



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ANÁLISE COMPARATIVA DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO	
Maurel Dreyer Roberto Domingos Rios	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>48</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>60</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009075</b>	



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

**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**

<b>CAPÍTULO 18 .....</b>	<b>235</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090718</b>	
<b>CAPÍTULO 19 .....</b>	<b>251</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090719</b>	
<b>CAPÍTULO 20 .....</b>	<b>269</b>
PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090720</b>	
<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>278</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O MODELO DE DANO PLÁSTICO	
Paulo César de Oliveira Júnior	
Jerfson Moura Lima	
Bruno Rodrigues Amorim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090721</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>296</b>

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

Data de aceite: 01/06/2020

### **Jayron Alves Ribeiro Junior**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético (PPGINDE)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Thainá Maria da Costa Oliveira**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Infraestrutura e Desenvolvimento Energético (PPGINDE)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Moisés de Araujo Santos Jacinto**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Bruna da Costa Silva**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Mariana de Sousa Prazeres**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque**

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

Instituição: Universidade Federal do Pará

### **Leticia Maria Brito Silva**

Bacharel em engenharia civil

Instituição: Universidade Ceuma

### **Camilla Gomes Arraiz**

Pós-graduanda em estruturas de concreto armado e fundações

Instituição: Instituto Brasileiro de Educação Continuada (INBEC)

### **Marcos Henrique Costa Coelho Filho**

Pós-graduando em Master Bim: ferramentas de gestão e projeto

Instituição: Instituto de Pós-graduação e Graduação (IPOG)

### **Yara Lopes Machado**

Pós-graduanda em Planejamento de Projetos de Obras com o uso da metodologia BIM

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

E-mail: yaralmachado@gmail.com

**RESUMO:** Após grandes tragédias as exigências do mercado de combate e prevenção a incêndios tornou-se rigoroso. Tendo em vista esta condição, o presente trabalho busca estudar as vantagens ao se adotar softwares da plataforma BIM em relação ao CAD em projetos de edificações; onde, com as exigências do mercado tornaram-se mais complexos e onerosos, o que levou ao surgimento de empresas especializadas nesta área em países como Reino Unido e Estados Unidos, visando a otimização no ciclo de vida da edificação.

Assim, ao se analisar o emprego a plataforma CAD, apesar de ter sido um modelo pioneiro, tem se tornado obsoleto para o atual panorama do mercado por depender inteiramente do grau de conhecimento e detalhamento do profissional, a plataforma BIM apresenta melhores resultados por incorporar as propriedades dos elementos utilizados nos projetos sem total dependência humana. Desta forma, para a melhor gestão de projetos de proteção contra o incêndio e pânico, seja na concepção do projeto, seja durante a vida útil a plataforma BIM apresenta melhores resultados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem da informação da construção; gestão de projetos; BIM.

**ABSTRACT:** After large tragedies the demands of the fire fighting and prevention market became strict. In view of this condition, the present work seeks to study the advantages and adopt software from the BIM platform in relation to CAD in publishing projects; where, with the use of the more complex and costly used market, or with the use of companies specialized in this area in countries such as the United Kingdom and the United States, using optimization in the publishing life cycle. Thus, when analyzing the use of a CAD platform, despite being a pioneering model, it has become obsolete for the current market landscape, as it depends on the level of knowledge and professional detail, a BIM platform presents better results by incorporation as properties of the elements used in the projects without total human dependence. Thus, for a better management of fire and fire protection projects, whether in the project or during the lifetime of the BIM platform, it presents better results.

**KEYWORDS:** Modeling of construction information; project management; BIM.

## 1 | INTRODUÇÃO

O mercado de engenharia de proteção contra incêndio e pânico está cada vez mais competitivo e exigente, assim as empresas são estimuladas a realizar ações que resultem em otimizações de tempo, produtividade, matéria prima e controle de qualidade. Em paralelo, o uso da plataforma BIM na construção civil tem crescido em taxa acelerada devida sua aplicabilidade nas diversas etapas de uma obra, tornando-se inclusive uma grande ferramenta de gestão na análise do ciclo de vida das construções [2].

