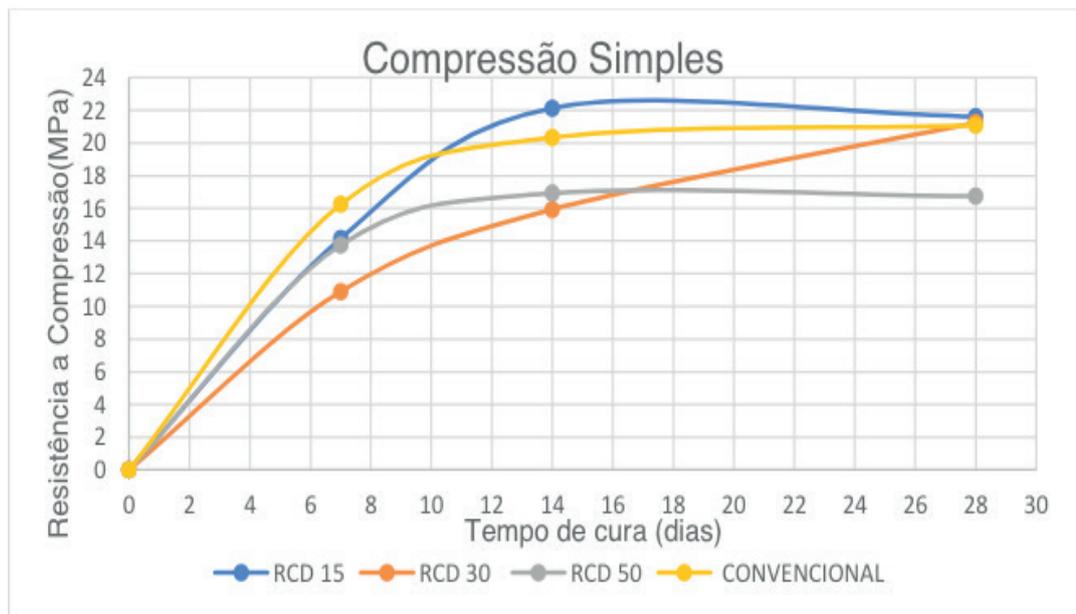


Figura 4: Resistência à Compressão Simples. Fonte: Autor do trabalho.

Neste contexto, podemos verificar que os RCD com composições de 15% e 30% atingiram resistências mínimas para um concreto de fins estruturais, como estipuladas pela Norma NBR 6118/2014. Assim, a diferença de resistência entre os traços convencional e de RCD, ambos com a mesma idade de cura, foi muito pequena, o que torna compensatório a sua substituição.

4.1.2 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Com relação ao ensaio de compressão diametral, observou-se que o agregado de RCD proporcionou boas propriedades de resistência, mantendo resultados próximos aos do agregado convencional. Assim, cabe mencionar o traço de 15%, o qual obteve resistência à compressão diametral de 2,94 Mpa, muito próxima ao traço convencional, que foi de 3,04 Mpa (como mostrado na tabela 13 e na figura 5 abaixo). Cada uma das resistências médias abaixo corresponde à média obtida pela resistência de dois corpos de prova. Os dados referentes as resistências unitárias de cada corpo de prova ensaiado seguem também dispostas abaixo.

Compressão Diametral				
Dias de cura	RCD 15% (MPa)	RCD 30% (MPa)	RCD 50% (MPa)	CONVENCIONAL
0	0	0	0	0
7	1,69	2,44	2,19	1,8
14	2,79	2,71	2,41	2,65
28	2,94	2,25	2,55	3,04

Tabela 13. Dados correspondentes a resistência média à Compressão diametral. Fonte: Autor do trabalho.

Diametral – RCD			
	7 dias	14 dias	28 dias
15%	1,69	2,79	2,94
30%	2,44	2,71	2,25
50%	2,19	2,41	2,55

Tabela 14. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para as diferentes idades de cura. Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 15%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	1,71	2,92	3,01
CP 2 RCD	1,67	2,66	2,86
Média	1,69	2,79	2,94
Desvio Padrão	0,03	0,18	0,11

Tabela 15. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 15%. Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 30%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	2,66	2,85	2,01
CP 2 RCD	2,22	2,56	2,48
Média	2,44	2,71	2,25
Desvio Padrão	0,31	0,21	0,33

Tabela 16. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 30%. Fonte: Autor do trabalho.

Diametral - RCD 50%			
	7 dias	14 dias	28 dias
CP 1 RCD	2	2,31	2,44
CP 2 RCD	2,38	2,51	2,65
Média	2,19	2,41	2,55
Desvio Padrão	0,27	0,14	0,15

Tabela 17. Dados correspondentes as resistências à Compressão Diametral para o traço de 50%. Fonte: Autor do trabalho.

Apartir dos dados expostos na tabela acima, construiu-se o gráfico de compressão diametral como mostra a figura 5 abaixo.

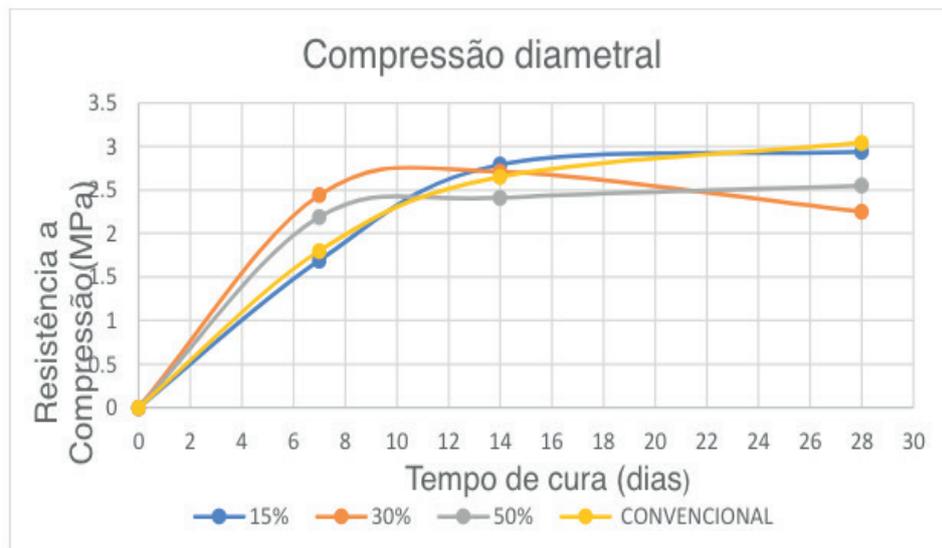


Figura 5: Resistência à Compressão diametral. Fonte: Autor do trabalho.

Percebe-se que, quando comparada à resistência à compressão simples, a resistência à compressão diametral do concreto foi menos afetada com a adição de RCD. Segundo Leite (2001), isso pode ser explicado porque a resistência à tração leva em consideração mecanismos de aderência física entre as partículas e, como o uso de agregados reciclados parece promover uma boa aderência entre a pasta e o agregado, em função da sua forma mais irregular e rugosa, a zona de transição do concreto com agregados reciclados é muito boa, mostrando que o mesmo pode ser empregado na substituição do agregado graúdo.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição parcial do agregado graúdo mostra-se como uma alternativa viável, visto que a inserção dos resíduos de demolição e construção apresentaram resultados satisfatórios, principalmente quando em substituição de 15% do agregado natural. Características, como a massa unitária e a absorção obtiveram em seus resultados certa discrepância quando comparados com o agregado convencional, consequência da maior porosidade e maior permeabilidade do RCD. Porém, sendo feita a dosagem do resíduo a partir da análise dos resultados obtidos, pode-se conseguir valores equivalentes de resistência.

Os valores de resistência à compressão foram satisfatórios, principalmente quanto à substituição de 15% e 30% que se equiparam ao valor da resistência do concreto convencional. Constatou-se também valores semelhantes de compressão diametral na substituição de 15% de RCD, devido à maior aderência física entre as partículas constituintes do RCD.

Observa-se que o RCD tem um alto teor de absorção, resultando na utilização de maior quantidade de água no traço do concreto, recurso indispensável para a sobrevivência humana e que já se torna de difícil acesso em algumas regiões do

mundo. Esse percentual de aumento, contudo, torna-se compensatório quando comparado com os danos causados pela disposição incorreta desses resíduos.

Além da viabilidade mecânica e física da substituição do resíduo de demolição e construção, têm-se as melhorias ambientais, consequência da destinação desses resíduos a uma nova funcionalidade, acarretando na diminuição de entulhos decorrentes de materiais construtivos em aterros, além da diminuição da retirada de recursos naturais, amenizando a agressão ambiental da ação do homem no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9935:2005. **Agregados – Terminologia**. Rio de Janeiro, pag. 1-8, 2005.

_____. NBR 5738:2016. **Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, pag. 1-9, 2016.

_____. NBR 5739:2007. **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, pag. 1-8, 2007.

_____. NBR 7222:2011. **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, pag. 1-3, 2011.

_____. NBR 11579:2013. **Cimento Portland–Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 6118:2003. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN - NBR NM 53:2009. **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, pag. 1-9, 2009.

_____. NBR NM 52:2009. **Agregado miúdo–Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 67:1998. **Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. 1998.

_____. NBR NM 248:2001. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, pag. 1-3, 2001.

_____. NBR NM 45:2006. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, pag. 1-8, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015, pag. 88.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

RESOLUCAO Nº 307, pg. 01-02, 2002.

BLUMENSCHHEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF. 2007.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

GOMES, P. C. C. *et. al.* **Obtenção de concreto leve utilizando agregados reciclados**. Pag 1, 2015.

IBRACON, Instituto Brasileiro do Concreto. **Revista Concreto & Construções**. Ano XXXVII, Nº 53, São Paulo, 2009.

IPEA, Instituto de Pesquisa Economica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de pesquisa**. Brasília – DF, 2012.

KARPINSK, L.A; PANDOLFO, A; REINERER, R.; GUIMARÃES, J.C.B; PANDOLFO, L.; KUREK, J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre, RS: Edipucrs, 2009.

LEITE, M. A. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre – RS, 270 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.

NOGUEIRA, Luís Gustavo da silva. **Utilização de RCD na confecção de um concreto sustentável**. Pag., 111-116. Centro Universitário de Brasília-UniCEUB. 2013.

SOUZA, U.E.L. de *et. al.*; **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva**. Ambiente Construído, v.4, nº 4, p.33-46, 2004.

ESTUDO SOBRE INSERÇÃO DE RASPAS DE PNEUS NO TIJOLO ECOLÓGICO FABRICADO NA REGIÃO DE TERESINA-PI

Francisca das Chagas Oliveira

Centro Universitário Mauricio de Nassau-
UNINASSAU – Teresina - PI

Francisco Arlon de Oliveira Chaves

Centro Universitário Santo Agostinho -UNIFSA
-Teresina - PI

Linardy de Moura Sousa

Centro Universitário UNINOVAFAPI -Teresina - PI

Marcelo Henrique Dias Sousa

Centro Universitário Santo Agostinho -UNIFSA
-Teresina - PI

RESUMO: Diante do crescimento de impactos ambientais no mundo estamos buscando e aperfeiçoando materiais sustentáveis para uso na construção civil. Dentre os materiais temos o tijolo ecológico, este reduz a poluição desde o processo de fabricação, pois não precisa ser cozido não é necessário lenha para alimentar os fornos evitando o desmatamento. É composto por areia, cimento e água. A construção feita com este tijolo apresenta no seu interior temperaturas agradáveis, suportando muito bem as altas temperaturas. O presente trabalho objetiva a introdução de raspas de pneus como adição para a melhoria das características e propriedades do tijolo, onde serão moldados corpos de prova para obtenção dos resultados. A reciclagem de pneus é uma fonte que contribui em grande número para o acúmulo de resíduos

de borracha que são obtidos durante esse processo na forma de fibras e pó de borracha, visto que este material está sendo descartado, portanto esta seria uma maneira de reaproveitá-lo. Foi realizada uma revisão de literatura sobre o tema, além de ensaios mecânicos e caracterização do material em laboratório. Após a realização dos ensaios, será estudada a possibilidade de usá-lo como componente para o tijolo ecológico e utilizá-lo na região de Teresina-PI.

PALAVRAS-CHAVE: Pneus de Borracha. Tijolo Ecológico. Areia

STUDY ON THE INSERTION OF TIRE SHAVINGS IN THE ECOLOGICAL BRICK FABRICATED IN THE REGION OF TERESINA-PI

ABSTRACT: Facing the growth of environmental impacts in the world we are seeking and perfecting sustainable materials for use in construction. Among the materials we have the ecological brick, this reduces the pollution from the manufacturing process, because it does not need to be cooked, we do not need firewood to feed the ovens, avoiding deforestation. It consists of sand, cement and water. The construction made with this brick presents in its interior pleasant temperatures, supporting very well the high temperatures. The present work

aims at the introduction of tire shavings as an addition to improve the characteristics and properties of the brick, where molds will be molded to obtain the results. The recycling of tires is a source that contributes in large numbers to the accumulation of rubber waste that is obtained during this process in the form of fibers and rubber powder, since this material is being discarded, therefore this would be a way to reuse it. It. A literature review on the subject was carried out, as well as mechanical tests and characterization of the material in the laboratory. After the tests, the possibility of using it as a component for the ecological brick and using it in the region of Teresina-PI will be studied.

KEYWORDS: Rubber tires. Ecologic Brick. Sand

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de tijolos de terra crua data da Antiguidade. Segundo [4], a terra como material de construção é conhecida há aproximadamente dez mil anos. O tijolo ecológico é uma opção em edificações de baixo custo, pois não requer mão-de-obra especializada, possui um excelente conforto térmico e acústico, não são queimados e, portanto, não emitem o gás carbônico responsável pelo aquecimento global, a técnica de fabricação gera uma menor quantidade de resíduos, sua matéria-prima é abundante. Produzido apenas com solo, cimento e água, o tijolo ecológico ou tijolo solo-cimento pode ser montado por encaixe, colocando-se um sobre o outro, facilitando o assentamento e o tempo de execução e diminuindo a quantidade de argamassa ou cola empregada.

De acordo com [7], esse tijolo possui dois furos, e isso aumenta o isolamento termo acústico, pois os furos compõem câmaras de ar no âmago das alvenarias. E, em relação ao tijolo convencional, ele também é mais resistente, impermeável e durável.

