



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| A642 | <p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-169-5 DOI 10.22533/at.ed.695200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p> |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |

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

APRESENTAÇÃO

Em “A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 3” trazemos vinte e um capítulos que trazem estudos com boas contribuições para a Engenharia Civil.

Temos vários estudos a respeito da utilização da simulação numérica e computacional na resolução de problemas no projeto e execução de estruturas.

O estudo sobre o comportamento de estruturas utilizando determinados materiais proporciona sua validação como alternativa construtiva. Trazemos também análises a respeito de estruturas submetidas a calor intenso, o que permite otimizar os projetos, considerando situações de incêndio.

Tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais, torna-se imprescindível os estudos que visem soluções ligadas a otimização na utilização de materiais e desenvolvimento de materiais sustentáveis.

A análise de ferramentas computacionais para o desenvolvimento de projetos de engenharia permite realizar comparativos com a finalidade de subsidiar o projetista a optar por ferramentas mais adequadas e seguras, proporcionando uma melhor qualidade em projetos.

Esperamos que esta coletânea seja útil aos seus estudos. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DA SCHEELITA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS | |
| Manoel Domiciano Dantas Filho Dandara Pereira Moura de Assis Hérculys Guimarães Carvalho Larissa Santana Batista Damião Araújo dos Santos Júnior Jéniffer Paloma da Cruz Leal Nayla Kelly Antunes de Oliveira Adriano Lopes Gualberto Filho Wily Santos Machado Carlos Alexandre da Silva Vieira | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009071 | |
| CAPÍTULO 2 | 15 |
| ANÁLISE COMPARATIVA DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO | |
| Maurel Dreyer Roberto Domingos Rios | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009072 | |
| CAPÍTULO 3 | 32 |
| ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO COM ESTRUTURAS DE LAJES PLANAS | |
| Camila de Melo Tavares André Felipe de Oliveira Lopes Hildo Augusto Santiago Filho Giuliana Furtado Franca Bono Gustavo Bono | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009073 | |
| CAPÍTULO 4 | 48 |
| ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SÍLICA ATIVA NO DESEMPENHO DO CONCRETO EM SIMULAÇÃO DA AGRESSIVIDADE MARINHA | |
| André Luiz Louzeiro Carvalho Luciano Carneiro Reis Leandro Almeida Santos Mauricio Cavalcante Cutrim Fonseca Wesley da Cruz Gomes | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009074 | |
| CAPÍTULO 5 | 60 |
| ANÁLISE DE MODELOS DE CÁLCULO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISCALHAMENTO COM PRFC | |
| Daniel Marlon Rodrigues Guedes Ailín Fernández Pérez Paulo Fernando Matos de Santana Luiz Gustavo Dantas Gonçalves Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo Marcos Honorato de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009075 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 6 | 77 |
| ANÁLISE DINÂMICA NA FLAMBAGEM DE UMA COLUNA ESBELTA DE CONCRETO ARMADO COM CRITÉRIOS DA NBR 6118/14 | |
| Alexandre de Macêdo Wahrhaftig Kaique Moreira Matos Magalhães | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009076 | |
| CAPÍTULO 7 | 90 |
| ANÁLISE DO COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM TECIDOS ESTRUTURAIS DE FIBRAS DE SISAL | |
| Sande dos Santos Batista Mariana Santos Nunes Adilson Brito de Arruda Filho Paulo Roberto Lopes Lima Ricardo Fernandes Carvalho José Humberto Teixeira dos Santos Sandro Fábio César | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009077 | |
| CAPÍTULO 8 | 99 |
| ANÁLISE ESTRUTURAL E CONSTRUTIVA DA PONTE ESTAIADA DA RODOVIA DO PARQUE – (BR-448) | |
| Rafael Cariolato Dorneles Paula Manica Lazzari | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009078 | |
| CAPÍTULO 9 | 113 |
| ANÁLISE LINEAR E NÃO LINEAR DE UM EDIFÍCIO DE VINTE PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO | |
| Fernanda Fonseca Lima Gabriel Rodrigues Gomes Denilda Silva Costa Leonardo Moreira Santana Jaciera Santos Brandão Marcelo Rassy Teixeira | |
| DOI 10.22533/at.ed.6952009079 | |
| CAPÍTULO 10 | 125 |
| ANÁLISE LINEAR ELÁSTICA E ANÁLISE NÃO LINEAR FÍSICA DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO DESTINADO À INSTALAÇÃO DE DUAS SEDES ADMINISTRATIVAS DA PREFEITURA DE PARAUAPEBAS APÓS A UTILIZAÇÃO DE REFORÇO PARA REVITALIZAÇÃO DO PRÉDIO | |
| Denilda Silva Costa Jaciera Santos Brandão Allyson Corrêa Dias Fernanda Fonseca Lima | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090710 | |
| CAPÍTULO 11 | 138 |
| ANÁLISE NUMÉRICA COMPARATIVA DE MODELOS APLICÁVEIS AO PROJETO DE LAJES DE CONCRETO | |
| Edmilson Lira Madureira Eduardo Morais de Medeiros Arthur Leandro de Azevedo Silva Gabriel de Bessa Spinola | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090711 | |

CAPÍTULO 12 151

ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO TERMOMECAÂNICO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Andreia Romero Fanton
Luiz Carlos de Almeida
Leandro Mouta Trautwein

DOI 10.22533/at.ed.69520090712

CAPÍTULO 13 164

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS APROXIMADOS E MÉTODO GERAL DE CÁLCULO DO EFEITO LOCAL DE SEGUNDA ORDEM EM PILARES DE CONCRETO

Wesley de Vasconcelos Rodrigues da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090713

CAPÍTULO 14 178

COMPUTER AIDED DESIGN VERSUS BUILDING INFORMATION MODELING: APLICAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS

Jayron Alves Ribeiro Junior
Thainá Maria da Costa Oliveira
Moisés de Araujo Santos Jacinto
Bruna da Costa Silva
Mariana de Sousa Prazeres
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque
Leticia Maria Brito Silva
Camilla Gomes Arraiz
Marcos Henrique Costa Coelho Filho
Yara Lopes Machado

