



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3


Ano 2020



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

INFLUÊNCIA DO USO DA TECNOLOGIA BIM NA REDUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA FASE DE CONCEPÇÃO E PROJETO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 28/03/2020

Rafael Azevedo Lino

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/8247273060000456>

Orieta Soto Izquierdo

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/1424437852084514>

Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/7187416240538987>

RESUMO: A fase de concepção e projeto das estruturas de concreto armado é apontada como a atividade responsável pela maior quantidade de erros que geram manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado. Projetos baseados em modelos 2D, com metodologia de representação e dimensionamento, por vezes arcaicos, dificultam o entendimento e execução das edificações. Neste cenário, a probabilidade de erros que geram futuras manifestações patológicas é ampliada, fazendo com que a durabilidade destas estruturas seja

comprometida. A implementação da tecnologia *Building Information Model* (BIM) vem sendo uma alternativa para a redução dos problemas e inadequações provenientes de projetos de má qualidade. Se tem demonstrado que através de modelos construtivos fundamentados nos conceitos do BIM é possível obter vantagens como: melhor especificação de materiais e componentes pertencentes ao projeto, detalhes construtivos com maior qualidade e facilidade de entendimento, identificação de incompatibilidades, dentre outros. Por esta razão, este trabalho tem como objetivo principal identificar possíveis mecanismos para aumentar a durabilidade das estruturas de concreto através de melhorias na etapa de concepção e projetos através do uso da tecnologia BIM. Para isto, foi identificado os principais problemas originados por erros durante a fase de concepção e projeto e quais as possíveis patologias provenientes destes. Em um segundo momento determinou-se como o uso do BIM, na fase de projeto, pode auxiliar a identificar e evitar tais problemas. Espera-se que o resultado deste trabalho sirva como norte para melhoria de métodos e práticas durante a fase de dimensionamento de estruturas de concreto e seus sistemas complementares, com o uso da tecnologia BIM.

PALAVRAS-CHAVE: Manifestações patológicas; Building Information Model; Durabilidade das estruturas; Projeto.

INFLUENCE OF THE USE OF BIM TECHNOLOGY IN THE REDUCTION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN THE CONCEPTION AND DESIGN PHASE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

ABSTRACT: The conception and design phase of reinforced concrete structures is indicated as the activity responsible for the greatest number of errors that generate pathological manifestations in reinforced concrete structures. Projects based on 2D models, with methodology of representation and sizing, sometimes archaic, hinder the understanding and execution of the buildings. In this scenario, the probability of errors that generate future pathological manifestations is increased, making the durability of these structures compromised. The implementation of Building Information Model (BIM) technology has been an alternative to reduce problems and inadequacies from poor quality projects. It has been demonstrated that through constructive models based on the concepts of BIM it is possible to obtain advantages such as: better specification of materials and components belonging to the project, constructive details with greater quality and ease of understanding, identification of incompatibilities, among others. For this reason, this work has as main objective to identify possible mechanisms to increase the durability of concrete structures through improvements in the conception stage and projects through the use of BIM technology. For this, it was identified the main problems originated by errors during the conception and design phase and the possible pathologies arising from them. In a second moment it was determined how the use of BIM, in the design phase, can help to identify and to avoid such problems. It is expected that the result of this work will serve as a guide for the improvement of methods and practices during the dimensioning phase of concrete structures and their complementary systems, using BIM technology.

KEYWORDS: Pathological manifestations; Building Information Model; Durability of structures; Project.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, as obras de construção civil passaram por diversas transformações em seus métodos construtivos, design, materiais utilizados, dentre outras. Todas estas transformações e inovações tecnológicas implicaram, mesmo que indiretamente, um maior grau de risco associado na construção de edificações. Para combater estes riscos, são estabelecidos limites, que são regulamentados por normas técnicas ampliadas e revisadas constantemente, para que se acompanhe o desenvolvimento progressivo da construção civil.

No entanto, problemas de diferentes naturezas afetam no desempenho e durabilidade das edificações, diminuindo sua vida útil, causando problemas estéticos e até mesmo estruturais. Segundo Souza e Ripper (2009), o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas é designado por Patologia das Estruturas.

Souza e Ripper (2009) fizeram um levantamento a fim de tentar identificar qual a atividade tem sido responsável, ao longo dos tempos pela maior quantidade de erros que geram manifestações patológicas nas estruturas de concreto. O resultado do levantamento é apresentado no Quadro 1:

FONTE DE PESQUISA	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	49		
C.S.T.C (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B Boletim 157 (1982)	50	40		10
Faculdade de Engenharia da fundação Armando Álvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	88			12
E.N.R. (U.S.A.) (1968-1978)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	40		16
Jean Blévoit (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Quadro 1 - Análise percentual das causas de problemas patológicos em estruturas de concreto

Fonte: Adaptado de Souza e Ripper (2009)

Pode-se concluir que, apesar de não ser um consenso entre todos os autores pesquisados, grande maioria aponta que a fase de concepção e projeto é a principal responsável pelo surgimento de patologias nas estruturas.

Moraes (2012, apud Correia et.al, 2017, p. 61) afirma que a fase de projeto é o fator de desempenho determinante em um empreendimento de construção civil, pois ele

determina maior parte das possibilidades de ganhos financeiros, por meio da redução de desperdício, prevenção de retrabalhos e soluções de engenharia.