A preocupação com a possível escassez dos recursos naturais é a principal justificativa para o aumento da busca pela sustentabilidade [8], a inserção de raspas de pneus na produção dos tijolos ecológicos surge como uma oportunidade de contribuir para a preservação do meio ambiente e ao mesmo tempo buscar qualidade no processo de fabricação desses tijolos. O descarte inadequado de pneus constitui atualmente um dos mais graves problemas ambientais, devido ao grande volume de descarte associado à sua durabilidade. Os pneus apresentam uma degradação muito lenta, ao serem aterrados inteiros, pode provocar o escorregamento das células de lixo, bem como reduzir a vida útil dos aterros sanitários [3].

Para conter o avanço desse resíduo, é necessário reciclar os pneus de modo seguro, no entanto, a reciclagem dos pneus ainda é um desafio, pois a composição da borracha apresenta um material de alta resistência química e física, fazendo da reciclagem um processo complexo e com custos elevados para indústria recicladora.

O uso do pó da borracha proveniente da reciclagem de pneus descartados é

potencialmente aproveitável, mas que no momento tratam com uma nítida noção de desperdício, alerta-nos para a necessidade de realização de estudos para melhorar seu ciclo de produção e adequação visando a um melhor gerenciamento desse material.

Segundo [6], a utilização de resíduos pela indústria da construção civil está se tornando cada vez mais importante, com relação ao desenvolvimento de pesquisas referentes ao assunto, a idéia de seu uso para melhorar o comportamento de materiais de construção é antiga e intuitiva.

Frente ao desafio do gerenciamento sustentável desses resíduos e, levando-se em consideração a questão ambiental, este trabalho é de natureza exploratória e tem como objetivo analisar e comparar algumas características do tijolo ecológico associado às raspas de pneus. Para isso, é importante apresentar suas propriedades e características, realizar testes de resistência à compressão com base na NBR 8492:2012[1], para enfim compará-lo ao tijolo ecológico convencional e sua aceitação no mercado.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Fabricação

Iniciamos seguindo os procedimentos apresentados na norma NBR-8491:1984[2]. Primeiro passo foi uma visita a Associação Teresinense dos Profissionais em Olaria, localizada no bairro São Joaquim S/N em Teresina- PI, onde funciona um projeto da Prefeitura Municipal de Teresina, no qual foram cedidas três máquinas ECO BRAVO (figura 01) utilizado na fabricação do tijolo ecológico.



Figura 1 – Prensa Hidráulica (Fonte: Autoria própria)

Para fabricação do tijolo ecológico os oleiros da associação utilizam barro retirado da região do Poty Velho em Teresina-PI, cimento portland e água, conhecido também como solo-cimento o produto resultante dessa mistura compactados na umidade ótima e sob a máxima massa específica seca nas proporções preestabelecidas

adquire resistência e durabilidade através da hidratação do cimento, acompanhou-se detalhadamente o processo de fabricação do tijolo de solo-cimento. Nele, participou-se desde a escolha do solo ideal ao início de processo de cura do produto. Para esta escolha, analisou-se o teor de cada componente granulométrico. E para fabricar o tijolo ecológico com raspas de borracha, foi utilizado barro, cimento e a raspa de pneus coletada em uma fábrica de reciclagem localizada na região da Pedra Mole Teresina-PI. O processo de obtenção das raspas de pneus se dá a partir de um conjunto de equipamentos composto por um triturador, uma prensa e um classificador, logo após é passado na peneira de malha 2 mm. De acordo com [5] existe vários tipos de granulometria de resíduos de pneus e classificam seus resíduos em três tipos de grupos de 38, 25 e 19 mm como tamanhos máximos. Além disso, se utilizam uma faixa granulométrica de resíduos passada na peneira de abertura de malha 2 mm.

Para execução dos testes, foram confeccionados 18 corpos de prova sendo, 9 com barro, cimento, raspas de pneus e água, para tal, procederam-se os testes com raspas de pneus (figura 02) foram usados: 118,72kg de barro; 12kg de cimento; 1,035kg de água e 395,75g raspas de pneus. Sendo o barro peneirado na peneira de número 4,8mm e as raspas de pneus na peneira de número 2mm. Para comparar nossas amostras mistura inicial recolhemos 9 amostras confeccionadas no mesmo dia, feita pelos oleiros da associação com traço 1:10 (cimento-barro) e a água é adicionada com auxílio de um regador até atingir umidade ótima para fabricação de 1000 tijolos O material é pesado em balde que serve de base para os oleiros e a mistura do material é feita manualmente (figura 03) com a utilização de uma pá em seguida levado até a máquina e prensado.



Figura 2 – Traço para o tijolo ecológico
(Fonte: Autoria própria)



Figura 3 – Areia- barro e borracha
(Fonte : Autoria própria)

Depois de confeccionados, os tijolos foram submetidos ao processo de cura e

foram armazenados em local protegido do sol e do vento e molhados diariamente (figura 04), de acordo com o período preestabelecido para cada tratamento.



Figura 4 – Tijolo ecológico logo depois da prensagem
(Fonte: Autoria própria)

2.2 Ensaio de resistência a compressão

As principais fases do processo concluídas conferem as propriedades requeridas para o tijolo ecológico. Estas propriedades, definidas em normas, são o índice de absorção de água e a resistência à compressão, sendo a resistência o objetivo de nosso estudo.

A fabricação de tijolos ecológicos não está amparada por nenhuma regulamentação específica, porém devem-se respeitar as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Os ensaios físicos e mecânicos devem obedecer às prescrições da norma da ABNT NBR-8492:2012[1] denominada Tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão: método de ensaio e da norma NBR-8491:1984[2], denominada Tijolo maciço de solo-cimento: especificação. O ensaio foi realizado no laboratório de SOLOS E CONCRETO DA FACULDADE SANTO AGOSTINHO-FSA entre os meses de fevereiro e março de 2017. Para este trabalho foram analisados os resultados obtidos com 7 e 28 dias de cura dos tijolos ecológicos. Antes dos ensaios de compressão e flexão, determinaram-se as medidas de todas as amostras, observando-se o aparecimento de fissuras e os aspectos estéticos das peças produzidas como cantos bem definidos e qualidade final do bloco. Objetivando reduzir as variações de ensaio devidas à falta de paralelismo entre os pratos da prensa, foram colocadas duas chapas metálicas retangulares de faces planas para obtenção do paralelismo e regularização das faces de trabalho, também para regularização as bordas de encaixe foram retiradas dos corpos de prova com auxílio de uma faca de mesa.

Inicialmente foram rompidos 3 corpos de prova com 7 dias com 0,25% de borracha em sua composição (Figura 05), em seguida o mesmo procedimento com 3 corpos de

prova sem raspas de pneus em sua composição, sendo rompido com 7 dias sem adição de raspas de pneus (Figura 06), na segunda etapa com 28 dias realizou-se o mesmo processo, foram comparadas as leituras dos resultados de cada amostra, com finalidade de verificar se ambas possuem as mesmas qualidades e segurança.



Figura 5 -Tijolo ecológico
(Fonte: Autoria própria)



Figura 6- ensaio de compressão no tijolo
(Fonte: Autoria própria)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das dimensões dos tijolos ecológicos

A NBR-8491:1984[2] estabelece que os tijolos possam ser fabricados com as seguintes dimensões do tijolo tipo I - 20 x 9,5 x 5 centímetros (cm) ou do tipo II - 23 x 11 x 5 centímetros (cm), permitindo até 3 mm em cada aresta, visando garantir o padrão necessário para a estabilidade da construção. As medições realizadas nos corpos de prova com e sem adição de raspas de pneus indicaram não conformidades com a norma NBR-8491:1984[2] identificou-se que as dimensões médias eram 26,09x12,98x7,57(Tabela 01). Estes resultados requerem a urgência de aperfeiçoamento do padrão de produção, com intuito de obter dimensões apropriadas.

Amostra	Comprimento	Largura	Altura
1	26,0	13,0	8,0
2	26,2	12,9	7,9
3	26,2	13,0	8,0
4	26,3	13,0	8,0
5	26,1	12,9	7,9
6	26,0	12,9	7,9
7	26,1	13,0	8,1
8	26,1	13,0	8,1
9	26,1	13,0	8,1
10	26,1	12,9	8,2
11	26,1	12,9	8,0
12	26,0	12,9	8,0
13	26,1	13,1	8,2
14	26,0	13,1	8,1
15	26,1	13,0	8,0
16	26,1	13,1	8,0
17	26,1	13,0	8,0
18	26,0	13,0	8,1
Média	26,09	12,98	7,57

Tabela I - Dimensões dos tijolos ecológicos (cm)

Fonte: Autoria própria

3.2 Análise do resultado do ensaio de resistência à compressão

O tijolo ecológico é uma alternativa para suprir uma carência habitacional devido ao baixo custo da construção, uma vez que busca valorizar os materiais naturais. Além das facilidades na linha de produção – é um produto de encaixe, que dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura, o que garante mais agilidade ao longo da construção, dessa forma é necessário realizar ensaios de resistência para aprimorar a construção com os mesmos e minimizar custos. As amostras foram submetidas ao teste de resistência mecânica, segundo NBR 8492:2012[1] para ensaio de resistência a compressão simples, sendo que de acordo com a norma os valores ideais a serem encontrados neste teste são: mínimo de 2Mpa (média) e 1,7Mpa (individualmente). A título de comparação, desenvolveu-se uma tabela para analisar as médias dos os tijolos ecológicos convencionais e com adição de raspas de pneus. Após 7 e 28 dias de secagem, comportamento mecânico dos blocos com adição de raspas de pneus foi significativamente superior ao da amostra de referência (sem raspas de pneus). Mas ambos resultados não estão de acordo com a norma.

	7 DIAS	28 DIAS
Tijolos ecológicos sem adição de raspas de pneus	1,1733	1,55
Tijolos ecológicos com adição de raspas de pneus	1,1766	1,70

Tabela 2 – Resultados dados em média para cada traço (Mpa)

Fonte: Autoria própria (2017)

4 | CONCLUSÕES

Conforme a apresentação inicial deste trabalho, que teve como objetivo a análise do tijolo ecológico ou solo-cimento convencional e com adição de raspas de pneus, dimensões e testes de resistência, apresenta-se as seguintes conclusões:

As dimensões dos tijolos não correspondiam àquelas estabelecidos em norma técnica, no entanto, os resultados dos ensaios foram apresentados a Associação Teresinense dos Profissionais em Olaria, para que a associação junto a prefeitura de Teresina possa adequar-se a norma técnica.

O tijolo ecológico ou solo-cimento com raspas de pneus também apresentou resistência à compressão superior ao tijolo solo cimento-cimento utilizado nos ensaios, concluiu-se que o tijolo solo-cimento com raspas de pneus é mais resistente que tijolo solo-cimento convencional. Mas ambas as amostras ensaiadas não apresentaram resistência exigida pela norma, que pede mínimo 2Mpa em média ou 1,7Mpa individualmente. Os resultados do teste serão apresentados a Associação que fabrica os tijolos para que os mesmos possam ser adequados conforme a norma. De modo geral a vantagem desse tijolo é bastante benéfica financeiramente, pois há redução de gastos com material, mão de obra e tempo de construção – e ambientalmente – com o uso de matéria prima em abundância no planeta. Além do mais, trata-se de um processo construtivo mais simples que os demais, o que proporciona a construção de casas em projetos sociais para favorecer famílias de baixa renda e com utilização de raspas de pneus diminui o impacto ambiental que esses pneus podem causar a natureza.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecer a Associação Teresinense dos Profissionais em Olaria, localizada no

bairro São Joaquim S/N em Teresina- PI.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492:2012 - **Tijolo maciço solo-cimento: Determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491:1984 - **Tijolo maciço solo-cimento: especificação**. Rio de Janeiro, 1984.
- [3] D'ALMEIDA, M. L. e SENA, L. B. R. **Reciclagem de Matérias**. Manual de Gerenciamento Integrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000.
- [4] DETHIER, J. **Arquiteturas de terra, ou o futuro de uma tradição milenar**. Europa Terceiro Mundo – Estados Unidos. 10ed. Lisboa: Litografia Tejo, 1993.
- [5] ELDIN, N.N.; SENOUCI, A.B. Rubber – **Tire particles as concrete aggregate**. ASCE J. Mater. Civ. Eng. 1995, nº 5, p.478-496
- [6] FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. Diss. Universidade de São Paulo, 2002.
- [7] MOTTA, J. C. S. S., et al. **“Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis.”** *e-xacta* 7.1 (2014): 13-26.
- [8] SILVA, F. M. G; FARIA, O. B.: **Comparação entre sistemas construtivos com adobe e com tijolo cerâmico alveolar: um estudo de caso no assentamento rural “Fazenda Pirituba” (Itapeva-SP)**. V Encontro de Pesquisa e Pós Graduação, V Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará. Fortaleza, 2006.

PROJETO SEPTICA – EXPERIÊNCIAS EM EXTENSÃO PARA O SANEAMENTO RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DO BRUMADO (MARIANA – MG)

André de Oliveira Faria

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

Aníbal da Fonseca Santiago

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

Jefferson de Oliveira Barbosa

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

Lívia de Andrade Ribeiro

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

Thainá Suzanne Alves Souza

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

Thaissa Jucá Jardim Oliveira

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto - Minas Gerais

RESUMO: O Projeto SEPTICA é uma iniciativa dos grupos PET de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto, que visa estudar as condições de saneamento na área rural da bacia hidrográfica da cachoeira do Brumado e desenvolver ações de educação ambiental junto à comunidade local, visando fortalecer as discussões sobre saneamento na região. Sua metodologia envolve o monitoramento da qualidade da água da bacia,

diagnóstico das condições de saneamento no local, educação ambiental voltada para o saneamento e o estudo e divulgação de tecnologias sociais para o tratamento de esgoto. Os resultados apontaram que os corpos d'água da bacia apresentam índice de qualidade da água (IQA) médio, com exceção de três pontos críticos, localizados no córrego Água Limpa, em Cafundão de Baixo e na Cachoeira do Brumado. Notou-se que 66% dos moradores não têm acesso a serviços públicos de abastecimento de água e que a maior parte da população despeja seus efluentes diretamente nos córregos da região. Quanto às ações de educação ambiental e às reuniões com a comunidade, estas foram de extrema importância para dar visibilidade aos problemas socioambientais da bacia e deram base para a mobilização social em prol da resolução desses problemas.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento rural; Tecnologias sociais; Educação ambiental.