O presente trabalho tem por objetivo analisar as contribuições no uso da plataforma BIM (Modelagem de Informação da Construção) para os sistemas prediais de combate à incêndio por meio de um levantamento histórico e comparativo com o sistema CAD (Desenho Assistido por Computador), de maneira que, devido o sistema CAD ser uma plataforma antiga ainda é muito empregado na elaboração de diversos projetos na área de construção civil, que foi amplamente difundido por ser pioneiro. Porém, apesar do grande mercado ocupado pelo formato CAD, o BIM tem sido cada vez mais procurado por possuir características que o tornam mais autônomo, permitindo maior precisão nos resultados e um maior gerenciamento do projeto.

O BIM é uma tecnologia mais recente, sendo um modelo de construção da informação que integra todo o processo construtivo, mais difundido no mercado internacional, e, atualmente, a tecnologia BIM vem ganhando espaço no mercado nacional e antes as empresas que eram resistentes à sua adoção têm se mostrado mais flexíveis à adaptação [5]. Deste modo, procurou-se entender quais as maiores dificuldades das empresas no processo de compatibilização de projetos, e quais seriam as tecnologias e os softwares mais adequados, viáveis e que otimizassem o planejamento e execução dos projetos.

Assim, o objetivo específico deste estudo é mostrar como a utilização da tecnologia computacional adequada pode influenciar na concepção e execução de projetos de sistemas prediais. Para alcançar os objetivos propostos, utilizou-se como recurso metodológico levantamento de material bibliográfico direcionado a problemas específicos, envolvendo interesses locais e verdades.

## **2 | COMPUTAÇÃO APLICADA À CONCEPÇÃO PROJETUAL: CAD E BIM**

A construção civil é uma das indústrias mais antigas da humanidade, surgindo a partir da necessidade do homem pré-histórico em criar abrigos, a partir do momento que deixam de serem nômades e passam a cultivar a terra e criar animais. Esse marco foi o início das primeiras civilizações, e com o passar do tempo, com o desenvolvimento intelectual, a escolha por melhores materiais e estruturas mais elaboradas passou a exigir maior grau de detalhamento dos mesmos.

Com o surgimento de projetos por meio de ilustração foi possível a disseminação dos conhecimentos construtivos e consequente expansão de comunidades por novos territórios. Há décadas a busca por projetos cada vez mais precisos, detalhados e com maior eficiência fazem com que a utilização de ferramentas computacionais de desenho seja mais aplicada no mercado e, devido a isso, em 1960 o computador se tornou uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento da construção civil.

De acordo com Schodek et al. (2007), a iniciação da aplicação de ferramentas computacionais no desenvolvimento de projetos se deu em 1980, através de um sistema chamado Computer Aided Design – CAD, ou desenho assistido por computador. Os softwares de CAD (Computer Aided Design) são ferramentas gráficas computacionais que tem como objetivo o desenvolvimento de projetos e desenhos direcionados as mais diversas áreas da arquitetura, engenharia e desenho computacional, onde a representação gráfica contém elevado nível de precisão, recursos visuais estáticos e dinâmicos que permitem o controle do processo de concepção projetual [9].

Desde então, os softwares se tornaram imprescindíveis para a indústria da construção civil, uma vez que com o crescimento populacional as construções se tornaram mais robustas e demandando mais atenção quanto aos detalhes de projeto e execução. Assim, apesar de ser uma plataforma considerada manual, o CAD proporcionou mais qualidade

aos produtos finais e eficiência nas etapas de elaboração dos projetos; contudo, com o decorrer dos anos foi necessário o aprimoramento de softwares e consequentemente de hardware, devido aumento da exigência pela própria construção civil.