Souza e Ripper (2009), apontam que falhas geradas durante a realização do projeto executivo são responsáveis pela implantação de problemas patológicos sérios e diversos, como:

- a. Elementos de projeto inadequados (má definição das ações atuantes ou da combinação mais desfavorável das mesmas, escolha infeliz do modelo analítico, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, etc.);
- b. Falta de compatibilização entre a estrutura e a arquitetura, bem como com os demais projetos civis;
- c. Especificação inadequada de materiais;
- d. Detalhamento insuficiente ou errado;
- e. Detalhes construtivos inexequíveis;
- f. Falta de padronização das representações;
- g. Erros de dimensionamento.

Apesar da fase de concepção e projeto ser de fundamental importância para a construção de uma edificação, por ser definido todos os subsídios necessários ao desenvolvimento do empreendimento nesta etapa, é recorrente que esta, seja negligenciada ou inserida no planejamento de forma errônea, sendo dedicado tempo menor do que o necessário para o desenvolvimento completo dos projetos e compatibilização dos mesmos. Outro fator que contribui para o aumento nas falhas na etapa de projeto é o atual método de dimensionamento e detalhamento baseado na tecnologia CAD 2D (Computer Aided Design), que é um processo de representação bidimensional, composta por elementos geométricos como linhas, arcos, círculos, etc. que visam representar a edificação e seus componentes. Apesar de ser o método mais utilizado no cenário atual da construção civil no Brasil, esse método apresenta falhas, dentre elas podemos citar:

- a. Disciplinas dimensionadas isoladamente: Cada projeto é feito separadamente, o que gera uma grande dificuldade na compatibilização entre as diferentes disciplinas, fazendo com que se tenha uma grande dificuldade na identificação de erros e incompatibilidades que muitas vezes só são detectadas e solucionadas na obra, sem haver um estudo mais aprofundado da melhor alternativa;
- b. Detalhamentos: Devido a imprecisão ou desconhecimento de todos os parâmetros em determinadas situações por dificuldade ou inexistência de comunicação entre os diferentes projetistas, os detalhamentos de partes importantes da edificação costumam ser insuficientes e imprecisos, onde muitas das vezes são apresentados apenas detalhes genéricos, deixando a decisão e adequação final para ser decidida em obra;

- c. Extração de quantitativos: A extração de quantitativos da forma tradicional é outro ponto que gera um grande número de erros quando baseados em projetos CAD 2D, por ser feito de forma manual, se torna um processo longo e cansativo, onde muitas das vezes é necessário um conhecimento alto do responsável por essa atividade para que este consiga identificar todos os materiais componentes daquela edificação.

Diante deste cenário a tecnologia BIM (Building Information Model) surge como possível solução aos problemas existentes através da parametrização de elementos, que é a inserção de propriedades físicas além da dimensão, como material, volume, massa específica, dentre outras informações como fornecedor, custo, especificações técnicas, etc.

O BIM pode ser definido como uma tecnologia de modelagem associada a processos que permitem produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios (EASTMAN et al., 2008). Através do seu uso, etapas da fase de projeto, como a compatibilização entre as diferentes disciplinas, é feita de maneira mais eficaz, fazendo com que a identificação de incompatibilidades seja realizada ainda na fase de projeto, e não apenas na execução da obra.

O presente trabalho tem como objetivo identificar como o uso da tecnologia BIM pode influenciar na diminuição de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado, decorrentes de erros na fase de concepção e projeto.

2 | MATERIAL E MÉTODO

Visando atingir os objetivos pretendidos neste trabalho, utilizou-se dois principais meios para análise e comparação. O primeiro foi a revisão bibliográfica, utilizando livros, monografias, artigos, dissertações e pesquisa na internet, de forma que se fosse conhecido os estudos realizados sobre o tema e se aprofundasse o embasamento teórico.

Em um segundo instante, partiu-se para um breve estudo de caso de uma edificação residencial de pequeno porte, para que a partir de análises em seus projetos, que foram desenvolvidos com tecnologia CAD, fosse possível identificar pontos de incompatibilidade entre as disciplinas, possíveis manifestações patológicas provenientes destes erros e ilustrar como com o uso da tecnologia BIM poderia ter solucionado ou evitado tais erros.

Para a elaboração deste trabalho optou-se por pesquisa de característica exploratória que têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torna-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (SELLTRIZ et al., 1967, apud GIL, 2002).

Selltriz et al. (1967, apud GIL, 2002, p.41) complementa explicando que:

Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão”.

Os resultados foram avaliados com foco principalmente em uma análise qualitativa dos mesmos, visando entender e propor possíveis soluções para os principais problemas gerados por omissões, erros e insuficiência de informações nos projetos de edifícios de concreto armado.

3 | DESENVOLVIMENTO

3.1 Manifestações patológicas decorrentes de falhas na etapa de concepção e projeto

No Brasil, a fase de concepção e projeto de uma edificação ainda é pouco valorizada pelas empresas responsáveis pela construção. Isto acontece por diversas razões, podemos citar o método de licitação e contratação de terceirizadas como uma delas, visto que, em um processo licitatório, a empresa que irá concorrer ao mesmo, não possui tempo hábil suficiente para que seja preparado um orçamento adequado e condizente com a realidade daquela edificação.

Isso acarreta em um salto sobre a etapa de projeto, pois a partir do momento em que a empresa vencedora da licitação é confirmada, a mesma inicia a preparação para a execução da obra, para que o fluxo financeiro e recebimento dos avanços relativos à quantidade da obra executada, aconteça o mais rápido possível. Todo este processo, faz com que os problemas existentes no projeto sejam identificados apenas durante a execução, e em muitas vezes, seja resolvido em obra, sem a preocupação e estudo adequado da melhor solução.