SEPTIC PROJECT - EXPERIENCES IN EXTENSION FOR RURAL SANITATION IN THE BRUMADO WATERFALL BASIN (MARIANA - MG)

ABSTRACT: The SEPTICA Project is an initiative of the PET groups of Civil Engineering and Environmental Engineering of the Federal University of Ouro Preto, which aims to carry out

sanitation actions in the rural area of the Brumado waterfall basin and environmental development actions with the local community, strengthening as the discussions on sanitation in the region. Its methodology involves the monitoring of the water quality of the basin, diagnosis of non-local sanitation conditions, environmental education focused on sanitation, the study and dissemination of social programs for sewage treatment. The results indicated that the rainfall bodies had a mean water quality index (IQA), with the exception of three critical points, located in the Clean Water stream, the Lower Cafundão and the Brumado Waterfall. It was noted that 66% of the inhabitants do not have access to public services in their streams of the region. Actions of environmental and the meetings with a community have been fundamental to access the socio-environmental problem base.

KEYWORDS: Rural sanitation; Social Technologies; Environmental education.

1 | INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2010 a Organização das Nações Unidas – ONU (2010) reconheceu pela primeira vez o direito à água potável e ao saneamento como direito humano, ‘essencial para o pleno gozo da vida e de todos os demais direitos humanos’ (Resolução 64/292, 2010). Tal declaração elevou o nível da cobrança internacional em relação às políticas públicas de saneamento básico.

Segundo Zancul (2016), historicamente, os investimentos em saneamento básico no Brasil foram concentrados nos grandes centros urbanos, deixando grande parte da população nacional sem acesso a esses serviços — notadamente nas periferias das cidades, comunidades rurais e pequenos municípios. Como alternativa para contribuir para o empoderamento das populações do campo, a gestão comunitária do saneamento básico – inspirada nos princípios da autogestão – torna-se uma boa opção, ao mesmo tempo em que diminui a responsabilidade financeira do Estado nessas atividades (ATAIDE et al., 2012).

Tendo em vista a situação econômica brasileira, torna-se imprescindível o investimento no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e de alta eficiência, para o tratamento de águas residuárias. Nesse sentido, algumas tecnologias locais de tratamento de esgoto vêm sendo elaboradas e aplicadas no campo por instituições como Embrapa, Emater, Funasa e outras organizações governamentais e não governamentais atuantes nestas áreas.

A partir dos princípios baseados na sustentabilidade e no aproveitamento integral da energia e dos nutrientes presentes no efluente, essas tecnologias têm se mostrado alternativas para o tratamento de esgoto na área rural. Dentre elas, podemos citar: o tanque de evapotranspiração; a fossa séptica biodigestora; os jardins filtrantes; o círculo de bananeiras; os biodigestores pré-fabricados, a fossa séptica evapotranspiradora; e a fossa séptica econômica.

A gestão comunitária no âmbito do saneamento rural significa, portanto, uma nova

forma de resolver problemas, a partir da valorização dos conhecimentos, habilidades e verdadeiras necessidades da população. De acordo com a Fundação Nacional de Saneamento (FUNASA, 2011), a diversidade ambiental e cultural existente neste meio exige formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações.

Assim como muitas comunidades brasileiras de pequeno porte, Cachoeira do Brumado, distrito do município de Mariana - MG, é mais uma comunidade com condições precárias de saneamento básico. Neste local localiza-se um dos principais pontos de ecoturismo do município: a Cachoeira do Brumado, que serve como atrativo para turistas e lazer para os moradores locais. Assim, é notório que a população apresente uma relação muito próxima com seus corpos hídricos e sujeita a sérios riscos de contrair doenças de veiculação hídrica.

Considerando a importância do saneamento básico para dignidade da pessoa humana e a preservação dos corpos hídricos da bacia da Cachoeira do Brumado como uma questão estratégica dentro do município, verifica-se a necessidade de estudos e projetos que contribuam para uma solução sustentável desta problemática a médio e longo prazo.

2 | METODOLOGIA

A metodologia do trabalho envolveu o monitoramento da qualidade da água da bacia, o diagnóstico das condições de saneamento no local, educação ambiental voltada para o saneamento e o estudo e divulgação de tecnologias sociais para o tratamento de esgoto.

A Bacia Hidrográfica da Cachoeira do Brumado é uma sub-bacia do Rio Gualaxo do Sul, que por sua vez faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio do Carmo. Sua área é de 7228,37 hectares e está localizada entre os distritos de Cachoeira do Brumado e Padre Viegas, no município de Mariana – MG (Figura 1). Seus principais rios são o Ribeirão do Brumado e o córrego Água Limpa.

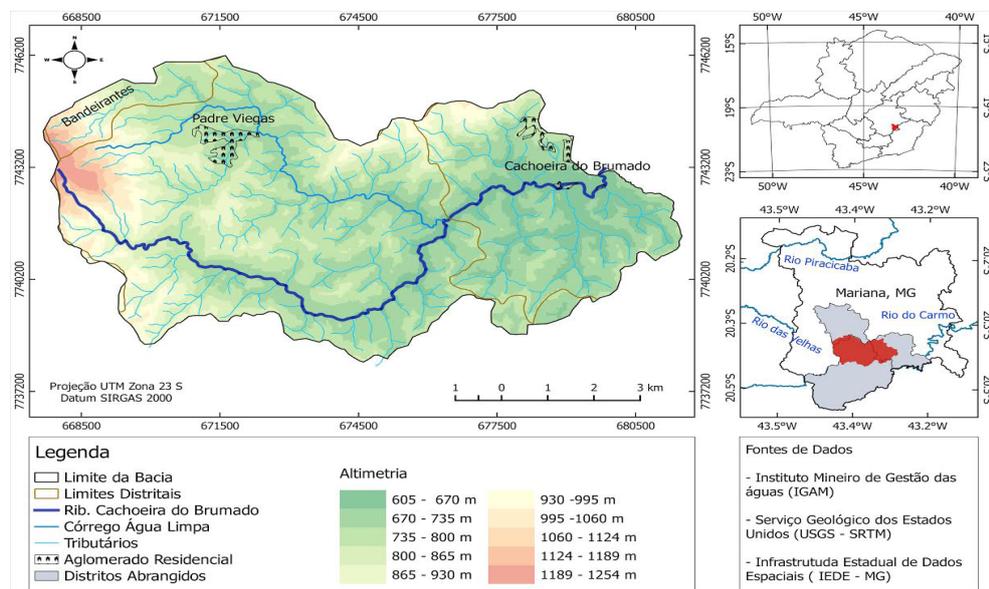


Figura 1 – Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A Cachoeira do Brumado está situada na latitude $20^{\circ}24'08.40''S$ e longitude $43^{\circ}16'40.67''O$, com uma altitude de 605m. Como a maior parte da população rural desta bacia hidrográfica se identifica como pertencente ao distrito de Cachoeira do Brumado, a caracterização da área de estudo foi focada nesta localidade.

2.1 Monitoramento da qualidade de água

O monitoramento da qualidade da água foi feito por meio de três coletas (julho/2016; outubro/2016 e março/2017), realizadas em nove pontos de amostragem distribuídos ao longo da bacia (Figura 2). A situação dos corpos hídricos foi avaliada através do cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) em cada um dos pontos analisados. De acordo com o IGAM (2014), este índice incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público.

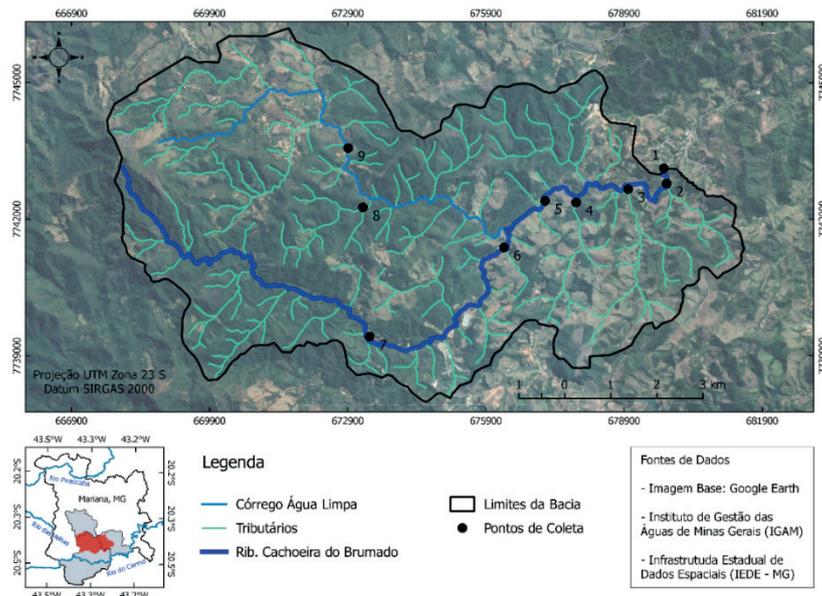


Figura 2: Pontos de Monitoramento da Qualidade de Água na bacia.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

As variáveis incorporadas são: E. coli, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido. Assim, O IQA é calculado pelo produtório ponderado das variáveis que integram o índice, de forma a se obter um valor que varia de zero a cem. As classificações da qualidade da água para abastecimento público de acordo com o IQA do IGAM estão dispostas no Quadro 1.

Categoria	Ponderação
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Quadro 1: Classificação do IQA.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

2.2 Diagnóstico das condições de saneamento

O diagnóstico das condições de saneamento área de estudo foi realizado através do monitoramento da qualidade de água em pontos estratégicos da bacia, da aplicação de questionários higiênico-sanitários e da realização de um Diagnóstico Participativo do Saneamento Rural.

2.3 Educação ambiental voltada para o saneamento

As ações do projeto foram baseadas na metodologia da pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011) e, portanto, numa estreita relação entre a pesquisa e a resolução de um problema coletivo.

Assim, foi criado um ambiente de constante diálogo entre pesquisadores,

representantes locais do poder público, líderes comunitários e, principalmente, moradores dos povoados de Cachoeira do Brumado. Este ambiente de troca foi possível por meio das visitas aos povoados (seja para aplicação de questionários, monitoramento de qualidade da água ou das tecnologias de tratamento de esgoto implantadas) e de reuniões com a comunidade.

Nestas ocasiões, além de identificar as demandas da população local em relação ao saneamento básico, os moradores foram sensibilizados para a causa ambiental e para os problemas de saúde pública ligados à gestão inadequada das águas, esgotos e resíduos sólidos no meio rural. Também foi trabalhado junto à comunidade os princípios da gestão comunitária e a necessidade de organização popular para a superação dos problemas socioeconômicos e ambientais vivenciadas pela população.

A interação entre os pesquisadores e a comunidade foi realizada por meio das seguintes atividades em ordem cronológica: Visita às casas dos produtores e entrega de convites para as reuniões iniciais do projeto; Reuniões de apresentação do projeto para a comunidade e discussões acerca de seus objetivos e metodologias; Aplicação de questionários (visita às casas e observação do cotidiano da população no campo); Mini-cursos de implantação das tecnologias para tratamento de esgoto, realizados por meio de mutirões; Oficina para a elaboração do Diagnóstico Participativo do Saneamento Rural; Reuniões para a avaliação dos sistemas de tratamento de esgoto implantados entre as famílias responsáveis por estes sistemas; Oficina para a elaboração do Plano Participativo de Saneamento Rural.

2.4 Tecnologias sociais para o tratamento de esgoto

Foram escolhidas seis tecnologias para o estudo e futura implantação em cada unidade experimental (UE) da região de Cachoeira do Brumado. Sendo elas o Tanque de Evapotranspiração, Círculo de Bananeiras, Fossa Séptica Evapotranspiradora, Fossa Séptica Biodigestora, Jardim filtrante e Biodigestor Modificado.

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é um sistema de tratamento para águas negras criado pelo permacultor americano Tom Watson e adaptado por vários permacultores brasileiros ao longo do tempo (Figura 3). É um sistema fechado onde não há saída de água, seja para filtros ou para sumidouros. Nele ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, mineralização, absorção dos nutrientes e da água pelas raízes dos vegetais. Os nutrientes deixam o sistema incorporando-se à biomassa das plantas e a água é eliminada por evapotranspiração. Em suas condições normais de operação não há deflúvio e, portanto, não há risco de contaminação nem do solo nem dos corpos hídricos (GALBIATI, 2009).

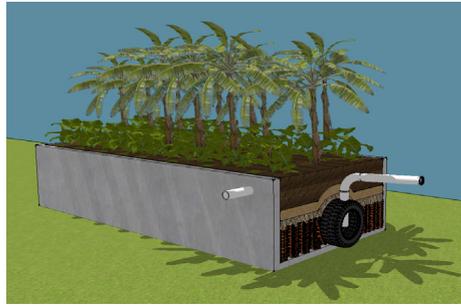


Figura 3 - Tanque de Evapotranspiração

Fonte: Autores (2017)

O Círculo de Bananeiras é um sistema de tratamento de águas cinzas provenientes da permacultura, que utiliza apenas materiais biodegradáveis e trabalha reinserindo o esgoto no ciclo natural da água (Figura 4). O princípio de funcionamento do círculo de bananeiras é a absorção de parte da água cinza e de seus nutrientes pelos vegetais e da infiltração de sua outra parte no solo, purificando o efluente e permitindo a recarga do lençol freático. Segundo Kievel et al. (2016) a eficiência do sistema é condicionada a não utilização de produtos químicos na lavagem de roupas e louças e nos banhos.



Figura 4 - Círculo de Bananeiras

Fonte: Autores (2017)

A Fossa Séptica Evapotranspiradora consiste na integração de uma fossa séptica convencional com um tanque de evapotranspiração, afim de tratar conjuntamente águas cinzas e negras (Figuras 5). A primeira etapa do tratamento consiste na passagem por duas fossas sépticas em série, onde o material sólido do esgoto será sedimentado e digerido. Esta etapa será responsável por uma redução significativa sólidos e pela estabilização dos gases, permitindo com que o efluente passe para o tanque de evapotranspiração com maior segurança. Assim como o TEvap, em condições normais, este sistema também não produz efluentes. (CARDOSO et al., 2016)

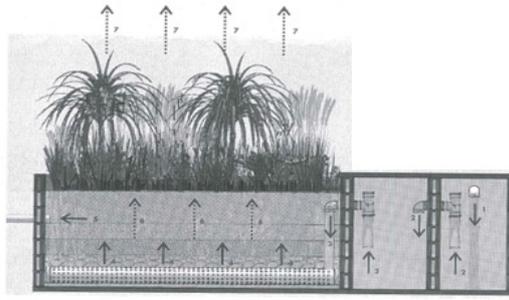


Figura 5 - Fossa Séptica Evapotranspiradora. Corte longitudinal vertical

Fonte: Cardoso et al. (2016)

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de tratamento desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com base nos biodigestores utilizados na área rural da China (Figura 6). Esta tecnologia é utilizada para tratar águas negras, devolvendo ao ambiente um efluente com reduzida carga de patógenos e alta concentração de nutrientes, que pode ser utilizado para adubar árvores, milho, capim dentre outras culturas (GALINDO et al., 2010).