Apesar da automatização de desenhos, o método de representação gráfica em CAD é suscetível a falhas humanas e inconsistências, gerando fatores que deram margem à criação da Modelagem da Informação da Construção, mais conhecido como metodologia BIM, que se baseia em demonstrar um modelo virtual com parâmetros precisos de uma edificação, bem como geometria exata e informações pormenorizadas, necessárias para uma execução de excelência [4]. Um exemplo de projeto em metodologia BIM pode ser observado na Figura 1.

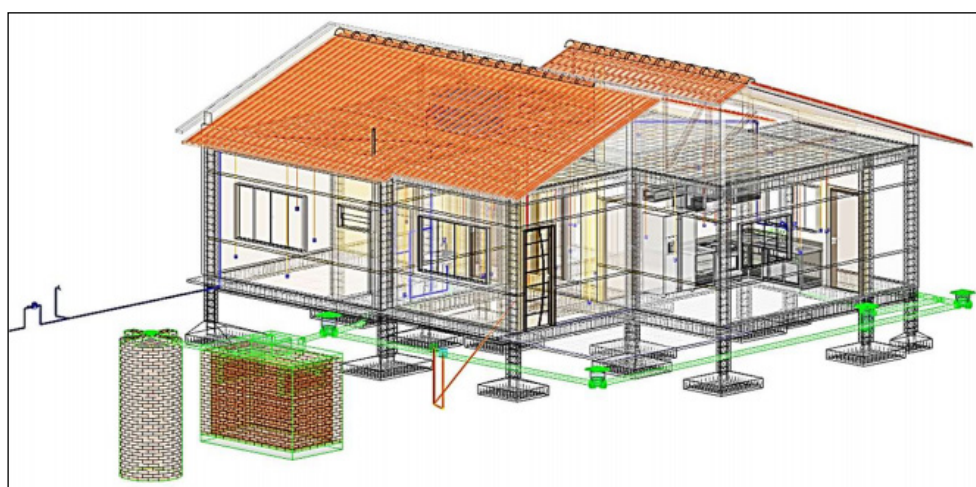


Figura 1 – Exemplo de projeto em metodologia BIM [7].

No modelo de construção da informação, a representação gráfica ultrapassa os desenhos, sendo o objeto construído de forma virtual. Como requisitos para que isso aconteça, são inclusos parâmetros associados aos elementos paramétricos que compõem o projeto.

Existem diversos programas que utilizam plataforma BIM, (Revit, Archicad, Vectorworks, Bentley, Tekla, CSI SAP 2000, CSI ETABS, TQS, CYPECAD, Qi Builder e outros) contudo, para o sistema de combate a incêndio, há apenas dois segmentos: o que simula o comportamento de incêndios em edificações e o de averiguação das normas conforme legislação específica [1].

A tecnologia BIM suporta a disponibilidade imediata e contínua de informações confiáveis, de alta qualidade e totalmente coordenadas sobre o escopo, quantificação e custo do projeto, oferecendo como vantagens: redução no tempo de entrega dos projetos, maior produtividade usando um único modelo digital e redução do retrabalho, entre outros [6].

## 2.1 Propriedades dos elementos em BIM

O projeto concebido em CAD resume-se em linhas, não contendo propriedades dos materiais ou especificações técnicas correlatas como área, volume, resistência e custo; algumas dessas propriedades podem ser adquiridas em um projeto realizado no ambiente 3D, todavia, se torna um processo maçante e toma muito tempo hábil.

Quando se tem por objetivo conceber a representação de um projeto na plataforma CAD em maquete (física ou virtual), que é uma prática comum de escritórios de arquitetura, obtém-se resultados muito onerosos. Na figura 2 podemos observar a diferença entre as duas plataformas, onde a imagem A apresenta uma volumetria na plataforma CAD e a imagem B, em BIM [7].



Figura 2 – Representação 3D da edificação.