Casos comuns que se encaixam na situação citada acima é a incompatibilidade com projetos complementares (hidrossanitário, elétrico, incêndio, gás, etc.) e o projeto estrutural. Pontos de tomada e passagem de tubos e eletrodutos por componentes estruturais como vigas e pilares se tornam frequentes neste cenário, fazendo com que diversos pontos de possíveis patologias sejam criados.

Tudo isso ocorre, pois a compatibilização dos projetos das diferentes disciplinas através de metodologias CAD é uma atividade muito trabalhosa, cansativa e pouco intuitiva, exigindo assim um alto conhecimento técnico do responsável por essa compatibilização. Geralmente, a compatibilização é feita em pares, arquitetura vs estrutural, estrutural vs elétrico, estrutural vs hidrossanitário, etc. e por acontecer em desenhos bidimensionais, é provável que haja pontos que não sejam notados a depender da complexibilidade do projeto.

Outro problema que proporciona erros é a escassez de detalhamentos nos projetos baseados em CAD, o que dificulta com que o profissional que irá executar a obra, tenha

total entendimento sobre ela. Devido ao fato de geralmente existir mais de um projetista por edificação, ficando estes separados nas suas disciplinas específicas, é corriqueiro a inclusão em prancha de detalhes genéricos, os quais normalmente não possuem cotas e especificações bem definidas. Isto ocorre devido ao desconhecimento por parte do projetista das definições tomadas pelas demais disciplinas, tornando uma decisão que deveria ser tomada em projeto, algo a ser resolvido em obra.

Tais condições favorecem o acontecimento de falhas que ao serem resolvidas durante a execução, de forma inapropriada, geram manifestações patológicas as quais oneram a execução e manutenção da edificação. Segundo Alani et al. (2001) o custo para manutenção é diretamente proporcional ao tempo decorrido, como se ilustra na Figura 1.

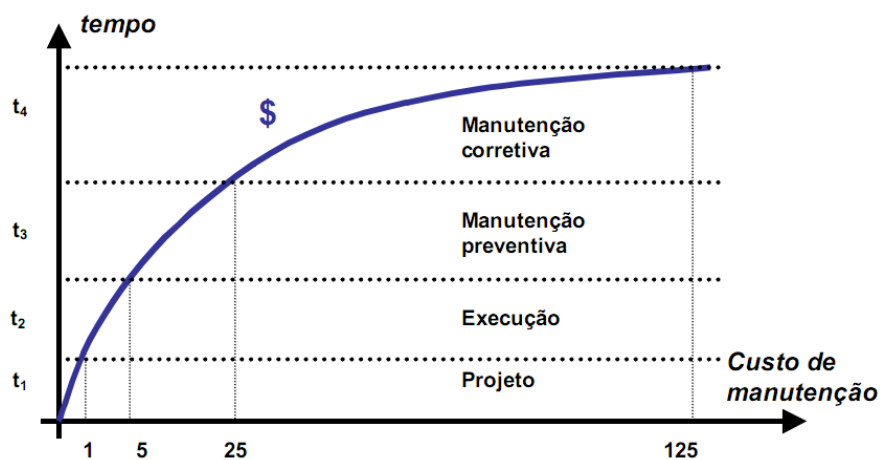


Figura 1 - Crescimento do custo das atividades de manutenção com o tempo

Fonte: Adaptado de Alani et al. (2001)

Cada tipo de falha contida no projeto pode acarretar uma patologia na edificação. O mal dimensionamento dos elementos estruturais, por exemplo, pode gerar acúmulo de esforços em pontos específicos, favorecendo o aparecimento de fissuras, seja estas por tração, compressão, cisalhamento, etc. A presença de fissuras em elementos estruturais, além de diminuir a capacidade de carga da estrutura, favorece a entrada de água e agentes agressivos no interior da peça, possibilitando o início do processo de corrosão da armadura.

Falta de compatibilização entre projeto hidráulico, elétrico e estrutural, pode gerar a necessidade de perfuração da viga após a mesma já ter sido concretada, favorecendo uma série de patologias naquele ponto. Ausência de detalhamento e especificação de materiais pode acarretar na compra de materiais inadequados para a execução do serviço previsto, ou na má execução do mesmo, visto que o operário responsável pela atividade pode não entender completamente o que é para ser feito, gerando assim improvisos em obra e possíveis manifestações patológicas como infiltração, podendo provocar bolor, deslocamento de revestimento, etc.

Outro erro de projeto recorrente, principalmente em edificações de pequeno e médio porte é a não especificação em projeto das juntas de dilatação. A ausência das mesmas acarreta uma série de manifestações patológicas onde sua gravidade pode se associar com as condições climáticas e variação de temperatura diária no local da obra. Deslocamento do revestimento por movimentação térmica e fissuras são manifestações recorrentes nessa situação, além das demais possíveis manifestações acarretadas pela presença de fissuração nos elementos, como já foi citado anteriormente.

3.2 Uso do BIM para melhoria na fase de projeto

Para os estudos e análises realizados neste trabalho, utilizou-se o software Revit 2019, versão estudantil. Este software, da desenvolvedora Autodesk Inc., foi escolhido por ser o de maior circulação no mercado nacional que possibilita o uso da tecnologia BIM. É importante ressaltar que o software Revit não realiza dimensionamentos das disciplinas presentes na edificação, logo, o mesmo foi utilizado apenas para modelagem tridimensional dos projetos.