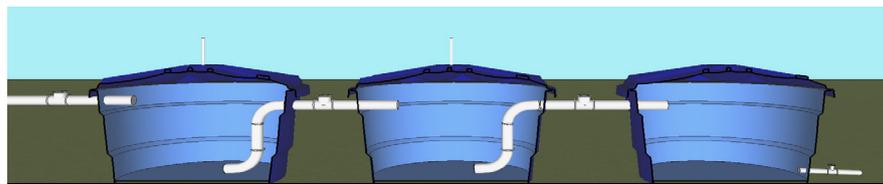


Figura 6 - Fossa Séptica Biodigestora

Fonte: Autores (2017)

O Jardim filtrante é um modelo de wetland horizontal de fluxo subsuperficial usado para dar destino às águas cinzas produzidas em uma residência. O sistema, adaptado pela Embrapa (2015) para atuar de forma conjunta com a fossa séptica biodigestora, baseia-se em um pequeno lago preenchido com brita areia e plantas, onde o esgoto é tratado por meio da filtração e da ação dos vegetais. Sua manutenção é muito simples e consiste apenas no cuidado com os vegetais plantados sobre o tanque. Além disso, o sistema funciona como elemento paisagístico e se integra perfeitamente ao ambiente rural (Figura 7).

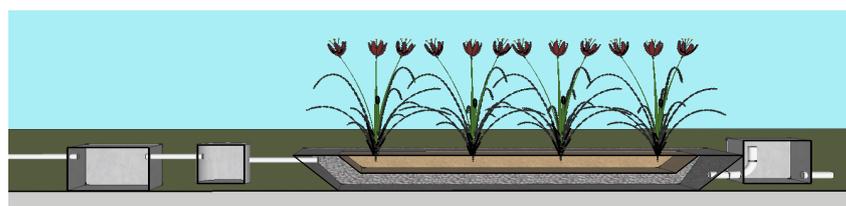


Figura 7 - Jardins filtrantes

Fonte: Autores (2017)

O Biodigestor Modificado é uma miniestação de tratamento de águas negras, fabricado em polietileno de alta densidade (PEAD), com um sistema de extração do lodo que permite o manuseio e aproveitamento deste resíduo diretamente pelo usuário (ACQUALIMP, 2017).

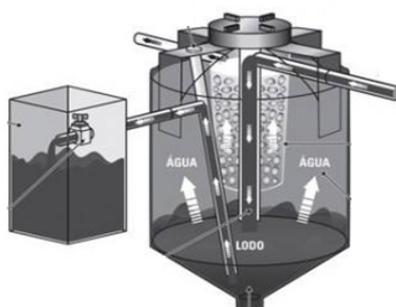


Figura 8 - Esquema de funcionamento do Biodigestor Rotoplas

Fonte: Acqualimp (2017)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Qualidade da água

De maneira geral, a bacia hidrográfica da cachoeira do Brumado apresentou um IQA médio, com três pontos mais problemáticos.

O córrego Água Limpa, que recebe grande parte do efluente produzido no distrito de Padre Viegas, representado pelo Ponto 09, apresentou os piores IQAs em todas as campanhas (Figura 9). No Ribeirão do Brumado, o Ponto 03 (anterior à cachoeira) e o Ponto 01 (localizado na própria cachoeira do Brumado) também apresentaram valores mais baixos de IQA. Apesar de não ter sido enquadrado como “ruim”, o ponto da Cachoeira do Brumado apresentou o segundo pior valor de IQA tanto na primeira (70) quanto na terceira coleta (57,4). Já o Ponto 03, localizado em Cafundão de Baixo, chamou atenção na 2ª coleta, realizada no período chuvoso, quando atingiu um índice de 44,7.

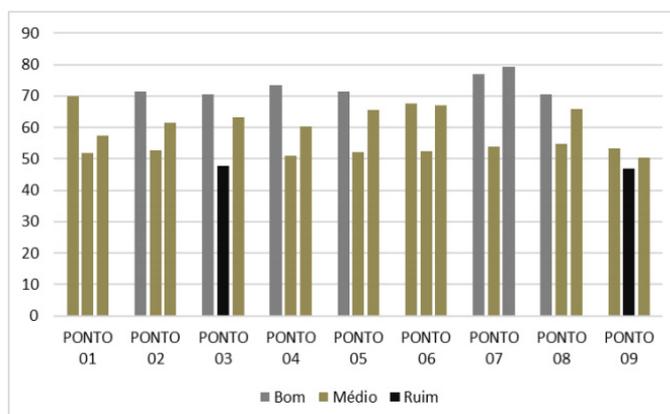


Figura 9: Valores de IQA referentes às três coletas para cada ponto da bacia

Fonte: Autores (2017).

O aumento das chuvas ocasionou uma piora significativa na qualidade da água de toda a bacia no período da 2ª coleta, sendo que os Pontos 03 e 09 apresentaram IQAs ruins. Cruzando os dados do IQA com as concentrações de *E. coli* (Figura 10), percebeu-se que tal quadro foi ocasionado principalmente pelo carreamento de material fecal para os corpos hídricos da bacia, já que, neste período, todos os pontos apresentaram concentrações de *E. coli* superiores àquelas preconizadas pelo CONAMA 274.

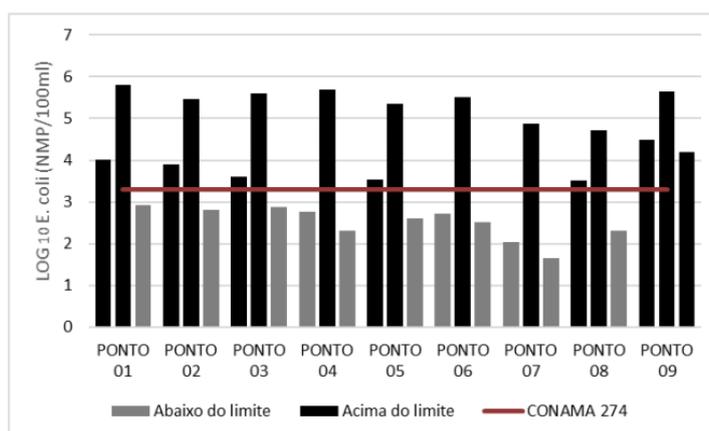


Figura 10: Concentração de *E. coli* na bacia hidrográfica da Cachoeira do Brumado e condição de balneabilidade dos pontos

Fonte: Autores (2017).

Além das fezes de animais, a ação das chuvas favorece o deslocamento dos dejetos acumulados nos leitos de pequenos córregos, onde normalmente são despejados os esgotos das propriedades rurais.

Em um primeiro momento, o aumento do aporte de esgoto, denunciado pelas altas concentrações de *E. coli*, contrastou com a baixa concentração de matéria orgânica identificada ao longo da bacia. Porém, tanto os valores de OD (que variam de 5,87 a 9,44 mg/L) quanto de DBO (que variam de 0,27 a 2 mg/L) foram resultados do relevo acidentado da região, que propicia uma alta taxa de aeração de seus corpos hídricos e, conseqüentemente, de decomposição da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Conforme dito anteriormente, o Ponto 09, localizado no início do córrego Água Limpa, apresentou valores preocupantes no que diz respeito às concentrações de *E. coli* e, conseqüentemente, no seu Índice de Qualidade de Água. Porém, os resultados deste trabalho indicam que a carga de esgoto doméstico proveniente do distrito de Padre Viegas não configura ameaça à qualidade da água da cachoeira do Brumado, na medida em que este córrego passa por uma espécie de rocha porosa (que funciona como um atenuador ambiental) antes de voltar ao seu curso e encontrar o ribeirão do Brumado. Assim, os pontos localizados no ribeirão do Brumado, após o seu encontro com o córrego Água Limpa, apresentam IQAs satisfatórios (médios ou bom), voltando a piorar apenas na área após o povoado de Cafundão de Baixo, situado próximo da

cachoeira.

Em relação à cachoeira do Brumado, Ponto 01, os valores de E. coli das duas primeiras coletas classificaram este local como impróprio para banho. Apesar de não apresentar os piores resultados em relação ao IQA, este é um ponto preocupante da bacia, devido ser um local muito utilizado para banho, tanto pelos moradores de Cachoeira do Brumado quanto por turistas.

3.2 Diagnóstico das condições de saneamento básico

O diagnóstico realizado apontou que as comunidades localizadas ao longo desta bacia hidrográfica apresentam problemas de saneamento típicos das comunidades rurais da América Latina, nas quais a insuficiência dos serviços administrados pelo Estado direciona os moradores a desenvolver estruturas independentes de coleta de água e esgoto.

Em relação ao abastecimento de água, apenas 31% da população declarou ter acesso a sistemas públicos e 66% não tem acesso a este serviço. Destes 66%, uma parcela obtém água por meio de sistemas de distribuição coletivos e outra parte costuma captar água diretamente de nascentes próximas de suas propriedades.

Apesar de muitas famílias utilizarem os rios da região como forma de lazer, 64% dos entrevistados acreditam que as águas do ribeirão do Brumado e de seus tributários não são adequadas para banho e 66% da população já ouviu falar sobre o risco de contrair doenças na Cachoeira do Brumado. Sobre a possibilidade de interdição da cachoeira, devido ao alto nível de contaminação fecal identificado, a maioria absoluta dos entrevistados declarou não estar de acordo, já que esta estratégia seria prejudicial ao comércio/turismo local.

3.3 Ações de educação ambiental

O curso de formação de agentes ambientais foi dividido em quatro módulos, ao longo dos quais os estudantes puderam entrar em contato com a complexidade das questões relacionadas ao saneamento básico e desenvolver conhecimentos técnicos acerca dos processos de tratamento de água e esgoto, da legislação referente ao tema e das responsabilidades de cada esfera da sociedade. O curso ocorreu em parceria com a Escola Estadual D. Reparata, que cedeu espaço para as aulas e realizou as ações de mobilização. Todas as aulas contavam com dinâmicas de grupo e espaços de discussão, em que os alunos expunham suas opiniões e questionamentos sobre o assunto.

4 | CONCLUSÃO

Através dos estudos conduzidos na região e das vivências junto à comunidade de Cachoeira do Brumado, constatou-se que a bacia em questão possui diversos

problemas relacionados ao saneamento básico, decorrentes principalmente da ausência do Estado no cumprimento deste serviço.

O trabalho, que originalmente tinha como foco a recuperação de um espaço de lazer e ponto turístico do distrito, desvelou uma situação ainda mais grave: a violação constante dos direitos humanos ligados ao acesso à água potável e ao saneamento básico na região; a contaminação de diversos pontos da bacia; e a escassez de políticas públicas de saneamento básico que contemplem os distritos e comunidades rurais do município de Mariana.

Por outro lado, o projeto também identificou potencialidades, ligadas tanto à capacidade de organização social da população local (responsável pela gestão dos serviços de abastecimento de água em alguns povoados), quanto ao interesse desta por tecnologias sociais e pelos princípios do saneamento ecológico.

Apesar de todas as dificuldades de se executar um projeto de extensão voltado para uma questão de tamanha complexidade, entende-se que o principal resultado do Projeto SÉPTICA foi justamente sua contribuição para a inserção do tema “saneamento básico” nas discussões da população local. Além, é claro, da realização de um diagnóstico das condições atuais de saneamento e da qualidade da água, essencial para a proposição de estratégias adequadas à solução dos problemas relatados.

REFERÊNCIAS

ACQUALIMP. **Biodigestor. Manual de instalação.** 2017. Disponível em: <http://www.acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf>. Acesso em: 20/01/2017.

ATAIDE, G. V.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. **Autogestão em Saneamento Básico no Brasil: experiências e aprendizado.** XVI Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. p. 1–13. 2012.

CARDOSO, F.; BRITO, B.; MACAHDO, D.; PIRES, F. **Fossa séptica Evapotranspiradora. Orientações técnicas para a construção e manutenção.** Belo Horizonte. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agricultura Inteligente e Saneamento Básico Rural. Jardim Filtrante.** Embrapa Instrumentação. 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138166/1/Saneamento-Basico.pdf>. Acesso em: 05/02/2017.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Boletim Informativo: Saneamento Rural.** Publicação da Fundação Nacional de Saúde. Ed. nº10. 2011. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf. Acesso em: 20/12/2016

GALINDO, N.; da SILVA, W.; NOVAES, AN.; SOARES, M. GALVANI, F. **Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora.** Documento 49. São Carlos: Embrapa Instrumentação. 2010.

GALBIATI, A. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2009.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo.** 2014.

KIEVEL, M. G.; PRIEBE, N. C.; FOFONKA, L. **Alternativas Sustentáveis Para O Tratamento Adequado Do Esgoto Doméstico No Município De Arroio Do Padre / Rs.** Educação Ambiental em Ação. n. 57. p. 1–17, 2016.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Assembleia Geral da ONU reconhece direito ao saneamento, que ainda não chega a 2,5 bilhões de pessoas. 2015.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/assembleia-geral-da-onu-reconhece-direitoao-saneamento-que-ainda-nao-chega-a-25-bilhoes-de-pessoas/>. Acesso em: 20 jun. 2017.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-Ação.** 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** UFMG, 2005.