Visualmente podemos notar diferenças estéticas entre as edificações, embora sejam a mesma. Mas na plataforma BIM existem informações paramétricas que não são possíveis de se obter de forma automatizada na plataforma CAD, o que gera uma economia de tempo considerável, uma vez que não será preciso obter os dados manualmente.

As vantagens em projetos de construção são apresentadas por Justi (2008), onde este apresenta uma análise comparativa realizada pela empresa AutoDesk entre seus *softwares* AutoCad (CAD) e Revit (BIM) em alguns escritórios nos Estados Unidos, onde pode-se observar na Figura 3, que, apesar de equipes de trabalho perderem desempenho em seus contatos iniciais com o Revit (Modelador Paramétrico), com o tempo é necessário menos esforço para se atingir melhores resultados.



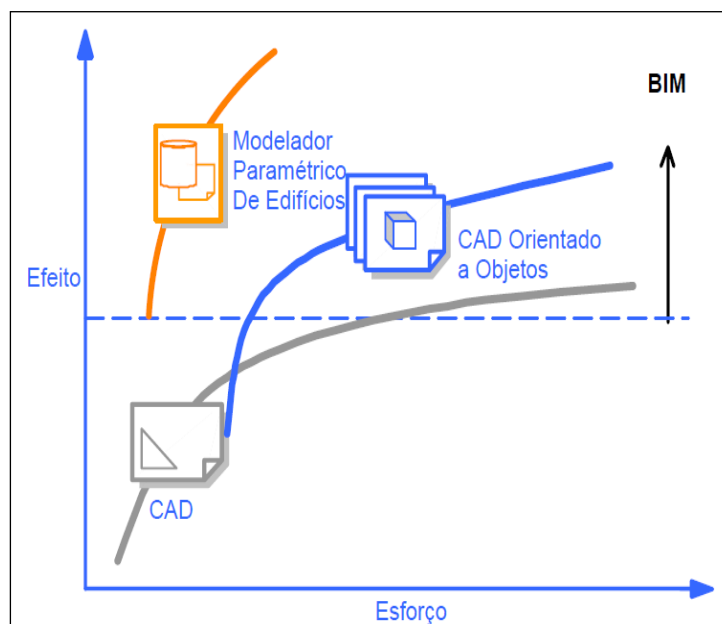


Figura 3 – Efeito do uso dos softwares x esforço de uso [6].

### 3 | GESTÃO DE SISTEMAS PREDIAIS

A concepção projetual de sistemas prediais hidrossanitários (SPHS) pressupõe a análise constante de variáveis com objetivo de avaliar seu desempenho em uso; contudo, para que seja possível a avaliação do comportamento dos SPHS tanto no projeto quanto na seleção dos materiais e técnicas apropriadas, é necessário que o projetista tenha conhecimento e fácil acesso às informações técnicas. Todavia, os sistemas prediais hidrossanitários são compostos por diversos componentes, tornando sua avaliação mais complexa, e tais análises poderiam ser facilitadas com o auxílio de softwares apropriados, capazes de sistematizar informações intrínsecas ao comportamento de seus componentes.

Operações de manutenção e o gerenciamento de instalações prediais ainda são orientadas por arquivos impressos, dificultando o atendimento das exigências em relação à vida útil dos componentes desses sistemas, devida a quantidade de informações contidas em arquivos impressos e por não suprirem as necessidades de informações de equipes de manutenção, levando a operações tediosas, redução na eficiência e consequente aumento nos custos de manutenção [2].

A fase de projeto dos edifícios se torna cada vez mais importante com o aumento da exigência dos clientes finais e do desenvolvimento tecnológico, haja vista que é nessa etapa que são determinadas as características do produto final e que nortearão a execução do mesmo, influenciando diretamente no custo e no tempo de entrega [3]. Em projetos de manutenção e gerenciamento de instalações prediais a quantidade de dados gerada diversos tipos de dados, dificultando o processo, todavia, aplicando o modelo BIM é possível para gerar efetivamente as informações necessárias [2].