Através de revisão bibliográfica e de um breve estudo de caso de uma edificação residencial, a qual sua planta baixa simplificada é ilustrada na Figura 2, pôde-se identificar situações onde houve erros na etapa de concepção e projeto e que geraram transtornos à execução da obra. Com o uso da tecnologia BIM, é demonstrado como poderia se evitar e prever tais falhas.

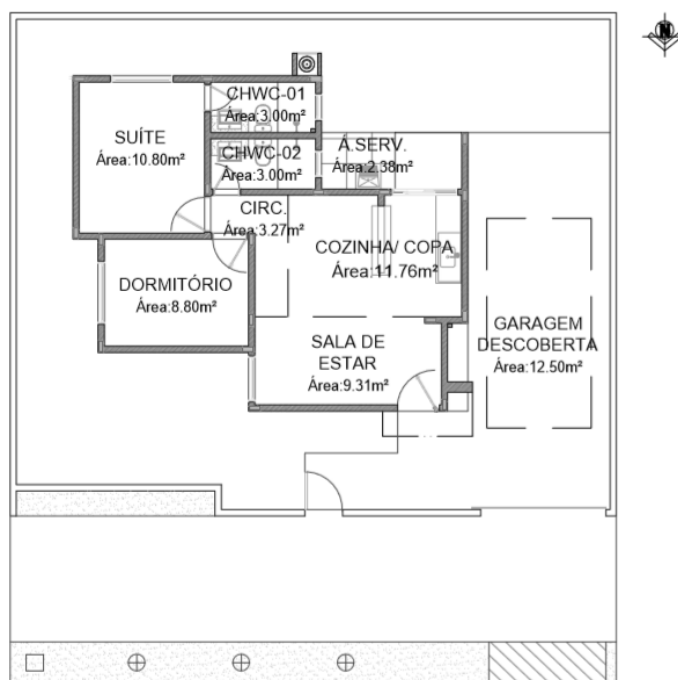


Figura 2 - Planta Baixa da residência de estudo (Adaptada pelo autor)

3.2.1 Incompatibilidade entre as diferentes disciplinas

Correia et al. (2017) realizou um estudo de caso em uma edificação localizada em Maceió – AL, a fim de analisar problemas construtivos decorrentes de falhas de projeto. Na edificação estudada observou-se uma série de erros de projeto que geraram falhas na execução. Este trabalho citará um deles, o choque de instalações elétricas com componentes estruturais (pilares, vigas e lajes). A sobreposição de elementos de diferentes disciplinas é um erro rotineiro em edificações sem compatibilização adequada de seus projetos e que precisa ser dada a devida importância.

Os autores apontam que ocorreu atraso na entrega do projeto elétrico devido a diversas revisões no projeto arquitetônico o que fez com que ocorresse a necessidade de retrabalho para a execução das instalações elétricas e perda de material nos locais que precisaram ser alterados. Segundo Correia et al. (2017) os principais erros localizados foram:

Erros de mau posicionamento de eletrodutos por conta de o projeto ter chegado depois da locação dos pontos, os quais não coincidem com a realidade de execução. Ex: erros nos furos das passagens na laje, ausência de pontos de luz e telefone, entre outros problemas que foram corrigidos após a entrega do projeto.

As Figuras 3 e 4 ilustram as falhas encontradas por Correia et al. (2017):



Figura 3 - Perda de materiais nos pontos de energia (CORREIA et al. (2017))



Figura 4 - Perda de materiais nos pontos de energia e água fria (CORREIA et al. (2017))

Os problemas identificados por Correia et al. (2017), poderiam ser facilmente evitados caso o fluxo de trabalho na fase de projeto fosse baseado em tecnologia BIM, pois facilitaria a compatibilização entre os projetos, mesmo após as diversas alterações no projeto arquitetônico como apontado pelos autores.

No estudo de caso analisado, apesar de se tratar de uma obra residencial de pequeno porte, foi localizado algumas incompatibilidades entre as diferentes disciplinas. Uma delas foi identificada entre o projeto estrutural e sanitário. As vigas baldrame da edificação possuem importante papel em sua construção, caso mal executadas podem recalcar, gerando fissuras nas alvenarias, caso haja falhas na sua impermeabilização pode ocorrer saturação da alvenaria, por efeito de capilaridade da água, gerando assim manifestações patológicas, como mofo e bolor. Na edificação em questão, as vigas baldrames foram especificadas com dimensões de 12 x 25 cm. A Figura 5 mostra a planta baixa estrutural do pavimento térreo, na área dos banheiros.