DOI 10.22533/at.ed.69520090714

CAPÍTULO 15 187

DESLOCAMENTO VERTICAL DE UMA VIGA DE EULER-BERNOULLI: SIMULAÇÕES NUMÉRICAS SOB A HIPÓTESE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PROBABILÍSTICO

Ana Carolina Carius
Alex Justen Teixeira
João Vitor Curioni de Miranda
Leonardo de Souza Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.69520090715

CAPÍTULO 16 204

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE ENGESSER-COURBON E MODELOS COMPUTACIONAIS EM PONTES EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Felipe Gomes da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090716

CAPÍTULO 17 217

ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA: EDIFICAÇÃO EM DESACORDO COM NORMAS EXECUTIVAS E DE PROJETO

João da Costa Pantoja
Bruno Camozzi Fedato Faria
Nathaly Sarasty Narváez

DOI 10.22533/at.ed.69520090717

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 18 | 235 |
| INFLUÊNCIA DO USO DA TECNOLOGIA BIM NA REDUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA FASE DE CONCEPÇÃO E PROJETO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO | |
| Rafael Azevedo Lino | |
| Orieta Soto Izquierdo | |
| Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090718 | |
| CAPÍTULO 19 | 251 |
| ENSAIOS DE PROVA DE CARGA EM ACORDO COM A NBR 9607 (ABNT, 2012): ESTUDO DE CASO | |
| Clayton Reis de Oliveira | |
| Armando Lopes Moreno Júnior | |
| Luis Gustavo Simão de Oliveira | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090719 | |
| CAPÍTULO 20 | 269 |
| PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO | |
| Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090720 | |
| CAPÍTULO 21 | 278 |
| SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O MODELO DE DANO PLÁSTICO | |
| Paulo César de Oliveira Júnior | |
| Jerfson Moura Lima | |
| Bruno Rodrigues Amorim | |
| DOI 10.22533/at.ed.69520090721 | |
| SOBRE OS ORGANIZADORES | 295 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 296 |

ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA: EDIFICAÇÃO EM DESACORDO COM NORMAS EXECUTIVAS E DE PROJETO

Data de aceite: 01/06/2020

João da Costa Pantoja

UnB- FAU, Brasília, Brazil, joapantoja@unb.br

Bruno Camozzi Fedato Faria

Centro Universitário de Brasília, UniCEUB,
Brasília, Brazil, brunocamozzif@hotmail.com

Nathaly Sarasty Narváez

Centro Universitário de Brasília UniCEUB,
Brasília, Brazil, nathaly.narvaez@uniceub.br

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo realizar a avaliação de uma edificação residencial de dois pavimentos em um condomínio de casas localizado no bairro Lago Sul em Brasília-DF, ainda em execução durante a visita pericial em outubro de 2014, apresentando erros de projeto relacionados a não conformidade com as normas brasileiras, falta de descrição nos projetos executivos, além de manifestações patológicas derivadas de falhas executivas, sendo dos inconvenientes analisados, o mais preocupante é o fato de ter a resistência à compressão e a seção transversal reduzidas na maioria dos elementos estruturais, afetando diretamente o desempenho e vida útil da estrutura. Para o estudo todos os elementos estruturais foram estudados detalhadamente, agregando registros fotográficos, estudos em

laboratório e assim abordando os aspectos considerados de maior importância. A obra foi executada sem responsável técnico com formação em Engenharia Civil e foi interditada com pouco mais de 40% da construção já concluída pelo próprio executor, que também era o proprietário, pela quantidade de manifestações patológicas e erros executivos manifestados que comprometiam a continuidade da construção devido a motivos de segurança e econômicos. O estudo pode servir como auxílio no diagnóstico e prevenção de futuras patologias que podem surgir em uma edificação, despertar atenção quanto à verificação dos projetos antes da execução e comprovação que a falta de um profissional capacitado para execução da construção é fundamental para o bom desempenho de todos os requisitos técnicos e viabilidade do empreendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias, Execução, Concreto Armado, Diagnóstico, Projeto

CASE STUDY IN BRASÍLIA: EDIFICATION IN DISAGREEMENT WITH EXECUTIVE AND PROJECT NORMS

ABSTRACT: The purpose of this article is to evaluate a two-story residential building in a condominium of houses located in the Lago Sul

neighborhood in Brasília-DF, still in execution during the visit in October 2014, presenting design errors related to noncompliance with Brazilian standards, misdescription in executive projects, as well as pathological manifestations derived from executive failures, directly affecting the performance and useful life of the structure. Of the drawbacks analyzed, the most worrying is the fact that the compressive strength and the cross section are reduced in most of the structural elements. For the study, all structural elements were studied in detail, adding photographic records, laboratory studies and then detailing aspects considered of major importance. The building was carried out without a technical officer with Civil Engineering degree and was interdicted with just over 40% of the construction already completed by the executor himself, who was also the owner, due to the amount of pathological manifestations and executive errors manifested that compromised the continuity of the construction due to safety and economic reasons. The study could be used as an aid in the diagnosis and prevention of future pathologies that can arise in a building, raise attention to the verification of the projects before the execution starts and proof that the lack of a qualified professional for the execution of the construction is fundamental for the good performance of technical requirements and viability of the enterprise.

KEYWORDS: Pathologies, Execution, Reinforced Concrete, Diagnosis, Project

1 | INTRODUÇÃO

Apesar da existência dos órgãos fiscalizadores de cada região brasileira para construções civis, ainda é possível que pessoas sem formação e conhecimento técnico da área de engenharia civil, atuem como responsável e executor da edificação sem que a obra seja impedida e que os projetos passem pela aprovação dos órgãos competentes em território brasileiro. A edificação estudada neste artigo aborda esta situação, que consequentemente gerou patologias e interdição da obra pelo próprio executor motivado pela intensidade de erros executivos e patologias manifestadas, comprometendo o desempenho da edificação, que de acordo com Possan e Demoliner (2013). Desempenho pode ser definido como o comportamento em uso. No caso de uma edificação pode ser entendido como as condições mínimas de habitabilidade (como conforto térmico e acústico, higiene, segurança, entre outras) necessárias para que um ou mais indivíduos possam utilizar a edificação durante um período de tempo.