A compatibilização é uma das atividades mais importantes relacionadas ao projeto

dos sistemas prediais. A verificação automática de interferências a partir do modelo da construção tem se revelado a principal razão da migração dos profissionais para a plataforma BIM, gerando melhores cronogramas físico-financeiros, mostrando-se mais eficiente do que a metodologia CAD, fundamentada em sobreposições sequenciais de linhas e desenhos bidimensionais que, além de lenta, submete-se a falhas [3].

Contudo, o maior potencial do modelo BIM está relacionado à informação associada aos componentes, criando diversas possibilidades, como por exemplo a constituição automática de simulações ou análises de comportamento do sistema, listas de materiais. Diferente dos desenhos bidimensionais, o modelo criado na plataforma BIM não é restrito à fase de projeto, desde que alimentado com informações precisas e mantido atualizado, pode ser aplicado em todo ciclo de vida do edifício [3].

Em toda obra, é essencial que haja compatibilização de projetos, principalmente da arquitetura com os projetos complementares (hidráulico, sanitário, elétrico, estrutural, telefônico, ar condicionado, combate a incêndio, paisagismo e outros). Um exemplo de projeto de combate a incêndio executado em plataforma BIM pode ser visto abaixo na Figura 4.

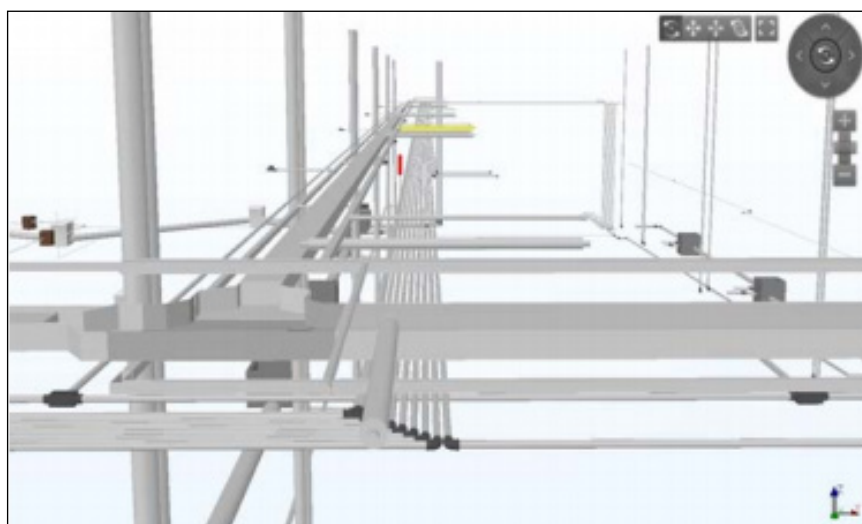


Figura 4 – Perspectiva de sistemas prediais projetados [Guerretta e Santos (2015)].

Na Figura 3 acima podemos observar um exemplo de projeção de sistemas prediais em plataforma BIM, utilizando o MEP. Nota-se que no caso em questão é possível ter uma vista interna mais próxima da realidade, na qual é possível vislumbrar de forma detalhada as conexões e posicionamento de cada componente do sistema, além do quantitativos de elementos e características que são disponibilizados pelo *software*.

Durante o processo de concepção projetual, devido aos custos é comum acontecer mudanças no projeto, onde o mesmo pode ter a área reduzida ou ampliada. Uma das circunstâncias que acarretam na ineficácia e custos elevados da construção, é a relação de troca de informações no projeto, já que o planejamento e execução do mesmo é

dependente de informações e grau de precisão que influenciam na execução. Se o projeto não for bem elaborado ou ocultar detalhes, pode ocasionar erros e conseqüentemente, custos e retardo do andamento da obra [4]. Esse entrave ocasionado na demora da compatibilização de informações é um obstáculo para a aplicação de melhorias no setor da construção civil.