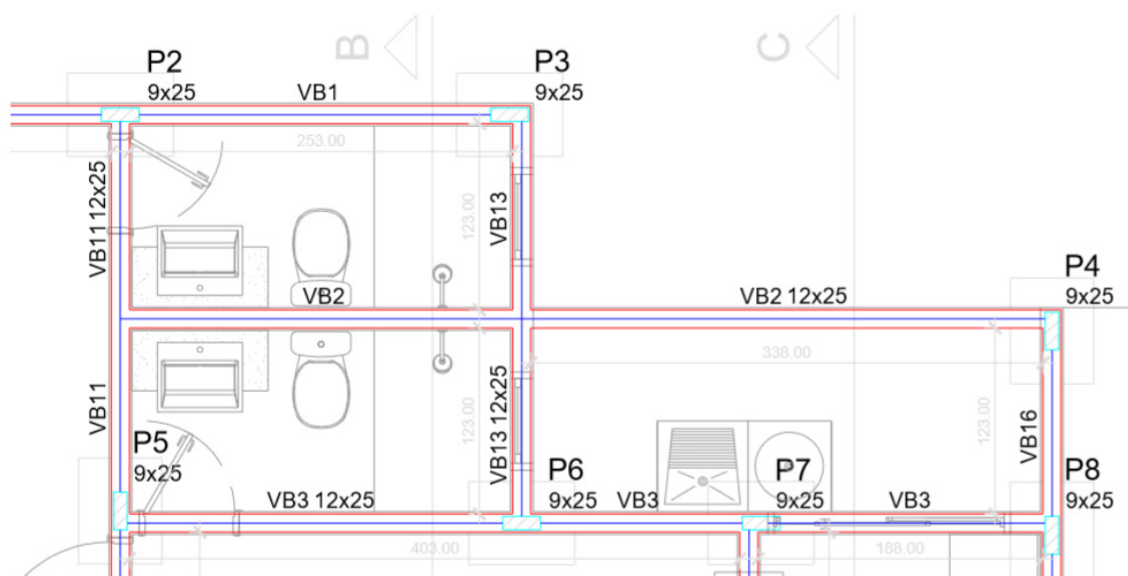


Figura 5 - Vigas Baldrame (Adaptada pelo autor)

A Figura 6, ilustra o projeto sanitário dos banheiros da edificação em questão e a Figura 7 o detalhamento genérico fornecido em prancha, da caixa de passagem sanitária.

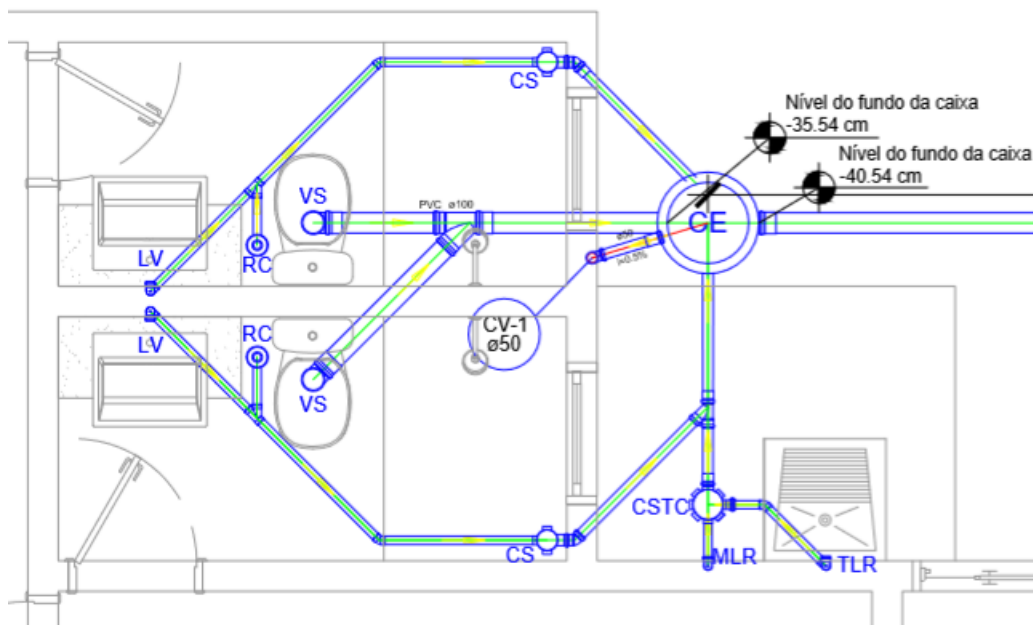


Figura 6 - Projeto sanitário dos banheiros (Adaptada pelo autor)

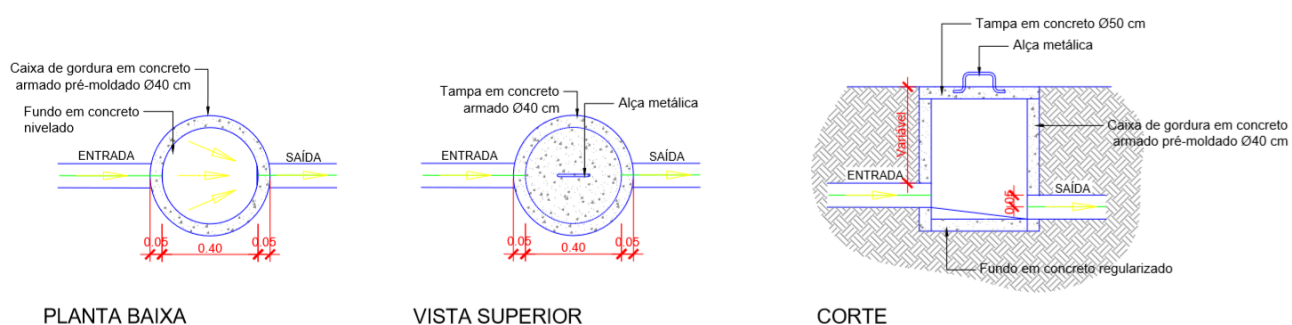


Figura 7 - Detalhe Genérico da caixa de passagem (Adaptada pelo autor)

No projeto sanitário é especificado que a tubulação de esgoto PVC \varnothing 100mm deve chegar à caixa de passagem com nível de fundo igual a -35,54cm. A partir de um modelo bidimensional a incompatibilidade entre os projetos pode não ser de fácil identificação. Porém ao seguir as especificações de ambos os projetos, ocorre a sobreposição da viga baldrame VB13 e o tubo de esgoto originado no vaso sanitário. Tal falha, caso seja identificada apenas no momento de execução, pode vir a gerar uma série de manifestações patológicas e mal funcionamento do sistema sanitário. Dentre eles podemos citar, inclinação inadequada da tubulação sanitária, o que pode gerar refluxo dos líquidos originando mau cheiro, danificação na viga baldrame, caso a opção na obra seja de diminuir sua secção após ser concretada, possibilitando infiltrações e pequenos recalques, como já foi comentado anteriormente, dentre outros problemas.