A edificação localizada em um condomínio residencial no bairro Lago Sul em Brasília, se baseia em fundações de estacas perfuradas no solo, pilares de concreto armado in loco e pré-moldados, vigas de concreto armado in loco, alvenaria cerâmica, lajes com treliças pré-moldadas, enchimentos de isopor, concreto e telhado com estrutura de madeira, o projeto é uma residência de dois andares totalizando 241,35m², sendo que a obra foi interdita quando 102,3m² já haviam sido executados.

De acordo com Ripper e Souza (1998). O surgimento de problema patológico em dada estrutura indica, em última instância e de maneira geral, a existência de uma ou

mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de apontar para falhas também no sistema de controle de qualidade próprio a uma ou mais atividades. Sendo assim, de acordo com Fonseca et al. (2016). É necessário o conhecimento da influência causada por cada etapa construtiva para designar adequadamente os melhores métodos de controle das manifestações patológicas e ainda, projetar a manutenção de forma a evitá-las no decorrer da vida útil das edificações. Se todas as etapas do processo construtivo forem bem executadas, as incidências patológicas podem ser reduzidas e até mesmo eliminadas, aumentando a durabilidade e atendendo às prerrogativas de projeto, diminuindo a ocorrência de insatisfações de construtoras e usuários.

As peças estudadas em sua grande parte manifestaram mais de uma patologia geradas intrínsecas ou extrínsecas ao corpo de concreto, salientando que os elementos estruturais expunham em sua maioria, visualmente deteriorados, apontando erros de execução e projeto desrespeitando as normas brasileiras, devido ao fato de que a obra estava sendo executada durante o período da visita, não havendo tempo necessário para acontecer patologias derivadas de reações químicas mais prejudiciais como reações por carbonatação entre outras.

2 | METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizado um laudo para a avaliação da estrutura de uma residência de concreto armado composta por dois níveis. As Figuras 1 e 2 apresentam as fachadas da casa. A Figura 1 apresenta as fachadas frontal e posterior. Aqui já é possível detectar alguns problemas de execução, como falta de ligação entre pilares e vigas.



a)



b)

Figura 1 – a) Fachada frontal, b) Fachada posterior

A Figura 2 apresenta as fachadas lateral esquerda e direita onde se percebem alguns erros na execução de alvenaria, porém, não afetam a estabilidade e segurança do conjunto.



a)

b)

Figura 2 – a) Fachada lateral esquerda, b) Fachada lateral direita

O processo de inspeção da estrutura foi composto por duas etapas, como descrito:

- a. Vistoria – utilizando-se de inspeção visual munida de câmeras fotográficas, conquistou-se um vasto acervo de imagens, focando em todas as manifestações patológicas visíveis, incluindo erros de execução notados. Conjuntamente, o proprietário executor e o projetista da edificação foram questionados referente aos processos executivos e projetos.
- b. Em laboratório – através de modelos de corpo de prova extraídos de acordo com a NBR 7680:2015 da laje responsável por comportar a caixa d'água e corpos de prova moldados quando o concreto era enviado pela concreteira, para executar o ensaio de compressão pela aplicação de carga no corpo de prova.

3 | RESULTADOS DE ANÁLISE EM CAMPO

Nesta seção são apresentadas as patologias encontradas em campo para cada um dos elementos estruturais: fundações, pilares, vigas, lajes.

3.1 Fundações

O projeto de fundações consta de blocos de 70x70 cm e estacas de 40 cm de diâmetro, porém o projeto estrutural não especificou a profundidade das estacas. As falhas em execução e projeto destes elementos estruturais são mostradas a seguir:

3.1.1 Falta de continuidade dos aços estruturais da fundação

As barras de aço são os elementos designados a resistir a maior parte das tensões de tração, elas devem ser distribuídas uniformemente através dos elementos compostos

por misturas de concreto afim de que se tenha a transferência das cargas pela estrutura.

No caso avaliado, visto na figura 3, pilares situados acima dos blocos de fundação no nível do solo foram concretados em uma posição deslocada ao eixo central do bloco de fundação desrespeitando-se o prumo, expondo a armadura que serviria de arranque para a concretagem dos pilares, sendo estas barras expostas cortadas, com isso, os pilares de sustentação da estrutura acima da fundação e a fundação desenvolvem um vínculo de apoio inferior ao especificado, impedindo a estrutura de transferir à fundação todas as cargas necessárias para o bom funcionamento da construção.

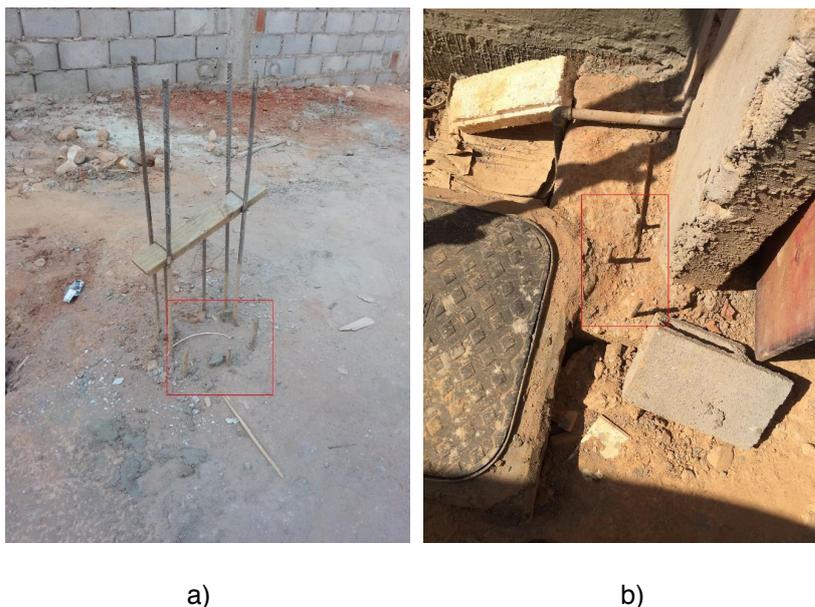


Figura 3 – a) Ferragens da fundação expostas e cerradas, b) Pilar fora do eixo do bloco de fundação