ZANCUL, J. **Contextualização da Política de Saneamento Rural no Brasil. Seminário Nacional Saúde, Ambiente e Comunidades Tradicionais.** Fundação Nacional de Saúde. 2016.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS

Romildo Alves Berenguer

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Yane Coutinho Lira

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Fernanda Cavalcanti Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Thais Marques da Silva

Universidade de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Bráulio Silva Barros

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

Joanna Elzbieta Kulesza

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –
Pernambuco

RESUMO: A reciclagem de resíduos sólidos é uma boa alternativa para diminuir os impactos gerados pelo uso desordenado de matéria prima e pela redução das áreas de deposição, devido ao grande volume de descarte de resíduos gerados ao longo do ano em todo mundo. Além disso, é uma forma de reduzir a extração de mais materiais do meio ambiente. Neste contexto, inserem-se os resíduos da construção civil, que tem provocado severos danos. Os resíduos oriundos de atividades de

construção e demolição geralmente são sólidos, com materiais densos e com características diversas por conter materiais variados. Essas características podem se apresentar como barreira para serem reutilizados em novos materiais, como, por exemplo, em concretos e argamassas. Existem vários tipos de resíduo da construção civil, como os resíduos de concreto pré-moldado (resíduos cinza) que tem um dos maiores potenciais de utilização, uma vez que se conhecem suas propriedades básicas (resistência à compressão, idade, materiais utilizados, etc.) e têm um menor grau de contaminação por outros materiais, quando se compara com outros resíduos da construção. O objetivo deste estudo é avaliar as características do desempenho mecânico de matrizes cimentícias confeccionadas com resíduo cinza e a sua possível utilização em larga escala. Foram confeccionadas matrizes cimentícias para argamassas com substituição de 0%, 25%, 50% e 75% do agregado miúdo natural pelo resíduo cinza e relação água/cimento fixa de 0,48. Por meio do ensaio de resistência à compressão foi observado, aos 28 dias, que as argamassas com substituição tiveram aumento de resistência comparando com a matriz cimentícia de referência.

PALAVRAS-CHAVE: Agregado de concreto reciclado. Resíduo cinza. Resistência da argamassa. Sustentabilidade.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE USE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATE IN THE MECHANICAL RESISTANCE OF MORTAR

ABSTRACT: Solid waste recycling is a good alternative to reduce the impact caused by the disorderly use of raw material and the reduction of deposition areas due to the large volume of waste discards generated throughout the year around the world. In addition, it is a way to reduce the extraction of more materials from the environment. In this context is included the construction waste, which has caused severe damage. Wastes from construction activities and demolitions are generally solid, with dense materials and with variable characteristics because they contain different types of materials. These characteristics may be a barrier to the reuse in new materials as, for example, in concrete and mortar. There are several types of construction residues, such as precast concrete residues (gray residues). They can be cited as having one of the greatest potentials of use, due to the knowledge of its basic properties (compressive strength, age, materials used, etc.) and it has a lower degree of contamination by other materials when compared to other building wastes. The objective of this study is to evaluate mechanical performance characteristics of cement matrix made with gray residue and its possible use in large scale. Cement matrixes were made by the replacement of 0%, 25%, 50% and 75% of the natural aggregate (sand) by the gray residue and using fixed water/cement ratio of 0.48. Through the compressive strength test, it was observed at 28 days that the mortars with replacement had an increase in strength compared to the reference cementitious matrix.

KEYWORDS: Recycled concrete aggregate. Gray residue. Mortar strength. Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

Pesquisas em busca de tecnologias que visam à reutilização de materiais em substituição às matérias-primas naturais, com uso de materiais alternativos, foram incentivadas pelo grande crescimento no setor da construção civil no Brasil. Na mesma proporção do crescimento econômico do setor da construção civil, pode-se observar também o aumento do consumo do concreto.

Dias, Silva e Poggiali (2017) explicam que o concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, uma vez que o desenvolvimento de um país está diretamente associado ao crescimento de sua infraestrutura urbana. Segundo Pedroso (2009), dados da Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP) mostram o consumo mundial anual de 11 bilhões de toneladas de concreto.

Conforme John e Agopyan (2000), a construção civil tem provocado impactos severos no Brasil, como o uso da ordem de 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Neste contexto, Dumet e Pinheiro (2000, apud Leite, 2001) afirmam que incorporar resíduos ao concreto é necessário e interessante, uma

vez que sua produção é feita em larga escala, tem fácil aplicação, é flexível, durável e razoavelmente resistente a agentes químicos e físicos. De modo semelhante pode-se fazer para argamassas, que são materiais com certas semelhanças em suas matrizes.

A Resolução 307/02 do CONAMA (CONAMA, 2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e responsabiliza os geradores de resíduos pela destinação final de resíduos gerados pelo processo de novas construções, reformas, reparos e demolições de estruturas e rodovias, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos. A resolução descreve que os resíduos de Classe A, em questão, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) possuem características bastante peculiares por serem produzidos em um setor onde há muitas opções de técnicas e metodologias de produção e cujo controle da qualidade do processo produtivo é recente, quando há. As características de composição e quantidade produzida dependem diretamente da fase de desenvolvimento da indústria local de construção, da qualidade da mão-de-obra, técnicas construtivas empregadas e adoção de programas de qualidade (KARPINSKI et al., 2009).

Por se tratar de materiais com propriedades variáveis, muitas vezes isto torna a pesquisa inviável. Contudo, universidades brasileiras estão desenvolvendo pesquisas relacionadas à reciclagem de RCD como matérias-primas de insumos a serem utilizados na construção propriamente dita, as quais se mostraram viáveis e comprovadas com base nos bons resultados obtidos em estudos já finalizados (KARPINSKI et al., 2009).

É cada vez maior a utilização de peças pré-fabricadas de concreto, onde pode-se obter uma maior homogeneidade dos materiais, como resíduos a serem incorporados em novos materiais cimentícios. Para Butler (2003), dentre os vários resíduos da construção civil, podem ser citados o resíduo de concreto, também chamado resíduo cinza, como tendo um dos maiores potenciais de utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas, como resistência e idade, e menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparados com outros resíduos da construção. Em uma indústria de pré-fabricados, o concreto desperdiçado é proveniente de elementos rejeitados pelo controle de qualidade, final de linhas de produção e sobras de concreto fresco ao final do processo. Nestas empresas, ocorre fundamentalmente a geração de dois tipos de resíduos: rejeitos de concreto no estado fresco e rejeitos de concreto no estado endurecido, existindo vários processos que podem ser aplicados na sua reciclagem (FERREIRA, 2013).

Para Leite (2001), a reciclagem é a melhor alternativa para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. De acordo com a autora, nos últimos anos a reciclagem de resíduos tem sido incentivada em todo mundo, seja por questões políticas, econômicas ou

ecológicas. A reciclagem de resíduos da construção irá minimizar também problemas com o gerenciamento dos resíduos sólidos dos municípios, uma vez que a geração de resíduos juntamente com o impacto ambiental causado em determinada região não será mais um problema local.

Diante deste contexto, há necessidade de alternativas para a diminuição da geração de resíduos. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de argamassas com uso de resíduo cinza em substituição ao agregado miúdo, visando a avaliar a viabilidade técnica de seu uso.

2 | METODOLOGIA

As argamassas utilizadas foram produzidas com cimento, areia natural, resíduo cinza de material proveniente de uma fábrica de pré-moldados e água.

2.1 Materiais

A seguir estão descritos os materiais utilizados na pesquisa.

- Cimento: CP V ARI:

O cimento utilizado foi o CPV ARI (alta resistência inicial). É um tipo particular de cimento comum, que tem a peculiaridade de atingir altas resistências nos primeiros dias da aplicação. As características físico-químicas do cimento são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, de modo a proporcionar maior conhecimento sobre o material e analisar seu comportamento nos ensaios que serão realizados.

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-90	0-10	NBR 16697

Tabela 1: Composição do cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT NBR 16697:2018).

Tipo de Cimento Portland	Classe	Finura	Tempo de Pega		Expansibilidade		Resistência à compressão				
		Resíduo na Peneira 75mm (%)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 d (MPa)	3 d (MPa)	7 d (MPa)	28 d (MPa)	91 d (MPa)
CP V-ARI		≤ 6,0	≥ 1	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≥ 14	≥ 24	≥ 34	-	-

Tabela 2: Exigências físicas e mecânicas do CP V-ARI (ABNT NBR 16697:2018).

- Agregado miúdo:
- Areia natural

Os agregados podem ser naturais, artificiais ou reciclados. Os naturais são aqueles encontrados e extraídos da natureza, como areias e seixos rolados. Os agregados transformados ou fabricados são chamados de agregados artificiais, como pedra britada. Agregados reciclados são aqueles obtidos de processos de reciclagem de rejeitos ou subprodutos da produção industrial, mineração ou construção ou demolição da construção civil, como escórias siderúrgicas, resíduos de lixo e esgoto sintetizados, resíduo da construção e demolição (RCD), isopor, borracha (NBR 9935, 2011).

Foi utilizado um agregado miúdo natural, essencialmente quartzoso, da região de Recife-PE, isento de impurezas e umidade, para a confecção dos concretos. A areia foi colocada em estufa por cerca de 24h para perda da umidade. Em sequência, foi utilizada uma amostra de 300 g para o ensaio de granulometria do agregado miúdo - NBR NM 248 (2003).

A granulometria da areia está apresentada na Tabela 3 e na Figura 1.

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR NM 248 (2003)
	4,8	0	0,00	
	2,4	9,00	3,00	
	1,2	34,0	14,3	
	0,6	94,0	45,7	
	0,3	131,0	89,3	
	0,15	25,0	97,7	
	Fundo	7,0	100,00	
Dimensão máxima característica	2,4 mm			NBR 7211 (2009)
Módulo de finura	2,0			
Zona Granulométrica	Zona 3 e 4 (Média grossa)			

Tabela 3: Granulometria do agregado miúdo (areia natural).

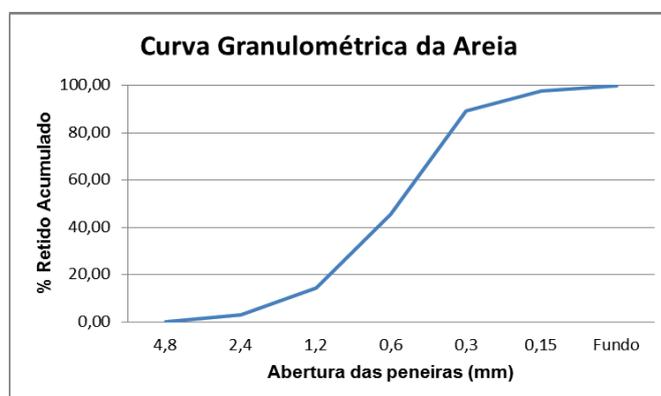


Figura 1. Curva Granulométrica da areia natural.

- Resíduo de concreto

O resíduo de concreto foi coletado de uma empresa de fabricação de blocos pré-moldados de concreto na Região Metropolitana do Recife – RMR. Foram obtidos blocos que seriam descartados por não passarem pelo controle de qualidade da empresa. O material foi levado para trituração em uma máquina trituradora Gipo Kombi, em uma empresa que trabalha com reaproveitamento de materiais da construção civil e demolição. A máquina apresenta quatro esteiras que funcionam como saídas dos materiais após o processo de trituração, que fornecem quatro diferentes granulometrias: areia, brita 19 mm, brita 25 mm e material de aterro, como mostrado na Figura 2.



Figura 2. Material após o processo de trituração em diferentes granulometrias.

A granulometria utilizada no presente estudo foi a mais próxima da areia natural utilizada.

A Tabela 4 e a Figura 3 apresentam informações dos ensaios de granulometria realizados com o resíduo de concreto (resíduo cinza) de acordo com a NBR NM 248 (2003).

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR NM 248 (2003)
	4,8	0,3	0,3	
	2,4	14,7	15,00	
	1,2	32,7	47,7	
	0,6	25,0	72,7	
	0,3	14,3	87,00	
	0,15	7,7	94,7	
	Fundo	5,3	100,00	
Dimensão máxima característica	2,4 mm			NBR 7211 (2009)
Módulo de finura	2,0			
Zona Granulométrica	Zona 3 e 4 (média grossa)			

Tabela 4: Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo reciclado (resíduo cinza).

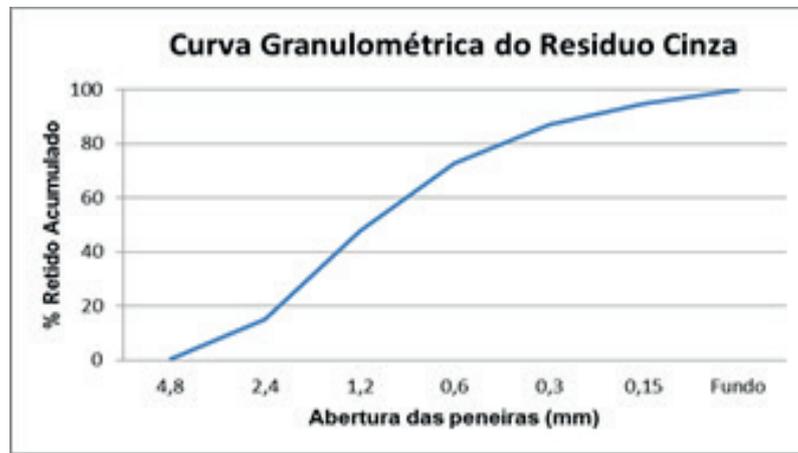


Figura 3: Curva Granulométrica do resíduo cinza.

- Água

A água de amassamento do concreto deve ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. De acordo com a NBR 15900 (2009), julgam-se satisfatórias as águas potáveis. Caso a água não seja potável, é necessário controlar o teor de matéria orgânica, de sulfatos (SO_4) e de cloretos (Cl⁻) (FUSCO, 2012). As impurezas em excesso na água de amassamento podem influenciar a resistência, o tempo de pega, a eflorescência e a corrosão da armadura (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Utilizou-se água da rede pública da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), considerada potável. Entretanto, não foram realizados ensaios para sua caracterização.

2.2 Métodos

- Confeção das argamassas

A argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (NBR 13281, 2005).

Para estudo e análise do comportamento mecânico de argamassas com resíduo cinza, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos (10 cm de altura x 5 cm de diâmetro) de acordo com a NBR 7215 (1996).

Os corpos-de-prova de referência foram produzidos com argamassa composta de uma parte de cimento, três de areia natural em massa e com relação água/cimento (a/c) constante de 0,48. As porcentagens usadas de resíduo cinza em substituição da areia natural foram de 25%, 50% e 75%. A Tabela 5 apresenta os traços de argamassa produzidos para esta pesquisa.

Traço	Resíduo cinza (%)	Cimento (kg)	Areia (kg)	a/c	Resíduo cinza (kg)
Referência	0	1	3,0	0,48	0
T25	25	1	2,75	0,48	0,75
T50	50	1	1,5	0,48	1,5
T75	75	1	0,75	0,48	2,75

Tabela 5: Traços estudados.

A argamassa foi preparada em um misturador mecânico (argamassadeira) e compactada manualmente nos moldes cilíndricos através de procedimento normatizado. Os corpos-de-prova ficaram dispostos por 24h em temperatura ambiente (Figura 4) e após este tempo foram desmoldados e submetidos à cura em água.