A partir de uma modelagem tridimensional da edificação, com conceitos BIM, podemos identificar tal interferência de maneira rápida, ainda na fase de projeto, de modo que seja analisado e definido a melhor adequação do projeto para que não haja interferências. No exemplo em questão, as mudanças ocorreriam ainda na fase de projeto, possibilitando a substituição do detalhe genérico, por um detalhe real, com cotas e especificações

necessárias corretas.

A Figura 8 mostra a perspectiva tridimensional da edificação do estudo de caso. Foi modelado os projetos: arquitetônico, estrutural, sanitário, hidráulico, pluvial, elétrico e gás, a partir de conceitos BIM, de modo que ao final da modelagem, fosse possível identificar qualquer incompatibilidade entre as disciplinas e também extrair os quantitativos, porém estes, não foi objeto de estudo deste trabalho.

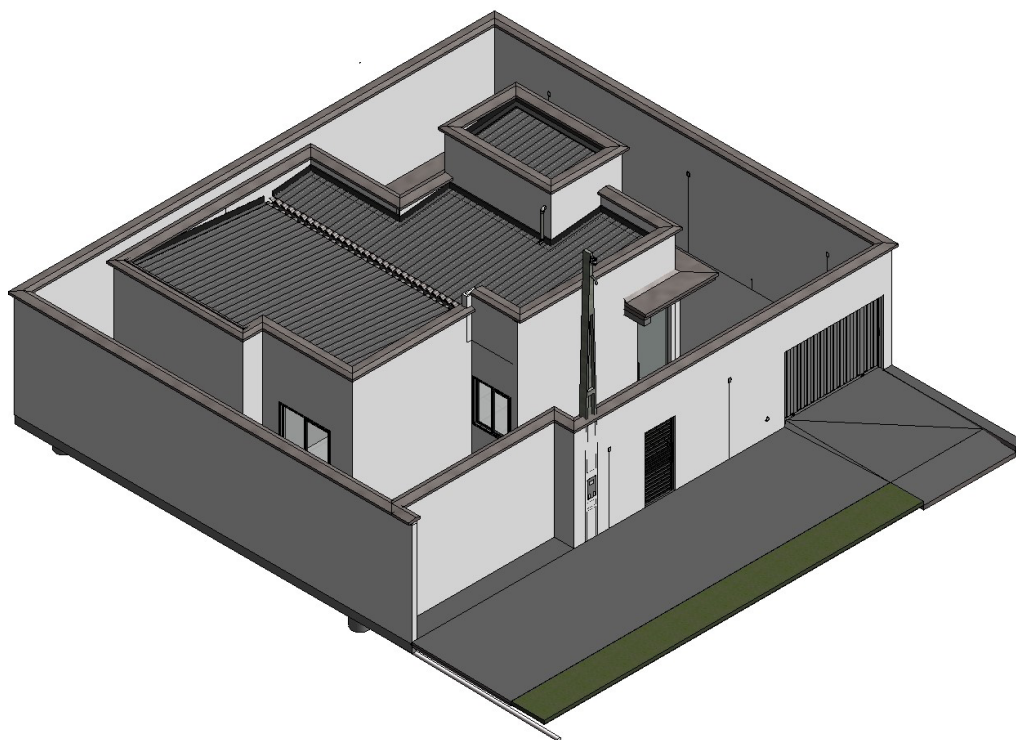


Figura 8 - Perspectiva tridimensional da edificação de estudo

Com o modelo criado, é possível isolar as diferentes disciplinas facilitando assim a etapa de compatibilização. A Figura 9 ilustra a compatibilização entre o projeto estrutural vs elétrico, nela podemos vislumbrar, como o uso da tecnologia BIM poderia evitar as falhas encontradas por Correia et al. (2017) em seu estudo de caso, através de um processo de compatibilização eficiente.