3.1.2 Recalque diferencial

O rebaixamento desigual de partes da fundação, devido ao adensamento do solo é denominado recalque diferencial. Utilizando-se das fissuras visualizadas nas vigas e alvenarias cerâmicas analisadas e indícios visuais de rebaixamento da fachada lateral esquerda externa da casa comprovou-se que houve o rebaixamento da estrutura em apenas um lado da edificação, resultando em um recalque diferencial, que tem como um dos prováveis motivadores, erros de execução como posicionamento da fundação em uma cota de camada de solo inadequada para transferência dos carregamentos, agravado pela falta de especificação quanto a profundidade no projeto de fundação, ou até mesmo sobrepeso causado pela distribuição não especificada em projeto de cargas pela edificação, geradas por erros de execução e projeto.

3.2 Pilares

A maioria dos pilares desta edificação foram concretados *in loco*. As principais patologias encontradas são: a dimensão inferior à mínima especificada em norma, a falta

de ligação com os elementos horizontais e a falta de alinhamento.

3.2.1 Dimensionamento da seção transversal de projeto inferior a seção mínima por norma

De acordo com a NBR 6118:2014, no item 13.2.3 ‘Pilares e Pilares-parede’, a seção transversal de pilares não pode apresentar dimensão menor que 19cm, apenas em casos especiais permite-se a dimensão menor que a especificada, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional γ , de acordo com o indicado na Tabela 13.1 da norma supracitada. Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360cm². No projeto analisado os pilares tinham dimensão de 10x30 cm, ou seja, inferior ao mínimo, e durante a vistoria foi notado que mais de 50% dos pilares apresentaram dimensões ainda inferiores ao projetado. Inclusive, um pilar foi formado por dois pilares pré-fabricados de dimensão 10x15 cm.

3.2.2 Vínculo de ligação falho entre pilares e vigas

Na fachada principal da casa, dois pilares pré-fabricados foram posicionados e em seguida, foi concretada *in loco* uma viga apoiada sem vínculos adequados entre os dois pilares (Figura 4), não havendo ligação por barras ou devida preparação dos pilares pré-fabricados para receber a viga.



Figura 4 – Falta de ligação dos pilares com elementos horizontais

3.2.3 Falta de alinhamento vertical no pilar

A figura 5 apresenta a falta de alinhamento vertical em um dos pilares, tal inconveniente afeta a correta transição de carregamentos estabelecida para a verticalidade da peça.

Sendo nesta mesma fachada, visualizado o recalque diferencial.



Figura 5 – Pilar desalinhado verticalmente

3.3 Vigas

As vigas deste projeto foram concretadas *in loco*. Diversas patologias foram identificadas, sendo a falta de adensamento, execução das peças em dimensões de seção transversal diferentes da projetada, perda de altura útil e falta de cobrimento das barras os erros mais preocupantes destes elementos estruturais.

3.3.1 Erros de dimensionamento das vigas no projeto

De acordo com a NBR 6118:2014, a seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm. Este limite pode ser reduzido, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais. Sendo que para a viga poder utilizar 10 cm de largura, ela deverá respeitar o *espaçamento mínimo de armadura*.

A espessura do cobrimento de concreto sobre as barras de aço em peças de viga, pilar e laje variam de acordo com a *classe de agressividade ambiental*.

Na edificação em questão, existem vigas que não estão de acordo com as exigências normativas, como é o caso da viga V14, em que através do exemplo demonstrativo é possível verificar que a seção calculada em projeto não atende as seções mínimas pela norma.

Exemplo demonstrativo – Cálculo demonstrativo da seção mínima transversal de projeto

Seção transversal de projeto: 10x30 cm

$b_{w.min} = 1 \text{ cm } (\phi \text{ armadura}) + 3 \text{ cm } (\text{cobrimento do lado direito}) + 3 \text{ cm } (\text{cobrimento do lado esquerdo}) + 4 \text{ cm } (\text{norma}) = 11 \text{ cm}$

Portanto, a seção transversal da viga V14 não obedece aos critérios mínimos da NBR 6118:2014, pois estes, não permitem executar a viga com 10 cm de largura.

3.3.2 Erro de execução quanto as dimensões das seções transversais

O principal problema no caso das vigas, é que a seção transversal não foi mantida como indicado no projeto estrutural, demonstrando incapacidade do executor em interpretar os projetos ou controle de produção negligenciado, afetando o desempenho do elemento, gerando por exemplo a exposição das armaduras pela falta de cobrimento. O quadro 1 apresenta a comparação entre as dimensões de projetos, e as dimensões executadas.

| Viga | Dimensão de projeto | Dimensão executada | Viga | Dimensão de projeto | Dimensão executada |
|-------------------|---------------------|--------------------|------|---------------------|--------------------|
| Viga caixa d'água | 10cmX30cm | 10cmX25cm | V41 | 10cmX30cm | 9,5cmX19cm |
| V14 | 10cmX30cm | 10cmX24,7cm | V42 | 10cmX30cm | 9,5cmX20cm |
| V15 | 10cmX30cm | 10cmX24,7cm | V43 | 10cmX30cm | 9,5cmX19cm |
| V16 | 10cmX30cm | 10cmX24,7cm | V44 | 10cmX30cm | 10cmX22cm |
| V17 | 10cmX30cm | 10cmX24,7cm | V45 | 10cmX30cm | 10cmX18cm |
| V18 | 10cmX30cm | 9cmX19cm | V46 | 10cmX30cm | 9cmX20cm |
| V19 | 15cmX40cm | 10cmX17,2cm | V47 | 10cmX30cm | 10cmX16,4cm |
| V20 | 10cmX30cm | 10,5cmX17cm | V48 | 10cmX30cm | 10cmX20cm |
| V21 | 10cmX30cm | 10cmX18cm | V49 | 10cmX30cm | 9,5cmX20cm |
| V22 | 10cmX30cm | 9cmX11cm | V50 | 10cmX30cm | Não visível |
| V23 | 10cmX30cm | Inexistente | V51 | 10cmX30cm | Não visível |
| V24 | 10cmX30cm | Não visível | V52 | 10cmX30cm | 10,5cmX26cm |
| V38 | 10cmX30cm | 10cmX22cm | V53 | 10cmX30cm | 9,5cmX30cm |
| V39 | 10cmX30cm | 10cmX19,5cm | V54 | 10cmX30cm | 10cmX28cm |
| V40 | 10cmX30cm | 10cmX17,2cm | V55 | 10cmX30cm | 10cmX26cm |