Figura 4. Corpos-de-prova de argamassa de cada traço executado.

- Ensaio de resistência à compressão

O desempenho de uma argamassa está ligado às suas características nos estados fresco e endurecido. As características para o estado endurecido são resistência à compressão adequada, boa resistência de aderência ou ao cisalhamento e boa resiliência. A resistência à compressão da argamassa afeta a resistência dos componentes da alvenaria diretamente, mas é limitada pela resistência dos blocos.

Para verificação da resistência à tração por compressão axial das argamassas, foram ensaiados 6 corpos de prova de cada traço aos 28 dias. As argamassas foram retiradas da cura e submetidas ao teste. A Figura 5 mostra o ensaio de resistência à compressão.



Figura 5. Ensaio de resistência à compressão simples em argamassas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resistência à compressão axial

Os resultados de resistência à compressão obtidos estão apresentados na Tabela 6 e, graficamente, nas Figuras 6 e 7. Os resultados são muito semelhantes entre si, porém as argamassas com resíduo apresentam um ganho significativo no valor médio da resistência à compressão axial, comparando-as com os traços de referência.

Traço	Resistência à compressão (MPa)						Média
	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V	CP VI	
Referência	46,7	49,6	48,5	48,3	50,3	50,0	49,0
T25	50,4	54,0	49,6	53,9	53,9	55,8	53,0
T50	50,6	51,0	49,9	51,3	50,6	51,5	51,0
T75	51,1	51,9	49,0	50,6	47,2	50,6	50,0

Tabela 6: Resistência à compressão aos 28 dias.

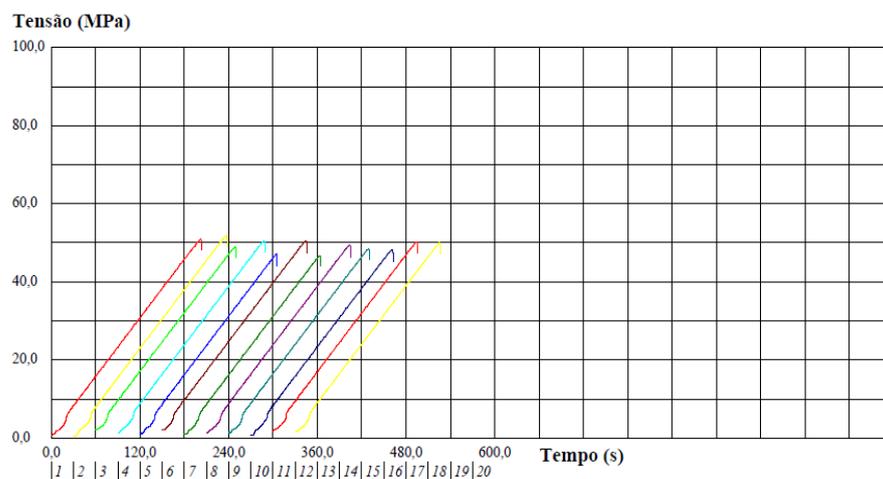


Figura 6: Gráfico de resistência dos corpos de prova de argamassa com 0% e 75% de substituição.

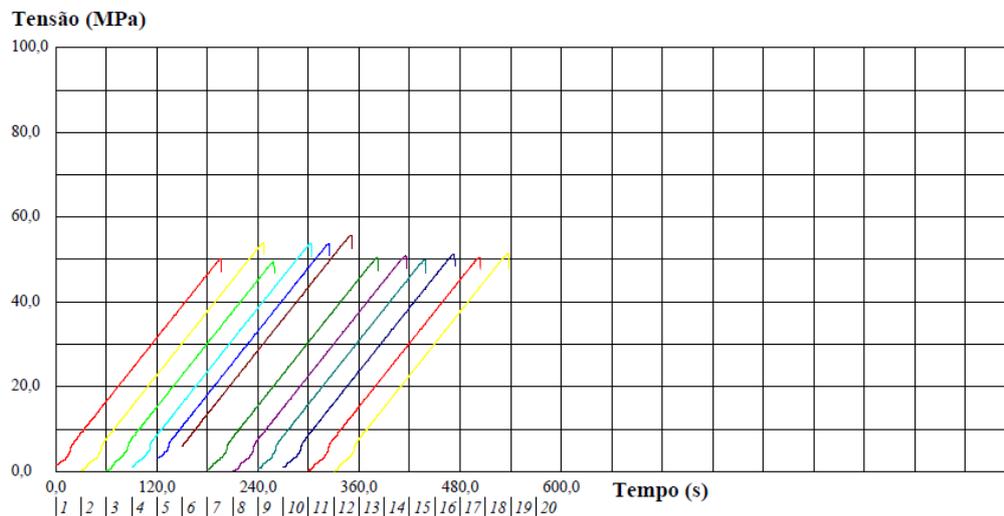


Figura 7: Gráfico de resistência dos corpos de prova de argamassa com 25% e 50% de substituição.

Verifica-se que, na Figura 8, o traço sem resíduo cinza (referência) apresentou resistência média à compressão de 49,0 MPa, enquanto os traços com 25%, 50% e 75% de substituição apresentaram um incremento de 8,16%, 4,1% e 2,1%, respectivamente, em relação ao traço de referência.

Estudos com emprego de resíduo de concreto em argamassas apenas com cimento, sem utilização de cal, não são encontrados na literatura. Entretanto, há trabalhos com este resíduo em concretos, como o estudo de Buttler (2003). Segundo o autor, para a resistência à compressão, foi notado um ligeiro aumento em seu valor em relação ao concreto com agregados naturais, que é explicado pelo processo de cura úmida interna, pela grande quantidade de partículas não-hidratadas de cimento presentes no agregado e a qualidade do agregado reciclado.

Rudnitski et al. (2014) estudaram argamassas com traços de 1:2:8 (cimento:cal:agregado miúdo) com adição de resíduo cinza, em substituição parcial ou total do agregado miúdo. O resíduo era composto principalmente por restos de argamassas de cal (revestimento e assentamento) e resíduo de concreto. No estudo, todas as argamassas apresentaram resultados superiores à mistura de referência. A resistência mais alta foi obtida com a porcentagem de 75% de resíduo, atingindo 3,43 MPa de resistência.

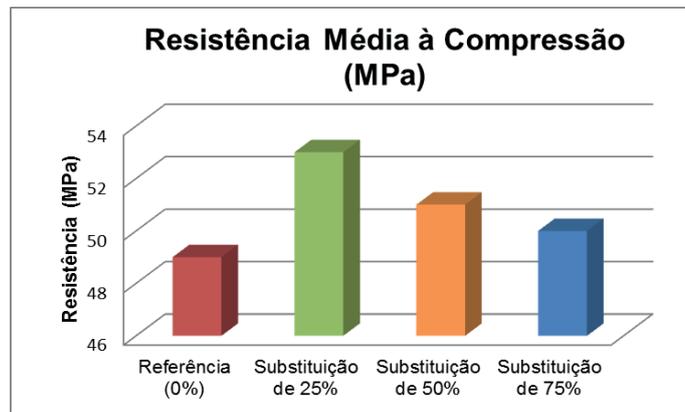


Figura 8: Gráfico da resistência média à compressão.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, foi possível verificar a viabilidade do uso do resíduo cinza oriundo da britagem de blocos de pré-moldados de concreto em substituição de 25%, 50% e 75% em relação à areia natural, assim como sua influência na resistência mecânica em argamassas. O emprego do resíduo cinza em argamassas apresentou um desempenho satisfatório como agregado miúdo quando utilizado em substituição parcial da areia natural.

Pelas dosagens propostas no estudo, as substituições parciais de areia por resíduo cinza, em teores de 25%, 50% e 75%, em massa, proporcionaram um incremento na resistência à compressão de 8,16%, 4,1% e 2,1%, respectivamente, em relação ao traço de referência, aos 28 dias.

Conforme literatura mencionada, a reciclagem é uma das melhores alternativas para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. Diante deste contexto, pode-se concluir que o resíduo cinza proveniente da britagem de concretos pré-moldados conferiu aos traços de argamassas com substituição de até 75% da areia natural por resíduo cinza uma resistência mecânica adequada e superior ao traço de referência.

Assim sendo, o uso deste resíduo torna-se viável na confecção de novos produtos em argamassa, sendo uma alternativa de destinação dos resíduos de concreto, colaborando com uma redução de custos de descarte e de extração de matéria prima e minimizando os danos ambientais para a empresa e sociedade. A redução do impacto ambiental é dupla: evita-se o a destinação de mais resíduo no meio ambiente e reduz-se a extração de matéria prima de recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão: Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

_____.NBR 7211: Agregado para Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.

_____.NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____.NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica: Método de ensaio: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____.NBR 15900: Água para amassamento de concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

BUTTLER, A. M. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influencia da idade de Reciclagem das propriedades dos agregados e concretos reciclados. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CONAMA, Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA; “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”; publicada no Diário Oficial da União em 05/07/2002; Brasília, DF.

DIAS, A. M.; SILVA, T. J. V.; POGGIALI, F. S. J. O concreto sustentável brasileiro. Revista Construindo, v. 9, p. 1-10, 2017.

FERREIRA, H.L.A. Estudo da substituição do agregado graúdo natural por resíduo de concreto britado. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

FUSCO, P. B. Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados, 2a edição, Pini, 2012.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos, 2000, São Paulo.

KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; JUREK, J.; PANDOLFO, L.; GUIMARÃES, J. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil – Uma abordagem ambiental. 163 p. EdIPUCRS. Porto Alegre, 2009.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados com resíduos de construção e demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MEHTA, P. Kumar, MONTEIRO, Paulo J. M.; Concreto: Estrutura, propriedades e materiais, São Paulo, Pini, 2014.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto e Construções. Ano XXXVII. 2009. ISSN 1809-7197. São Paulo, SP.

RUDNITSKI J. C.; NAKANISHI E. Y. B.; MOHAMAD G. Avaliação de Resíduo de Construção e Demolição de Cor Cinza e Vermelho em Argamassa de Revestimento. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. 11 p. 2014.

CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE

Victor Nogueira Lima

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ

Gabriela Linhares Landim

Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte – CE

Larissa de Moraes Rocha

Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte – CE

RESUMO: Para a realização do trabalho, foi elencado e analisado arquivos cedidos por uma construtora do município de Juazeiro do Norte. Esses arquivos relacionam causas patológicas, custos e números de solicitações no período de um ano, de Junho de 2014 até Junho de 2015. A partir da análise destes dados, observou-se que haviam certas similaridades nas principais causas das falhas construtivas encontradas no pós-obra. Com o uso de ferramentas gerenciais, como a regra de Pareto, pode-se determinar as causas mais frequentes para a empresa em estudo. Desta forma, pôde ser indicado que patologias geradas a partir de impermeabilizações, instalações hidráulicas e construção de fachadas são os 20% das causas que geram 80% da frequência. Com essa análise, espera-se que as empresas atentem para este estudo de caso, e observem os serviços ligados às suas principais causas,

para que assim possam prevenir a ocorrência de patologias, diminuindo os gastos com reparos pós-obra e aumentando a satisfação do cliente.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; Construção civil; Anomalias construtivas.

PATHOLOGY IN CIVIL CONSTRUCTION: CASE STUDY INVOLVING A CONSTRUCTION COMPANY AT JUAZEIRO DO NORTE - CE

ABSTRACT: For the accomplishment of the work, it was listed and analyzed files ceded by a construction company at Juazeiro do Norte. Those files related pathological causes, costs and number of requests in a period of one year, from June 2014 to June 2015. From the analysis of the data, it was observed that there were certain similarities in the main causes of the constructive failures found in the post-work. With the use of managerial tools, such as the Pareto rule, could be determined the most frequent pathology causes for the company studied. In this way, it could be indicated that pathologies generated from waterproofing, hydraulic installations and facade construction are the 20% of the causes that generate 80% of the frequency. With this analysis, companies are expected to attend to this case study, and observe the services related to their main causes of pathologies, so that they can prevent

the occurrence of pathologies, reducing the expenses with post-work repairs and increasing the Customer satisfaction.

KEYWORDS: Pathologies; Civil Construction; Constructive anomalies.

1 | INTRODUÇÃO

A partir da necessidade de implantação de sistemas de qualidade no ramo da construção civil os construtores e empreiteiros começaram a padronizar e fiscalizar os seus processos, priorizando os conceitos de qualidade no interior de suas obras. Porém, mesmo padronizando o processo construtivo houve um aumento nos custos pós-ocupação, devido às falhas construtivas, situação que onerou os custos previstos na etapa de orçamentação (SOUZA, 1997).

As empresas que atuam no setor da construção civil priorizam, geralmente, no processo produtivo de seus empreendimentos o controle dos custos, **obteção de lucro** e a oferta de produtos que atendam as satisfações dos clientes. Visando a longa vida útil esperada pelos clientes para as edificações, cabe às construtoras estudar e aplicar as melhores formas de manutenção - seja ela corretiva ou preventiva. Sendo a manutenção feita de maneira eficaz na correção e na prevenção das patologias, o resultado será uma obra de qualidade, o que garante satisfação do cliente e a redução dos custos.

Torna-se essencial desenvolver estudos que visem direcionar a atenção das construtoras e empreiteiras para as principais anomalias encontradas após a ocupação da edificação, evidenciando a frequência de solicitação. Além disso, estudos como este possibilitam relacionar as principais causas e soluções a serem adotadas em ambos os tipos de manutenção, corretiva e preventiva.

Vale ressaltar que identificar as principais patologias encontradas no pós-ocupação das obras de Juazeiro do Norte possibilita construir uma ferramenta importante que pode ser utilizada na avaliação de como melhorar os processos produtivos das construtoras e empreiteiras locais, de modo a prevenir o surgimento dessas patologias mais comuns na etapa de pós-ocupação. A criação de registros legais que assegurem a empresa acerca de mudanças e má utilização do imóvel, validando ou não a garantia regida por lei, pode diminuir esse número de casos, que são os mais custosos. Além disso, analisar as causas dos problemas pode levar a uma melhoria nos processos construtivos, representando assim uma melhoria na qualidade do produto final e redução nos custos de manutenção.

2 | ORIGEM DAS PATOLOGIAS

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por

falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil. Processo este que pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção (planejamento / projeto / materiais), execução e utilização (SOUZA, 1998). A qualidade obtida em cada etapa tem sua devida importância no resultado final do produto, principalmente no que se refere ao controle da incidência de manifestações patológicas na fase de uso.