## 4 | CONCLUSÃO

Com o crescimento do modelo de construção da informação, as empresas de sistemas de combate a incêndio e pânico terão maiores atribuições, considerando suas relações entre cliente e investidor, uma vez que a plataforma BIM incentiva que as empresas atuem de forma colaborativa e interoperável. Diversos autores têm proposto estudos, alternativas e diretrizes BIM no intuito de contribuir com a parametrização em âmbito nacional.

É de suma importância as empresas se familiarizem com as alterações da tecnologia BIM que são implantadas gradativamente, pois o mercado está cada vez mais competitivo, e os ganhos com tempo elevam a qualidade dos serviços prestados além de permitirem maior exatidão ao intervirem em sistemas com necessidade de reparo e/ou reposição de componentes. E não só as empresas, mas também os profissionais, tendo em vista que diversas ramificações do setor da construção civil demandarão profissionais capazes de modelar em BIM, liderar e preencher todas as camadas necessárias para refinar os modelos criados, bem como avaliar a qualidade, planejar a obra e interpretar as informações necessárias devida a plataforma ser menos difundida que o formato em CAD.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRAGA, Marcela Falcão. **Ferramenta de análise de medidas de segurança contra incêndio em projetos de arquitetura aplicada ao ensino dos cursos de arquitetura e urbanismo**. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34817/1/2018\\_MarcelaFalc%c3%a3oBraga.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/34817/1/2018_MarcelaFalc%c3%a3oBraga.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2019.
- [2] CHEN, Yi-Jao; LAI, Yong-Shan; LIN, Yen-Han. BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment. **Automation and Construction**, [s.l.], v. 110, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103041>. Acesso em: 23 Dez. 2019
- [3] COSTA, Carolina Helena de Almeida. **Incorporação de parâmetros de desempenho em componentes BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015. Disponível em: <[http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258026/1/Costa\\_CarolinaHelenadeAlmeida\\_M.pdf](http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258026/1/Costa_CarolinaHelenadeAlmeida_M.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2019.
- [4] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R; LISTON, K. *Manual de BIM: Um guia de Modelagem de Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, construtores e Incorporadores*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

[5] FIALHO, Beatriz Campos et al. CAD and BIM tools in Teaching of Graphic Representation for Engineering. **Blucher Design Proceedings**, [s.l.], p.961-968, nov. 2018. Editora Blucher. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5151/sigradi2018-1329>. Acesso em: 14 Nov. 2019.

[6] JUSTI, Alexander Rodrigues. Implantação da plataforma revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [s.l.], v. 3, n. 1, mai. 2008, p. 140 – 152. Disponível em: <https://doi.org/10.4237/gtp.v3i1.56>. Acesso em: 18 Ago. 2019.

[7] NUNES, Gustavo Henrique; LEÃO, Marlon. *Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM*. **Revista de Engenharia Civil**, Uminho, v. 55, n. 55, p.47-61, 03 jul. 2018. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

[8] Schodek, D.; Bechthold. M.; Griggs, J. K.; Kao, K.; Steinberg, M. *Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in INC*. New Jersey: John Willey & Sons, 2007.

[9] ZIMMERMANN, Cláudio C.; HADLICH, André R.; BIGOLIN, Ezekiel M.. Luana Siewert. In: *Importância do ensino de ferramentas de cad no desempenho dos acadêmicos perante as disciplinas do curso de graduação de engenharia civil da UFSC*, 34., 2006, Passo Fundo. **Importância do ensino de ferramentas de cad no desempenho dos acadêmicos perante as disciplinas do curso de graduação de engenharia civil da UFSC**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006. v. 34, p. 1688 - 1696. Disponível em: <[http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/13/artigos/1\\_246\\_764.pdf](http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/13/artigos/1_246_764.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2019.

## 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  $\gamma_z$ , 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  $\alpha$  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**