Quadro 1 - Comparação entre dimensões executadas e projetadas em vigas

Fonte: Autores (2014)

3.3.3 Segregação do concreto

Quando a mistura da massa de concreto se torna heterogênea, havendo a separação dos materiais constituintes, e acúmulo de vazios gerando um elemento poroso, é denominado de segregação do concreto a sua patologia, sendo uma das formas de profilaxia o adensamento, executado por exemplo através de vibradores por imersão, assegurando a mistura compacidade, sendo também indispensável para garantir durabilidade e parâmetros de resistência mecânica, tornando o processo dispensável apenas para concretos auto adensáveis.

Indo contra as recomendações técnicas estabelecidas pela NBR 14931:2004, não foi executada a vibração na concretagem, fato reconhecido pelo próprio executor, resultando como demonstra a figura 6, em manifestações patológicas de segregação do concreto em peças variadas, conseqüentemente tornando o concreto frágil, com vazios acumulados, reduzindo a aderência entre a pasta de cimento e as barras, visualizados através de

brocas e fissurações verticais acompanhando os estribos e horizontais, seguindo as barras longitudinais, e juntamente à erros de execução das seções transversais das peças, as barras tornaram-se expostas.



Figura 6 – Evidências de segregação em viga

3.3.4 Viga sofrendo torção

Devido a execução falha das formas de vedação para concretagem, a peça de concreto armado foi executada sem prumo (Figura 7.b), gerando excentricidade na peça, e conseqüentemente os esforços aplicados resultaram na torção da peça.

A viga abaixo, está submetida a esforços de torção no canto destacado na Figura 7.a.

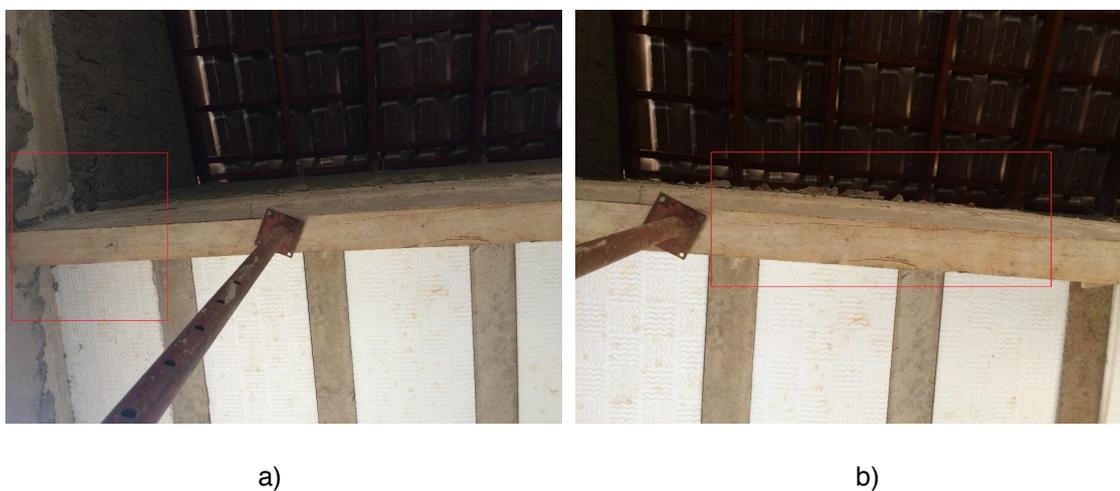


Figura 7 – a) Ponto da viga com torção, b) Desaprumo na viga

3.3.5 Falta de cobrimento e perda das alturas úteis das armaduras

De acordo com Barros et al. (2016). As armaduras de aço no concreto são protegidas duplamente da corrosão, através da proteção química e física. A primeira graças às

condições de passividade, que se desenvolvem em contato com a solução alcalina contida nos poros da pasta de compostos do cimento e a segunda devido à espessura do revestimento, que atua como uma barreira da armadura. Além desta proteção física fornecida pelo revestimento, este contribui no desempenho de resistência das tensões previamente estabelecidas em projeto através da aderência do concreto à superfície das armaduras.

Erros de dimensionamento em projeto, má execução das seções transversais das vigas, aliado à uma provável amarração de baixa qualidade das barras ou lançamento do concreto em altura inadequada gerando impacto sobre as ferragens, acompanhadas de comprovada falta de controle sobre o concreto no estado fresco gerando falta de aderência entre a massa de concreto e a superfície das barras, ocasionaram na exposição das armações ao meio ambiente através de brocas e fissuras (Figura 8).



Figura 8 – a) Detalhamento da viga com falta de cobertura das barras e perda de altura útil, b) Viga do quarto com armadura exposta, segregação do concreto (vermelho) e perda de altura útil com exposição das barras (verde)

3.3.6 Furo na viga para passagem de tubulação no banheiro

A perfuração da viga em sua base (figura 9) foi realizada de forma a acomodar uma tubulação, este problema é originado pela falta de planejamento na compatibilização entre os projetos executivos da edificação, possivelmente sanados utilizando-se softwares apropriados, assim como a falta de conhecimento e experiência técnica do responsável pela execução.



a)

b)

Figura 9 – a) Viga do banheiro com armadura exposta devido ao baixo cobrimento (vermelho) e passagem da tubulação internamente à residência (amarelo), b) Passagem da tubulação em viga sendo vista externamente à residência (amarelo)

3.3.7 Viga com fissura inclinada tendo continuidade na alvenaria cerâmica

O surgimento da fissura na viga realizando um ângulo de 45 graus com a horizontal (figura 10) seguindo até a alvenaria cerâmica aonde segue verticalmente tendo a sua abertura aumentada, tem como fator principal o recalque diferencial da fundação.