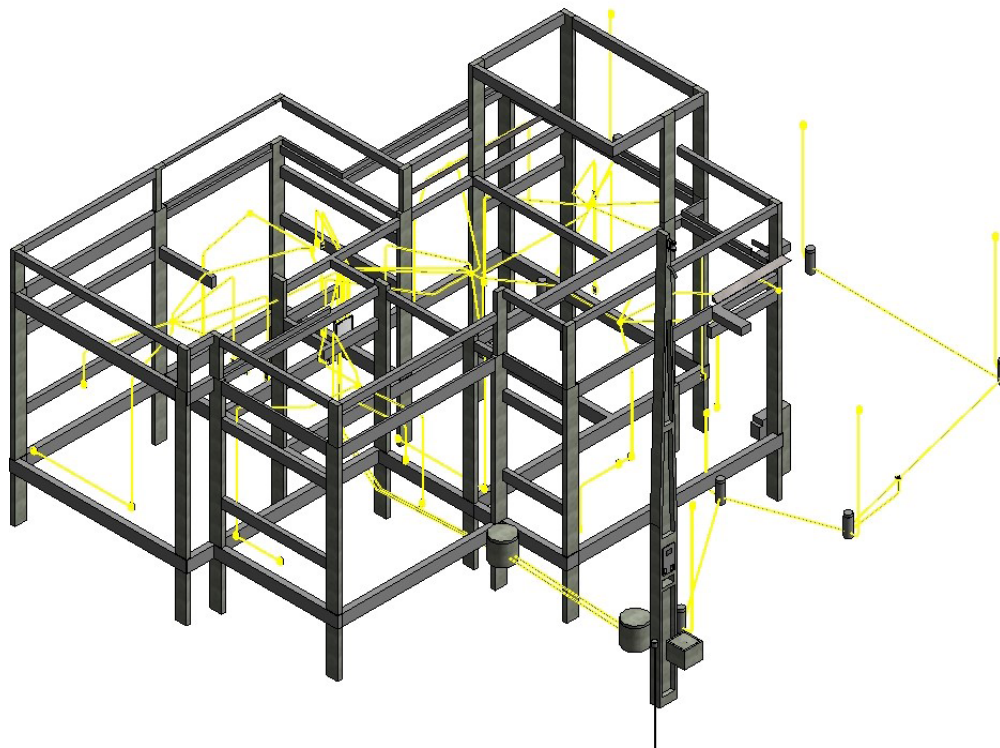


Figura 9 - Compatibilização entre projeto estrutural vs elétrico com BIM

A Figura 10 mostra a compatibilização entre projeto estrutural vs hidrossanitário e na Figura 11 é apresentado de forma isolada a compatibilização entre estas disciplinas na área dos banheiros.