Para se obter a diminuição ou o retardamento do aparecimento dos problemas patológicos numa dada construção deve haver controle rigoroso de qualidade nestas etapas do processo. A abordagem de manutenção deve também ser feita de forma a contextualizá-la no processo de construção, procurando durante todas as etapas do processo, situá-la como um dos fatores relevantes a ser considerado. Devem ser tomadas todas as preocupações para assegurar, nas várias etapas do processo construtivo, o delineamento e a projeção da manutenção futura (COSTA, 2003).

De um modo geral, as manifestações patológicas não tem sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis. Essas variáveis podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, a causa que gerou o problema ou ainda a etapa do processo produtivo em que ocorreram. Além disso, pode também apontar falhas no sistema de controle de qualidade.

As patologias são responsáveis por uma grande parcela da manutenção, de forma que grande parte deste tipo de atividade nas edificações seria evitada se houvesse um melhor detalhamento do projeto e da escolha adequada dos materiais e componentes da edificação (PIRES, 2013).

Desta forma, deve-se buscar estratégias dentro do processo construtivo que visem reduzir manutenções futuras, melhorando o controle de patologias. Segundo Costa (2003), as decisões tomadas durante as etapas do processo produtivo na construção, bem como o controle de qualidade efetuado durante essas etapas, estão intimamente ligadas à manutenção e aos futuros problemas patológicos que poderão ocorrer na edificação.

2.1 Concepção (planejamento / projeto / materiais)

Uma variedade de falhas pode ocorrer durante a etapa de concepção da construção. As falhas podem ser originadas a partir do estudo preliminar (lançamento da estrutura, por exemplo), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto executivo.

Alguns fatores como a deficiência no planejamento, ausência de informações e dados técnicos e econômicos de novas alternativas construtivas, ausência de ferramentas de base de dados para controle e indefinição de critérios de controle (indicadores de qualidade e produtividade) influenciam negativamente a qualidade do produto, além de aumentarem os índices de perdas de baixa utilização de novas alternativas construtivas (IEL, 1999).

Para o desenvolvimento das alternativas construtivas, é necessário o estabelecimento de certos parâmetros. Entre eles pode-se citar a definição do uso, a tipologia da edificação e dos materiais a serem empregados; a identificação das faixas socioeconômicas da população a ser atendida; levantamento dos recursos locais disponíveis (matéria-prima, mão-de-obra, entre outros) e levantamento do estágio de desenvolvimento da construção. O planejamento também define diretrizes de manutenção estratégica, sendo o custo da manutenção preventiva um fator importante a ser considerado.

Alvo de grande preocupação nos países desenvolvidos, o projeto é 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. Em termos de custos, esta fase contabiliza em torno de 3 a 10% do custo total do empreendimento (TAN; 1995).

É fundamental também que os serviços de compatibilização de projetos e de seus detalhes construtivos não seja deixados para serem resolvidos durante a construção, o que acaba exigindo a adoção de soluções paliativas ou meramente reativas. Além da compatibilização de projetos, os próprios detalhes executivos adquirirão importância, pois, através destes, a leitura e interpretação do projeto podem ser realizadas com clareza, sendo fundamental que cada projeto seja acompanhado de detalhes suficientes. A especificação de materiais, o conhecimento de normalização, a solução de interfaces projeto – obra, o projeto para a produção e a coordenação entre vários projetos também são considerados fatores importantes dentro deste contexto (FRANCO; AGOPYAN, 1993; PICHI; AGOPYAN, 1993; PRUDENCIO, 1995).

Sem a devida atenção a esses fatores, vários problemas podem vir a ser gerados, como por exemplo, a baixa qualidade dos materiais especificados ou a especificação de materiais incompatíveis, o detalhamento insuficiente ou equivocado, o detalhamento construtivo inexecutável, a falta de padronização e o erro de dimensionamento, o comprometimento do desempenho e a qualidade global do ambiente construído.

É essencial que os projetos estejam voltados para a fase de execução, com identificação dos pontos críticos e proposição de soluções para garantir a qualidade da edificação. No conjunto de recomendações pode-se citar a simplificação da execução, a adoção de procedimentos racionalizados e as especificações dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para a execução (FRANCO; AGOPYAN, 1993; MACIEL; MELHADO, 1995).

2.2 Execução

A sequência lógica do processo de construção civil indica que a etapa de execução deva ser iniciada apenas após o término da etapa de concepção, com a conclusão de todos os estudos e projetos que lhe são inerentes.

Iniciada a construção, podem ocorrer falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas tão diversas como falta de condições locais de trabalho, falta

de capacitação profissional da mão-de-obra, inexistência de controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem (SOUZA, 1998).

Nas estruturas, vários problemas patológicos podem surgir. Uma fiscalização deficiente e um fraco comando de equipes, normalmente relacionados a uma baixa capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras, podem, com facilidade, levar a graves erros em determinadas atividades, como a implantação da obra, escoramento, fôrmas, posicionamento e quantidade de armaduras e a qualidade do concreto, desde a sua fabricação até a cura.

A ocorrência de problemas patológicos cuja origem está na etapa de execução é devida, basicamente, ao processo de produção, que é em muito prejudicado pela baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais(SOUZA, 1998).

Estudos anteriores realizados revelam que problemas patológicos que aparecem nas edificações durante sua vida útil são originados durante a fase de produção da edificação, com maior percentual na fase de projeto, no caso da Europa, entretanto, no caso do Brasil, esse percentual se dá na fase de execução (Tabela 1). Daí a grande importância da implementação de um sistema de gestão da qualidade para execução de obra. (DÓREA; SILVIA, 1999).

Etapa	Brasil(%)	Europa(%)
Projeto	18.00	43.00
Materiais	6.00	38.00
Execução	52.00	14.00
Uso	14.00	5.00
Outros	16.00	-

Quadro 1 - Origem das patologias no Brasil e Europa (Grunau apud LIMA, 1990; DÓREA e SILVA, 1999)

Pode-se associar a qualidade de execução a alguns fatores como a qualidade no gerenciamento da obra, no recebimento dos materiais e de equipamentos e, principalmente, da execução dos serviços propriamente dita (MACIEL; MELHADO, 1995).

Na fase de execução, a manutenção preventiva é muito dependente do controle de qualidade da mão-de-obra assim como o cumprimento das especificações de projeto. Para garantir o cumprimento de todas as prescrições referentes à execução, o controle deve abranger operações em todos dos estágios de execução. Cada um dos subsistemas das edificações precisa ter procedimentos bem definidos e consolidados para o seu controle.

2.3 Utilização

Após o fim das etapas de concepção e de execução, mesmo estas etapas sendo executadas de maneira correta obtendo uma qualidade adequada, pode-se originar a presença de problemas patológicos a partir da utilização errônea ou a partir da falta de uma programação de manutenção adequada. Os problemas patológicos ocasionados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, tem sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência, negligência e em problemas econômicos (SOUZA, 1998).

O uso de uma edificação inclui sua operação e as atividades de manutenção realizadas durante sua vida útil. Pelo fato das atividades de manutenção em sua maioria serem repetitivas e cíclicas, é importante a implantação de um programa de manutenção visando otimizar a utilização de recursos e manter o desempenho de projeto.

Para a implantação deste programa de manutenção é importante a produção de um manual do usuário para auxiliar a correta utilização da edificação e recomendar as medidas de conservação e manutenção. A linguagem deste manual deve ser simples e direta, de forma didática, devendo ainda ser detalhado de acordo com a complexidade da edificação.

O manual deve conter informações sobre procedimentos recomendáveis para a manutenção da edificação, como especificação de procedimentos gerais de manutenção para a edificação como um todo; especificação de um programa de manutenção preventiva de componentes, instalações e equipamentos relacionados à segurança e à salubridade da edificação; identificação de componentes da edificação mais importantes em relação à frequência ou aos riscos decorrentes da falta de manutenção e a recomendação da obrigatoriedade da revisão do manual de operação uso e manutenção (NBR 14037, 1998).

O grande problema por parte dos usuários dos edifícios é que, na maioria das vezes eles não se preocupam com a manutenção, não dando a devida importância ao manual de manutenção e operação, quando existente, fator fundamental para a vida útil da edificação.

2.4 Causas patológicas

Pelo fato das patologias se originarem durante as etapas do processo construtivo, é essencial a garantia do controle de qualidade em todas estas etapas, com um planejamento bem detalhado, que permita uma visão clara do que será executado; um projeto que atenda os requisitos mínimos de qualidade; a escolha correta dos materiais; uma execução obedecendo ao projeto e as especificações e a fases de uso, orientada com manuais de utilização da edificação

3 | METODOLOGIA

3.1 Área de desenvolvimento do trabalho e objeto de estudo

Foi escolhida uma construtora localizada no município de Juazeiro do Norte, que por escolha de seus diretores e para preservar identidade será identificada como construtora X.

O município de Juazeiro do Norte está localizado no sul do Estado do Ceará, a cerca de 563 quilômetros da Capital Fortaleza, em uma região denominada Cariri, como mostra a Figura 1. A cidade possui uma extensão média de 248.832 quilômetros quadrados e uma população estimada para o ano de 2015 de 263.704 habitantes (IBGE, 2015). Juazeiro é ainda um grande polo cultural do Brasil, sendo um dos maiores centros de artesanato e cordel da região Nordeste. A cidade tem ainda um dos maiores polos acadêmicos do interior nordestino e também é conhecida como “A metrópole do Cariri”.

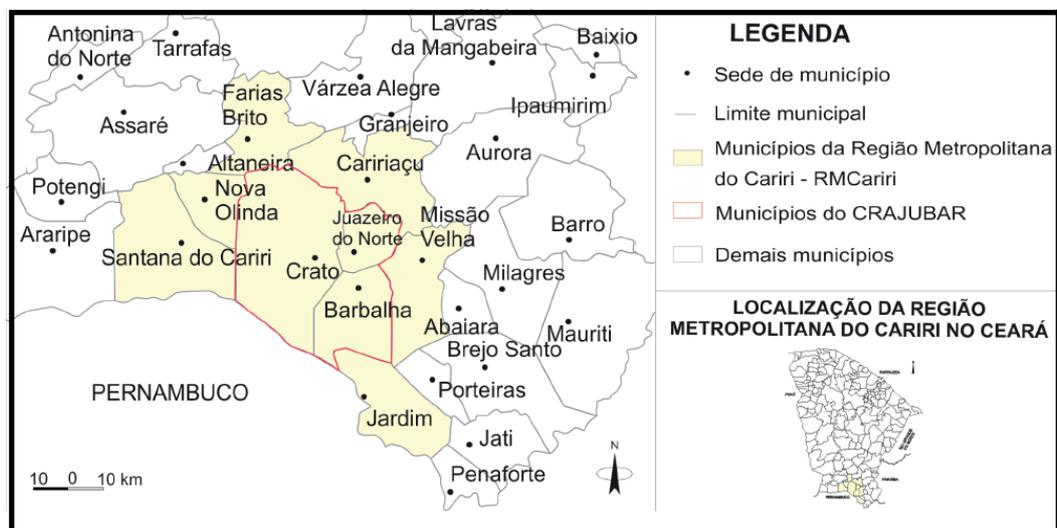


Figura 1 - Localização de Juazeiro do Norte - Ce. Fonte:Queiroz (2014)

A verticalização das construções coloca o município na tendência verificada em grandes cidades, e desta forma bairros e área central conseguem uma valorização do metro quadrado no patamar de áreas da capital. Em, praticamente, todos os bairros, principalmente nas áreas mais valorizadas na cidade, a exemplo do centro, e no entorno do Hospital Regional do Cariri (HRC), estão sendo construídos dezenas de prédios, dando uma nova configuração urbana, com a verticalização da cidade (DIÁRIO DO NORDESTE, 2013).

A Construtora X possui sede em Juazeiro do Norte e vem atuando no mercado caririense nos últimos 11 anos. A empresa comercializa serviços e produtos ligados a área da construção civil com um portfólio de obras e empresas importantes no seu quadro. Por ser caracterizada como médio porte, sua arrecadação anual não é relativamente alta, porém é expressiva por se tratar de uma empresa do interior cearense.

Foi a partir do primeiro semestre de 2015 que a construtora começou a colaborar com dados para a realização deste trabalho, além da mesma liberar informações que muitas outras empresas julgam ser sigilosas.

3.2 Abordagem dos problemas patológicos

O problema é identificado, de modo geral, a partir das manifestações ou sintomas patológicos que se traduzem por modificações estruturais e ou funcionais no edifício ou na parte afetada, representando os sinais de aviso dos defeitos surgidos (BARROS et al., 1997).

Uma vez determinadas as manifestações patológicas, e interpretadas, pode-se conduzir ao entendimento do problema. Desta forma, haver-se-á a possibilidade de correção cujo nível estará vinculado à relação entre o desempenho estabelecido para o produto e o desempenho constatado.

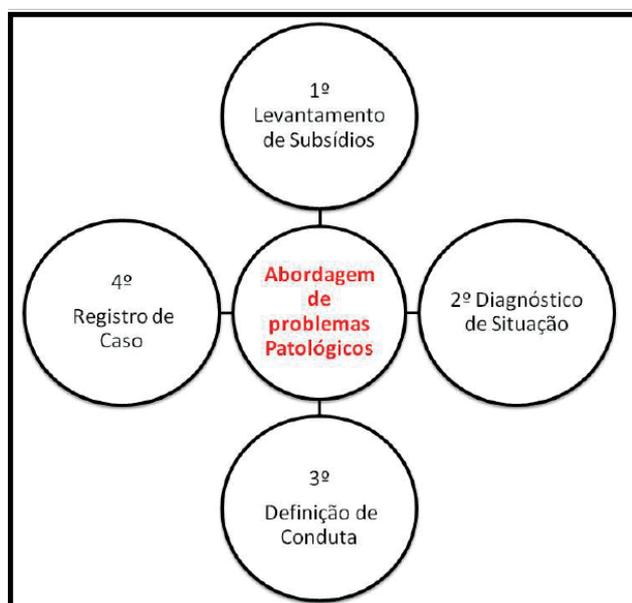


Figure 2 - Esquematização da metodologia utilizada para abordagem dos problemas patológicos. Fonte: Elaborado pelo autor com base na pesquisa realizada

Para uma melhor compreensão dos problemas patológicos ocorridos com as construções, e à uniformidade de atuação frente às possíveis soluções, propõe-se empregar uma metodologia de ação, conforme apresentado na Figura 2, que pode ser desenvolvida ou adaptada para cada situação específica, sendo as etapas propostas e discutidas a seguir.