Figura 10 – Viga fissurada em 45 graus com a horizontal (vermelho) e fissura vertical na alvenaria cerâmica

3.3.8 Trincas na base da viga

Fissuras visualizadas ao longo da base da peça (Figura 11), indicam que devido a execução em dimensões inferiores ao especificado em projeto, os esforços gerados com o peso próprio, cargas suportadas e a grande quantidade de vazios inseridos no concreto pela falta de vibração, tendem a reduzir a aderência entre o concreto e a barra de ferro, conseqüentemente, a tração realizada na parte inferior da peça que antes era absorvida pelas barras de ferro, começam a ser transferidas ao concreto, que possui capacidade

inferior perante estes esforços, originando as trincas por extensão da face.



Figura 11 – Fissuras por extensão da face inferior da viga (vermelho)

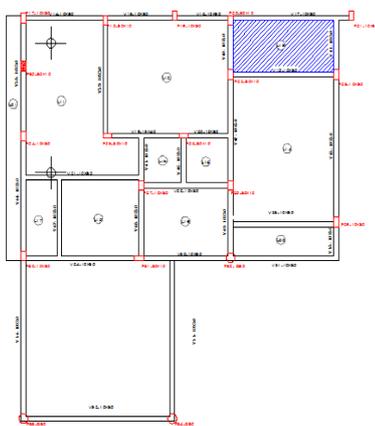
3.4 Laje

O sistema estrutural utilizado nas lajes da estrutura é composto por treliças pré-moldadas com preenchimento de isopor (EPS), sendo nestas lajes observadas patologias como flechas excessivas, fissurações, mal posicionamento das formas de isopor e danos na treliça pré-moldada.

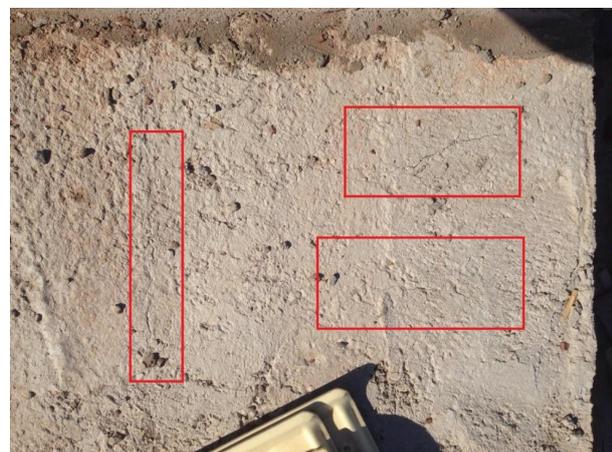
3.4.1 Fissuras na laje

De acordo com informações fornecidas pelo responsável em executar a edificação, após a concretagem das lajes houve o aparecimento de fissuras, como é o caso da laje responsável por comportar a caixa d'água, mostrada na figura 12.

No surgimento das fissuras, a laje se encontrava apoiada pelas escoras de madeira e forma em sua face inferior, devido a recente concretagem, direcionando o laudo para a retração plástica sofrida pelo concreto ao perder água no processo de desenvolvimento de resistência.



a)



b)

Figura 12 – a) Localização em planta da laje da caixa d'água, b) Fissuras superficiais na laje (vermelho)

3.5 Alvenaria cerâmica

As estruturas de alvenaria cerâmica observadas apresentavam patologias unicamente fissuras, contudo, estas contribuíram para o diagnóstico de falhas e deficiências na estrutura.

3.5.1 Fissuras na face da alvenaria cerâmica

A alvenaria é um dos elementos da construção que permite identificar diversas patologias estruturais, devido a sua maior fragilidade. Analisando a estrutura, há indícios de fissuras causadas por recalque diferencial na fundação e pela falta de vergas e contravergas.

De acordo com Bauer (2008), quando ocorre um recalque diferencial em uma edificação, as alvenarias apresentarão fissuras e trincas inclinadas obedecendo as isostáticas de compressão. Geralmente, as trincas, ao seguirem as isostáticas de compressão, apontam ou dirigem-se aos pontos rígidos da fundação (regiões do terreno menos deformáveis, sapatas melhor apoiadas etc). Ante uma situação de fundação deficiente, entra em jogo a rigidez estrutural, redistribuindo as cargas nas fundações e concentrando-se nos pontos relativamente firmes. As isostáticas de compressão consistem em um feixe de retas que passam pelo ponto de aplicação da carga.

Resultando assim a fissura diagonal no interior da casa (figura 15), também a fissura vertical acima da porta dos fundos (figura 14).

Outro problema que pode gerar fissuras na alvenaria (figura 15) é a não utilização de vergas e contravergas em esquadrias, o que contribui para o surgimento de fissuras nos revestimentos (Bauer, 2008)



a)

b)



c)

Figura 14 – a) Fissura diagonal na ponta inferior esquerda da janela, b) Fissura diagonal na ponta inferior direita da janela, c) Fissura vertical na parte superior da porta



a)

b)

Figura 15 – a) Fissuração diagonal na alvenaria, b) Figura ampliada de fissuração

3.6 Telhado

O telhado da casa foi projetado em estrutura de madeira, e neste foram detectados erros principalmente de apoio.

3.6.1 Falta de vigas de apoio instalado na alvenaria

Na construção do telhado foram encontrados erros nos apoios dos elementos de madeira. As ripas do telhado da casa apoiam sobre a alvenaria cerâmica como demonstra a figura 15, a qual não possui resistência necessária para suportar os esforços do telhado, causando fissuras na alvenaria. Os elementos de madeira deveriam ser apoiados sobre terças, que podem ser de concreto ou madeira, conforme a planta baixa e o corte (figura 16).