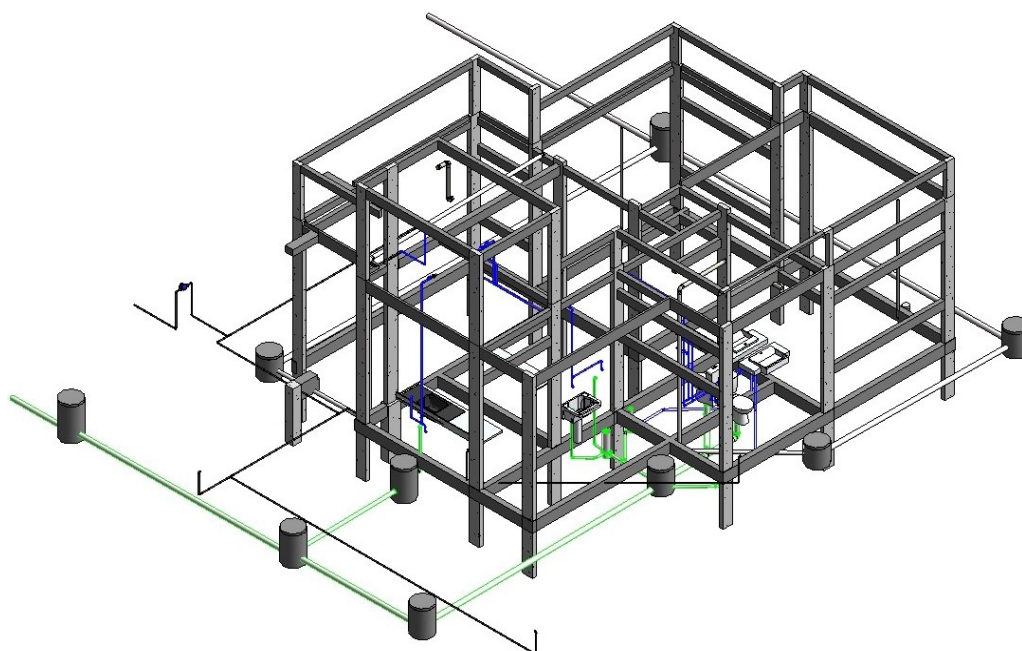


Figura 10 - Compatibilização entre projeto estrutural vs hidrossanitário com BIM

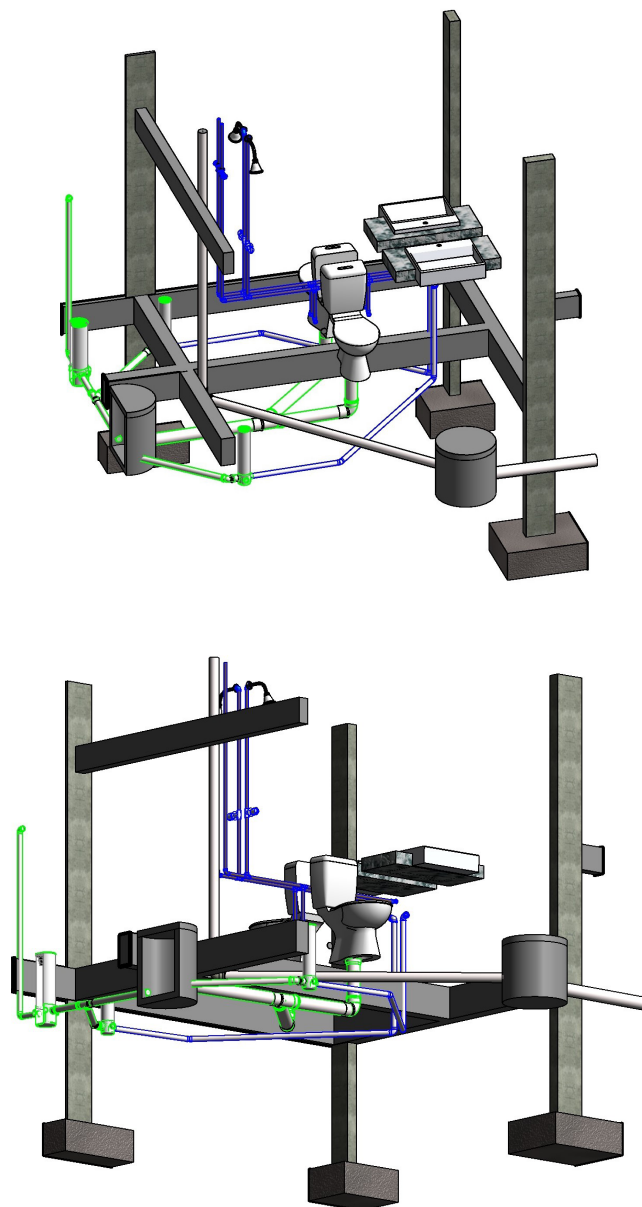


Figura 11 - Compatibilização entre projeto estrutural vs hidrossanitário na área dos banheiros com BIM

Podemos apreciar na Figura 11, como o uso da metodologia BIM na fase de projeto pode auxiliar na prevenção de erros. Através da análise da área dos banheiros foi possível localizar a incompatibilidade entre a tubulação de esgoto e viga baldrame, e assim, reposicionar a tubulação para que se obtenha os níveis de fundo corretos da mesma e das caixas de passagem.

Mesmo com as melhorias proporcionadas na etapa de projeto com a implementação da tecnologia BIM, alguns detalhamentos podem ser de difícil compreensão na obra e apresentam certa dificuldade para que se passe toda informação gerada no computador para a prancha que é direcionada à obra para execução.

Uma forma de facilitar o entendimento em obra de locais onde há um grande número de componentes de diferentes disciplinas é por meio da inserção de um QR Code na prancha destinada à obra. Através deste QR Code, o projetista consegue disponibilizar modelos tridimensionais pré-definidos, para que sejam acessados por qualquer smartfone

ou tablet com acesso à internet. Este método pode ser utilizado para esclarecimento de dúvidas durante a obra, uma vez que o responsável pela mesma tem a possibilidade de acessar um modelo tridimensional de forma prática, aumentando assim o entendimento dos colaboradores que irão executar a atividade, diminuindo o risco de erros humanos associados ao processo, decorrentes de mal entendimento.

Para exemplificar tal situação descrita, o modelo tridimensional do exemplo de compatibilização entre o projeto estrutural vs hidrossanitário da área dos banheiros, ilustrada na Figura 11, é disponibilizado através da Figura 12. Para acessá-lo, basta utilizar qualquer aplicativo de leitura de QR Code, através de um smartfone ou tablet com acesso à internet.



Figura 12 - QR Code de acesso ao modelo tridimensional

4 | CONCLUSÃO

É nítido que ao não se dar a devida importância à fase de concepção e projeto de uma edificação, são inúmeros os problemas que podem ser gerados. Aumento no orçamento inicial em função de desperdício e retrabalhos, problemas construtivos que são solucionados em obra, normalmente sem a verificação apropriada dos pré-requisitos técnicos e atenção à NBR 15.575:2013 que trata das condições para o desempenho adequado nas edificações. Todos estes problemas favorecem a manifestação de patologias nas edificações, diminuindo a vida útil da mesma e forçando o proprietário a realizar manutenções muito antes do previsto.

Conclui-se que a utilização da tecnologia BIM na fase de concepção e projeto se mostra uma alternativa eficaz para a minimização das falhas por diversos erros humanos durante o dimensionamento e detalhamento. A possibilidade de visualização 3D da edificação e seus componentes, diminui consideravelmente o risco de incompatibilidades físicas entre os projetos. Outro fator que positivo na utilização da tecnologia BIM, é a viabilidade de desenvolver um trabalho simultâneo entre os diferentes envolvidos no processo de projeto da edificação, através da interoperabilidade entre as disciplinas.

REFERÊNCIAS

ALANI, Amir; PETERSEN, Andrew, CHAPMAN, Keith. **Applications of a developed quantitative model in building repair and maintenance – case study**. Facilities. v.19, n.5/6, 2001. p215-221.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013). **NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho, Rio de Janeiro.

CORREIA, Flaviana Silva Moraes et al. **ANÁLISE DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS CONSTRUTIVOS DECORRENTES DE FALHAS DE PROJETO – ESTUDO DE CASO EM MACEIÓ-AL**. Ciências Exatas e Tecnológicas, Alagoas, v. 4, n. 2, p.57-72, nov. 2017.

EASTMAN, C. et al. BIM handbook: **A GUIDE TO BUILDING INFORMATION MODELING FOR OWNERS, MANAGERS, DESIGNERS, ENGINEERS AND CONTRACTORS**. 2a. ed., Hoboken:John Wiley & Sons, 2011.

GIL, A. C. **COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISA**. 3ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **LEVANTAMENTO DE CAUSAS DE PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2019. 97 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, Livia Laubmeyer Alves de. **DIAGNÓSTICO DO USO DO BIM EM EMPRESAS DE PROJETO DE ARQUITETURA**.2019. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SOUZA, Vicente C. M.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ed. São Paulo: PINI, 2009.

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

Coefficiente 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