3.3 Levantamento de subsídios

Esta etapa fundamenta-se na obtenção das informações necessárias para que se possa compreender o problema ocorrido. Sua estruturação ocorre a partir da elaboração de um quadro geral das manifestações presentes, onde devem ser devidamente relatadas as evidências que provocaram efetivamente o problema.

As informações podem ser obtidas por meio de quatro fontes básicas: vistoria do local; levantamento do histórico do problema e do edifício (anamnese do caso), exames complementares e pesquisa (bibliográfica, tecnológica, científica e normativa).

3.4 Diagnóstico de situação

Uma vez equacionada a primeira etapa, os estudos devem ser conduzidos para a formulação do diagnóstico do problema, o qual pode ser entendido como o equacionamento do quadro geral da patologia existente.

Cabe lembrar, porém, que as patologias constituem um processo dinâmico e assim sendo, as manifestações, numa determinada época, podem apresentar um aspecto completamente distinto que numa outra, estando em constante evolução. Assim, o diagnóstico pressupõe um processo dinâmico que, na realidade, não se inicia somente após a análise dos resultados obtidos no levantamento de subsídios, mas tem início com ele, sendo que todas as informações devem ser interpretadas no sentido de compor progressivamente o quadro de entendimento do problema patológico.

De maneira simplificada pode-se dizer que o processo de diagnóstico de um problema patológico pode ser descrito como uma geração de hipóteses efetivas que visam a um esclarecimento das origens, causas e mecanismos de ocorrências que estejam promovendo uma queda no desempenho do produto.

A construtora em estudo possui uma medida específica em que ela consegue fazer um pré-diagnóstico a partir de um banco de dados que relaciona Falhas Detectadas X Provável Causa X Ação Corretiva.

3.5 Definição de conduta

Esta etapa está relacionada a uma avaliação da necessidade ou não de se intervir no problema patológico, referindo-se, portanto, às alternativas de intervenção e à definição da terapia a ser indicada.

Para que se possa chegar a uma decisão, a partir do diagnóstico são levantadas as hipóteses de evolução futura do problema, ou seja, realiza-se um prognóstico, que deve ser baseado em dados fornecidos pelo tipo de problema; estágio de desenvolvimento; características gerais do edifício e condições de exposição a que está submetido.

Diante da formulação do prognóstico, onde ficarão evidentes as possibilidades de solução do problema patológico, levantam-se as alternativas de intervenção que por sua vez, são feitas levando-se em conta três parâmetros básicos: grau de incerteza sobre os efeitos, relação custo benefício e disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços.

A relação custo/benefício, por sua vez, estabelece um confronto dos benefícios que possam ser auferidos na obtenção do desempenho requerido, em relação ao custo de sua recuperação no decorrer do restante da vida útil do edifício.

Finalmente, a verificação da disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços objetiva realizar um levantamento sobre as condições tecnológicas para a execução dos serviços de intervenção definidos. As condições tecnológicas envolvem a técnica de execução, propriamente dita, os materiais, os equipamentos e a mão-de-obra, necessários à execução dos serviços.

Caso seja empregada uma tecnologia incompatível com o problema ou ainda, caso ocorram falhas na realização dos serviços de manutenção, o mesmo pode ser agravado podendo até mesmo tornar-se irreversível.

3.6 Registro de caso

Equacionado o problema patológico e adotada a conduta, passa-se a confrontação dos efeitos resultantes, com os esperados, gerando uma fonte de informações que retroalimenta o processo de produção do edifício.

O registro do caso constitui-se numa fonte importante e segura para consulta, de modo que os problemas detectados, possam ser evitados nos novos empreendimentos. Além disso, servem de subsídios essenciais à eliminação do grau de incerteza do diagnóstico de casos semelhantes, no futuro, e para a definição da conduta de intervenção mais rápida e mais eficiente.

3.7 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através do banco de dados da empresa X com determinadas categorias de causa e o número de solicitações dos clientes para cada categoria.

Para realizar a análise do estudo, utilizou-se a curva de Pareto, mais conhecida como curva ABC. Vilfredo Pareto foi um cientista italiano que descobriu relação de causa-efeito em que 80% dos resultados são gerados por apenas 20% do esforço.

Pareto está fortemente ligado ao gerenciamento em construções civis por causa da grande dimensão do esforço necessário para reduzir e administrar continuamente os riscos das anomalias nas obras. Sendo assim, o maior desafio atualmente para os engenheiros é estruturar um suporte ao processo decisório que definirá o que deve ser postergado, o que deve ser priorizado e o que deve ser esquecido por causa da falta de recurso, ou seja, não poderá ser atendido pelos investimentos. Desta forma, fica claro a importância de uma ferramenta que embase a decisão tomada pelo engenheiro, e no estudo a curva de Pareto mostrou-se adequada.

A regra de Pareto deve ser usada como norte para corrigir e prevenir os problemas. Decidir o que é prioritário e o que é mais representativo para o negócio em questão, contextualizando as falhas e identificando os processos e ações.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando os dados obtidos da Construtora X, que estão representados a seguir na tabela 2, obteve-se um gráfico que representa as relações de de causa e número de casos.

Observa-se na tabela 2 o número de solicitações dos clientes atrelados às suas devidas causas. Fazendo a mesma verificação e no mesmo intervalo de tempo, Junho de 2014 a Junho de 2015, obteve-se o gráfico 1. Desta forma, a regra de Pareto indicou que as causas responsáveis por 80% das solicitações são: Instalações Hidráulicas, Fachadas, Impermeabilização, Forma e Armação, Esquadria e Revestimento Cerâmico.

Patologias	Solicitação/Ano
Instalações Hidráulicas	64
Fachadas	29
Impermeabilização	19
Forma e Armação	18
Esquadrias	16
Revestimento Cerâmico	15
Pintura e Limpeza	14
Instalações Elétricas	10
Mámore e Granitos Internos	8
Fundação	6
Ar Condicionado	3
Drywall	2
Forro de Gesso	2
Telhados	2
Alvenaria Estrutural	1
Alvenaria Bloco Cerâmico	1
Pedras Decorativas	0
Revestimento Interno Argamassa	0
Contra Piso	0

Quadro 2 - Número de solicitações anuais pelas causas de referência. Fonte: cedido pela construtora x.

Este trabalho acadêmico identificou as três principais causas influentes tanto na frequência das solicitações: Instalações Hidráulicas (com aproximadamente 30% das solicitações), Fachadas (com aproximadamente 13% das solicitações) e Impermeabilização (com aproximadamente 7% das solicitações), como apresentado no Gráfico 1, a seguir.

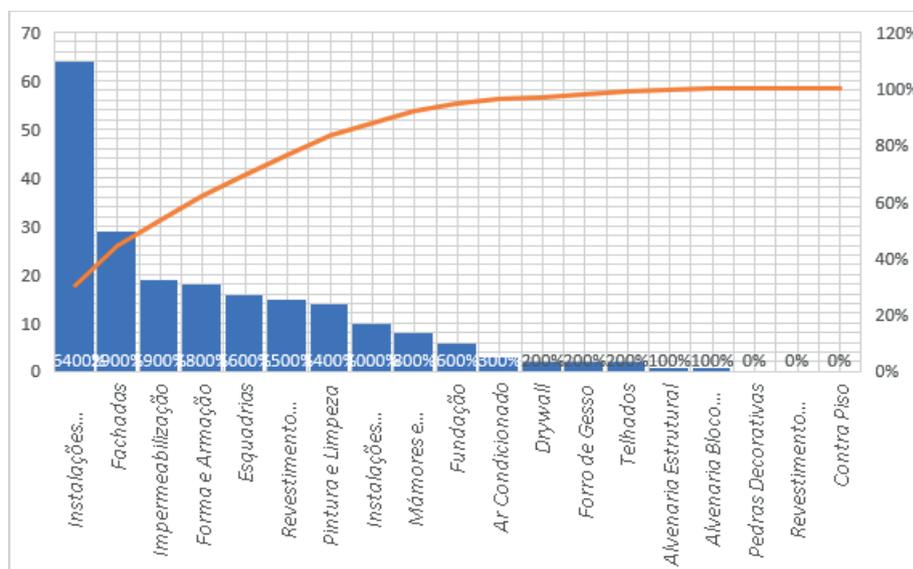


Gráfico 1 - Gráfico de Pareto aplicado ao número de solicitações ano de assistência técnica, pelas causas de referência. Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados adquiridos.

5 | CONCLUSÃO

Após a análise deste trabalho, considerando as solicitações para cada tipo de causa, pode-se, através da aplicação de Pareto, identificar as causas que mais contribuem para o surgimento de patologia. Desta forma, o trabalho atingiu o seu objetivo, provando por dados e análises que os construtores devem se atentar para o processo de impermeabilização, de instalação hidráulica e construção de fachada, já que estes representam os 20% das causas que geram 80% das solicitações.

Na etapa de projeto deve estar o principal foco da qualidade, pois as soluções adotadas nele têm grande repercussão no processo de construção e qualidade final do produto, condicionando o nível final de satisfação do usuário.

A falta de profissionais e a baixa valorização da mão de obra fazem com que importantes detalhes dos projetos sejam perdidos ou mal julgados, onerando seriamente o custo da construção e pós-entrega, assim como a satisfação dos clientes.

Os engenheiros responsáveis pelas obras não recebem com antecedência os projetos para serem analisados e planejados, acarretando inúmeras vezes retrabalhos desnecessários.

REFERÊNCIAS

Barros, M. M. B.; TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L. B.; SABBATINI, F. H. **Notas de Aula: patologias em revestimentos verticais.** 1997.

Costa, Jr. M. P.; SILVA, M G. **A influência do processo produtivo no controle de patologias e nos processos de manutenção.** Revista Engenharia, Ciência e Tecnologia - Volume 6. No4 - julho/ agosto; 2003.

Franco, S. F., AGOPYAN, V. **Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto.** Boletim Técnico, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT/PCC/94. São Paulo: EDUSP, 1993.

Instituto Euvaldo Lodi – IEL-ES. **Análise da cadeia de valor da indústria de mármore e granito e construção civil do Espírito Santo**. Vitória, 1999. 298p.

Maciel, L. L. MELHADO, S. B. **Qualidade na construção civil: Fundamentos**, Boletim Técnicos da escola Politécnica da USP, TT/PCC/15. São Paulo: EDUSP. 1995

Pires, J. R. **Patologias na construção dos edifícios. Caso de estudo, edifício da FICASE na Cidade da Praia**. 2013. 2285. Tese (Licenciatura) – Faculdade de Arquitectura. Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Palmarejo Grande, cidade da Praia, 2013.

Souza, R. de. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. A. Abiko. São Paulo : EPUSP, 1997.

Souza, V. C. M. de.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper**. – São Paulo: Pini, 1998.

Tan, R. R.; LU, Y. – Guang. **On the quality of construction engineering design projects: criteria and impacting factors**. Internacional Journal of Quality & Reability Management, Vol. 12, n 5, 1995, p. 18-37, MCB University Press.

SOBRE A ORGANIZADORA

Marcia Regina Werner Schneider Abdala: Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação lato sensu; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alvenaria Estrutural 87, 332

Análise Estrutural 185

B

Bragueto 6, 39, 40, 44, 49, 51, 52

C

Carbonatação 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 66, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 85, 86, 99, 104, 107, 108

Cidade limpa 122

Comportamento a longo prazo 1

Concreto 14, 24, 38, 40, 53, 54, 59, 60, 64, 65, 66, 74, 84, 85, 86, 108, 109, 146, 155, 157, 158, 169, 184, 185, 198, 211, 212, 213, 227, 240, 245, 261, 268, 270, 274, 280, 286, 287, 321

Concreto Armado 84, 86, 108, 109, 169, 185, 198, 212, 227, 245

Construção 19, 38, 40, 109, 113, 122, 147, 184, 211, 240, 241, 273, 287, 321, 322

Corrosão 45, 50, 66, 68, 84, 85, 86, 102, 109, 110, 115, 117, 167, 212, 270

Cura química 14, 15, 17, 18, 23, 25, 176

D

Degradação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 26, 27, 28, 77, 84, 86, 100, 106, 107, 111, 112, 134, 135, 138, 142, 146, 159, 166, 167, 169, 200, 289

Diagnóstico de Manifestações Patológicas 97

Durabilidade 1, 52, 84, 96, 109, 157, 212

E

Edificações 87, 88, 96, 110, 113, 212, 241, 255, 256

Edifício 26, 65, 258

Ensaio e pilares 213

Estrutura 6, 32, 39, 43, 85, 87, 159, 199, 255, 321

F

Fachada 26, 32, 33, 128, 187, 194

Fiscalização 87, 96

Fissura 47, 110, 116, 250, 252

Fundações 54, 64, 65

G

GDE/UNB 39, 40, 41, 42, 49, 52

I

Inspeção 42, 52, 85, 97, 99, 100, 106, 109, 115, 116, 117, 118, 185, 211, 212
Inspeção de Estruturas 97

M

Manifestações patológicas 27, 32, 34, 66, 67, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 106, 108, 110, 111, 114, 115, 116, 119, 120, 134, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 171, 172, 173, 174, 183, 184, 186, 188, 189, 197, 201, 211, 214, 228, 229, 231, 241, 242, 243, 244, 245, 252, 255, 257, 259, 324, 329
Monitoramento 185, 192, 193, 300, 301

P

Patologia 34, 35, 38, 87, 109, 110, 113, 121, 146, 147, 158, 199, 201, 212, 227, 236, 241, 243, 252, 255, 256, 334
Poluição visual 122, 123, 124, 125, 126, 130, 131, 132
Ponte 6, 39, 40, 49, 51, 52, 55, 56, 97, 212
Pré-fabricado 171, 173
Prevenção 65, 146, 147, 199

Q

Qualidade visual 7, 122, 123, 124, 126, 127, 131, 132, 133

R

Reação Álcali-Agregado 54, 64
Recuperação 54, 66, 146, 147, 158, 199, 212, 227, 262, 274
Reforço com FRP 1
Resinas epoxídicas 1
Revestimento 26, 38, 141, 187, 188, 321, 332

T

Terapia 135, 137, 202, 258, 330

U

Umidade 50, 77, 110, 118, 140

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-543-3



9 788572 475433