Figura 16 – Ripas de madeira apoiadas diretamente sobre a alvenaria cerâmica

Na construção, o telhado conta com as vigas tipo A e B das figuras 17.a e 17.b. Buscando melhor desempenho da estrutura, deve ser instalado as terças, que vão receber os carregamentos do banço superior da treliça.

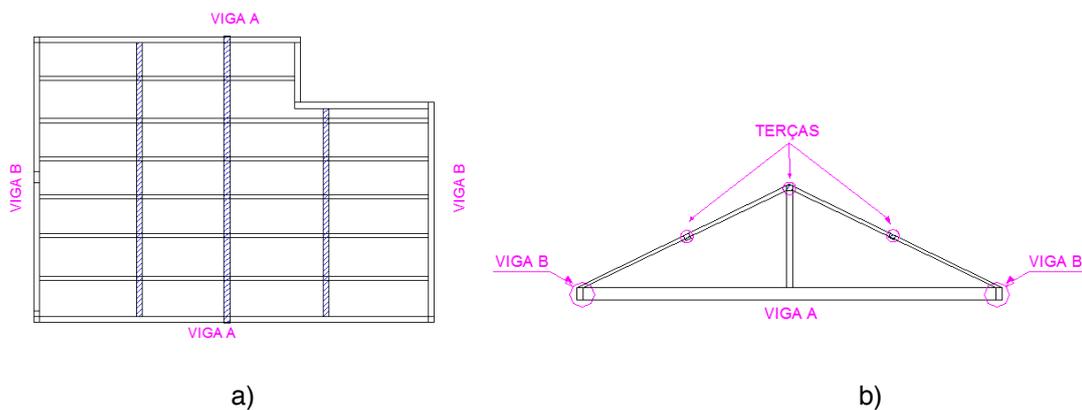


Figura 17 – a) Planta de demonstração das vigas existentes, b) Corte frontal ilustrando o posicionamento das peças

4 | RESULTADOS DE ANÁLISE EM LABORATÓRIO

Nesta seção será abordado os estudos realizados em laboratório para análise de resistência do concreto, sendo os corpos de prova moldados quando o concreto era recebido na obra e por extração da laje de cobertura. Houve divergência quanto à resistência do concreto informada a concreteira no fornecimento e a resistência utilizada em projeto, pois o autor não o especificou nos projetos executivos.

4.1 Resistência do concreto à compressão

A NBR 6118:2014, prevê que de acordo com a classe de agressividade do local onde a estrutura será colocada, a relação Água/Cimento mínima e o F_{ck} (resistência do concreto à compressão) mínimo para a estrutura devem ser respeitados.

No caso deste projeto o F_{ck} não foi apresentado nas plantas estruturais entregues

impressas e assinadas pela empresa responsável.

4.1.1 Resistência a compressão do concreto reduzida (Inspeção laboratorial)

Após notar fissuras na face superior da laje, dois corpos de prova foram extraídos, um com altura de 69,54mm e diâmetro de 68,55mm e o segundo, medindo 105,07mm de altura e 68,53mm de diâmetro, em seguida, enviados para laboratório especializado para realizar o ensaio de resistência do concreto à compressão, no dia 30 de setembro de 2014. No registro do ensaio está especificado F_{ck} 20 Mpa, informada pela empresa responsável pelo projeto estrutural quando houve a necessidade da inspeção, porém, nenhum dos dois corpos atingiram o F_{ck} necessário (Quadro 2).

Obtido os dados de resistência a compressão, é demonstrado que o concreto não obteve o desempenho mínimo de 20MPa estabelecido pela norma.

| Corpo de prova | d - Diâmetro (mm) | h - Altura (mm) | Resistência à compressão (MPa) | Fator de correção (h/d) | Resistência à compressão corrigida (MPa) | Local de extração |
|----------------|-------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|--|-------------------|
| 1 | 68,55 | 69,54 | 17,9 | 0,87 | 15,6 | Laje |
| 2 | 68,53 | 105,07 | 14,8 | 0,96 | 14,3 | Laje |

Quadro 2 – Demonstração de resultados de resistência do concreto à compressão

Fonte: Autores (2014)

5 | CONCLUSÃO

Após a análise e avaliação do projeto estrutural, dos ensaios de corpo de prova e das verificações visuais em obra verificou-se que a falta especificação da resistência característica à compressão do concreto (F_{ck}) nas plantas estruturais podem causar divergências entre o projeto estrutural e o executivo que podem ser irreversíveis.

Os ensaios de corpo de prova feitos em laboratório mostraram que os valores obtidos para a resistência característica à compressão do concreto (F_{ck}) estão menores do que os exigidos pela norma brasileira NBR 6118:2014, que deveriam ser acima de 20Mpa.

No estudo dos projetos estruturais conclui-se que este, encontra-se em desacordo com a norma brasileira NBR 6118:2014 Projetos de Estruturas de Concreto em relação aos itens de largura mínima de viga de concreto, seção mínima de área transversal de pilar de concreto e cobrimento inferior ao exigido por norma.

Sobre a vistoria da obra em andamento foram observados os seguintes aspectos, as seções transversais dos elementos estruturais não foram executadas conforme o projeto estrutural, apresentando redução de até 50%, a concretagem não foi realizada corretamente, existindo segregação nos elementos estruturais, há falta de alinhamento

devido a má execução das vigas e pilares, ocasionando esforços indevidos e as ancoragens foram executadas de forma incorreta entre as fundações e pilares existentes.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 7680:2015. Concreto – Extração, Preparo, Ensaio e Análise de Testemunhos de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2015.

____. NBR 14931:2004. Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

____. NBR 6118:2014. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2014.

da Fonseca, J.M.M., da Silva, D.G.C., de Oliveira, A.A., da Silva, G.M., dos Santos, N.P. Fatores Cardeais Que Comprometem a Durabilidade das Construções. *Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, Volume 1, Número 1. 2016.*

de Barros, T.C.M.F., Berenguer, R.A., Guimarães, N.A.S, Lima, N.M.V., Barreto, L. Análise de Fatores Contribuintes Para a Ocorrência de Corrosão de Armaduras. *Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, Volume 1, Número 1. 2016.*

Falcão Bauer, L.A. Materiais de Construção: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos e Asfalto. *Volume 2, 5ª Edição.* Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2008

Possan, E., Demoliner, C.A. Desempenho, Durabilidade e Vida Útil das Edificações: Abordagem Geral. *Revista Técnico-Científica, Volume 1, Número 1. 2013.*

ipper, T., Souza, Vicente C.M. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. *3ª Tiragem, 1ª Edição.* Editora PINI.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agressividade Marinha 48, 50, 51, 56, 58, 59

Análise Geométrica 114

Análise Não Linear 113, 114, 115, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 134, 135, 137

Análise Numérica 138, 149, 151, 163, 294

Argamassa 13, 59, 90, 92, 93, 97, 193

B

BIM 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 235, 236, 239, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250

C

CC 23, 27, 28, 33, 65, 81, 93, 95, 109, 116, 120, 122, 140, 141, 142, 143, 154, 156, 160, 161, 162, 169, 187, 189, 190, 200, 201, 280, 288, 289, 290, 292

Cisalhamento 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 128, 134, 136, 146, 241, 292, 293, 294

Coeficiente γ_z , 15

Compósitos 62, 74, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98

Concreto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 103, 104, 105, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 177, 178, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 201, 202, 203, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240, 250, 251, 252, 253, 254, 258, 260, 261, 262, 264, 266, 267, 268, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 293, 294

Concreto Armado 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 35, 47, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 88, 112, 113, 115, 116, 117, 124, 125, 127, 128, 130, 132, 133, 137, 138, 139, 149, 150, 151, 152, 155, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 177, 178, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 225, 235, 239, 240, 252, 253, 260, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 293, 294

Curvatura 115, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177

D

Deslocamento 27, 96, 121, 147, 161, 187, 197, 206

E

Edifícios 15, 16, 17, 20, 30, 31, 32, 33, 35, 47, 113, 114, 116, 119, 124, 126, 127, 128, 129, 136, 137, 177, 183, 239, 240, 272, 274

Efeito 13, 24, 43, 50, 55, 58, 59, 105, 116, 149, 164, 165, 176, 183, 206, 214, 244, 266, 275

Elementos 15, 16, 17, 18, 19, 23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 60, 77, 78, 84, 96, 101, 103, 114, 115, 116, 122, 125, 127, 130, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 179, 181, 182, 184, 187, 189, 190, 197, 199, 200, 202, 203, 205, 208, 209, 213, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 230, 231, 233, 238, 239, 241, 242, 243, 254, 258, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 285, 287, 288, 289, 293

Engesser-Courbon 204, 205, 206, 207, 212, 213, 215

Estabilidade Global 15, 16, 17, 22, 30, 32, 33, 36, 43, 47, 99, 108, 109, 114, 115, 116

Estais 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112

Estocástico 187, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202

Estruturas 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 49, 58, 60, 64, 74, 75, 76, 77, 79, 89, 97, 100, 101, 103, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 123, 124, 127, 128, 136, 137, 145, 150, 151, 152, 162, 163, 165, 166, 177, 178, 180, 188, 190, 202, 203, 209, 215, 216, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 266, 267, 268, 272, 279, 294

F

Fibra 60, 61, 62, 63, 65, 74, 75, 76, 90, 91, 92, 93, 94, 97

Fibra de Sisal 90, 91, 92, 97

Fluência 77, 79, 81, 82, 86, 88, 166

Fogo 151, 152, 153, 157, 162

G

Gestão 3, 150, 178, 179, 183, 186, 269

L

Lajes 17, 18, 20, 21, 24, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 75, 119, 125, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 206, 207, 208, 209, 218, 220, 228, 243, 258, 260, 261, 262, 264, 265, 266

Lajes Nervuradas 32, 33, 34, 35, 41

M

Método 5, 9, 20, 29, 52, 62, 64, 67, 68, 69, 72, 79, 84, 104, 114, 116, 127, 130, 138, 139, 143, 144, 149, 150, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 187, 189, 190, 191, 197, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215,

216, 238, 239, 240, 249, 252, 279, 283, 287, 293

Método Geral 164, 165, 166, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177

Minerais 2, 4, 13, 193

Modelos 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 107, 115, 116, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 153, 155, 185, 188, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 235, 239, 248, 278, 279, 280, 281, 285, 286

Módulo de Elasticidade 17, 77, 81, 86, 87, 88, 140, 166, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 203, 282, 286

P

Parâmetro α 15, 25

Pavimento 1, 2, 3, 4, 13, 14, 21, 23, 27, 28, 38, 117, 118, 119, 130, 131, 132, 244, 261

Pilar de Concreto 164, 233

Placas 93, 96, 97, 138, 140, 144, 145, 146

Pontes 99, 100, 101, 103, 106, 107, 111, 112, 204, 205, 208, 209, 210, 213, 215, 216, 253, 258, 268

Potencial de Corrosão 48, 51, 52, 53, 57, 58

PRFC 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 73, 75, 76

Probabilidade 53, 187, 196, 197, 198, 235

Projetos 15, 100, 111, 120, 128, 138, 139, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 217, 218, 220, 224, 226, 232, 233, 235, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 249, 250, 258

R

Reforço 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 125, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 234, 250, 258, 267, 293

Resíduos 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14

Resistência à Compressão 5, 48, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 91, 103, 189, 192, 194, 217, 233, 282

Rigidez k 164, 165, 167, 171, 175, 176, 177

S

Sílica Ativa 48, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 92, 105

Simulação 48, 50, 51, 52, 56, 58, 59, 138, 155, 156, 157, 203, 278, 280, 281, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

Sistemas 14, 15, 16, 17, 27, 32, 33, 37, 41, 44, 50, 75, 78, 88, 99, 143, 169, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 197, 235, 237, 270, 272, 275, 276, 294, 295

Solução Analítica 77, 84

V

Vazios 7, 12, 48, 53, 56, 58, 59, 224, 227

Viga 42, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 103, 187, 188, 189, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 213, 214, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 233, 241, 245, 248, 263, 264, 266, 278, 280, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

 **Atena**
Editora

2 0 2 0