

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
(ORGANIZADORA)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Alfnas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
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 – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 4

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Franciele Braga Machado Tullio

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil  
4 / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-981-3

DOI 10.22533/at.ed.813210904

1. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado  
(Organizadora). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil 3” contempla trinta e um capítulos com pesquisas sobre temas gerais da engenharia civil.

A engenharia civil é uma importante ferramenta social, pois através dela é possível apresentar propostas de edificações com fins sociais, bem como levar saneamento básico para comunidades vulneráveis.

Muitos estudos buscam trazer soluções sustentáveis através da engenharia civil. A aplicação de diversos tipos de resíduos pode gerar novos produtos aplicados na construção civil e pavimentação.

Conhecer o comportamento de materiais de construção, bem como o desenvolvimento de novos produtos, bem como a análise do comportamento de estruturas em diversos métodos construtivos auxilia os profissionais e estudantes a avaliar suas escolhas.

Por fim, apresentamos um estudo sobre o, ainda presente, preconceito que a mulher sofre na área de engenharia civil.

Desejo que esta obra proporcione uma agradável leitura e fomente novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS MULTIPAVIMENTOS – COMPARATIVO ENTRE MODELOS**

Juliane Miranda dos Santos  
Pollyana Bittencourt Fraga Leitão  
María Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.8132109041**

### **CAPÍTULO 2..... 24**

#### **ANÁLISE NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA EM PONTES DE MADEIRA LAMINADA COLADA**

Felipe Batista Irikura  
Jorge Luís Nunes de Góes

**DOI 10.22533/at.ed.8132109042**

### **CAPÍTULO 3..... 44**

#### **ERROS DE CÁLCULO NA ENGENHARIA**

Giovanna de Souza Florenzano  
Júlio César Brasil Júnior  
Hugo Nascimento Barroso  
Mariana Mattos dos Reis  
Ylthar Ramos

**DOI 10.22533/at.ed.8132109043**

### **CAPÍTULO 4..... 50**

#### **PERCEPCIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LA ASIGNATURA DE DISEÑO DE HORMIGÓN REFORZADO**

Gláucia Nolasco de Almeida Mello

**DOI 10.22533/at.ed.8132109044**

### **CAPÍTULO 5..... 61**

#### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE COLMOS DE BAMBU DAS ESPÉCIES *BAMBUSA TULDOIDES* E *PHYLLOSTACHYS AUREA***

Ana Claudia Dal Prá Vasata  
Leonardo Müller Portes  
Alana Karolyne Dametto dos Santos  
Ana Caroline Cadorin  
Leonardo Pirola dos Santos  
Paôla Regina Dalcanal  
Paulo Rogerio Novak  
Fabiano Ostapiv

**DOI 10.22533/at.ed.8132109045**

### **CAPÍTULO 6..... 72**

#### **PEAD REFORÇADO COM FIBRA DE BAMBU**

Franciele Matos Silva

Danilo Belchior Costa Silva  
Luiz Felipe Alves Barcelo  
Edson Alves Figueira Júnior  
**DOI 10.22533/at.ed.8132109046**

**CAPÍTULO 7..... 82**

**PRECONCEITO COM A MULHER NA ENGENHARIA CIVIL**

Jaqueline de Souza  
Raiany Ribeiro Teixeira  
Bárbara Pegher Dala Costa  
Sandro Roberto Mazurechen

**DOI 10.22533/at.ed.8132109047**

**CAPÍTULO 8..... 87**

**INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: VIABILIDADE DE SISTEMA INTERLIGADO DE TELHADO VERDE, FILTRO ANAERÓBIO E DE AREIA**

Thauan Ribeiro Sarmiento  
Lucas Tavares de Freitas  
Daniel Cosmo Oliveira  
David dos Santos Dias  
Francisco Edmilson dos Passos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.8132109048**

**CAPÍTULO 9..... 98**

**CONFORTO TÉRMICO EM REFORMAS COM FINALIDADE SOCIAL**

Barbara Correia do Nascimento  
Gabriela Leite Lucio  
Luiz Fernando Antunes de Souza  
Taynah Thara Ferreira Bandeira  
Maria Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.8132109049**

**CAPÍTULO 10..... 110**

**ABRIGOS TEMPORÁRIOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA**

Amanda Nascimento Mesquita  
Beatriz Staff  
Derlan Cruz Gonçalves  
Victor Gitti Alves  
Vinicius Gabriel Xavier Tomaz  
Maria Fernanda Ytza Quintana

**DOI 10.22533/at.ed.81321090410**

**CAPÍTULO 11..... 124**

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SEGURANÇA DO TRABALHO PELOS INTERVENIENTES NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS**

Vinicius Borges de Lacerda Stecanella  
Beatriz de Souza Correia

Hugo Sefrian Peinado

**DOI 10.22533/at.ed.81321090411**

**CAPÍTULO 12..... 135**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E CRONOLÓGICA DO *TILT-UP* EM OBRAS SOCIAIS**

Alberto Naddeo Neto

Julia Vinha Cirqueira Santos

Juliana Novaes Frutuoso Faria

Mateus Vicente da Costa

Nayara Cavichiolli Monteiro

Wallace Fornos

Maria Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.81321090412**

**CAPÍTULO 13..... 148**

**COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDE DE CONCRETO**

Bruna Pedrosa Miguel Silva

Bryam Isac Cardoso

Camila de Paula Silva

Erik Ricardo Monteiro Moura

Fernando Pereira da Silva Melo

Geovanna Santos Fernandes

Layse de Ataíde Araújo

Maria Fernanda Quintana Ytza

**DOI 10.22533/at.ed.81321090413**

**CAPÍTULO 14..... 163**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE UMA ESTRUTURA METÁLICA COMO ALTERNATIVA PARA CONSTRUÇÕES: ESTUDO DE CASO EM GALPÃO INDUSTRIAL FEITO EM CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO**

Enrique Santana dos Santos

Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.81321090414**

**CAPÍTULO 15..... 169**

**ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E METODOLOGIA DE REPARO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE GUARUJÁ-SP**

Guilherme Gonzaga Pereira

Camilla Diniz Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.81321090415**

**CAPÍTULO 16..... 186**

***SOFTWARE ON-LINE* PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS E INSUMOS DE EDIFICAÇÕES: ALVENARIA, REVESTIMENTO E ACABAMENTO**

Ana Beatriz Laluze Vaz

Gustavo Cabrelli Nirschl

DOI 10.22533/at.ed.81321090416

<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>200</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>201</b>

## ANÁLISE NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA EM PONTES DE MADEIRA LAMINADA COLADA

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 29/12/2020

### Felipe Batista Irikura

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
DACOC  
Campo Mourão – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1839001064339229>

### Jorge Luís Nunes de Góes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
DACOC  
Campo Mourão – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2200714670811720>

**RESUMO:** Um dos objetivos de um projeto estrutural é, além de garantir a segurança e estabilidade da estrutura, buscar seções menores de modo a garantir maior economia na obra, para isso deve-se conhecer quais as ações aplicadas na estrutura e feitas as devidas combinações calcular a seção ideal. No entanto as ações aplicadas sobre as estruturas não se dividem de forma igual em todas as suas partes e cabe ao engenheiro o trabalho de definir as combinações mais críticas à estrutura e como os carregamentos se distribuem por ela. Este trabalho apresenta o estudo da distribuição transversal de cargas na seção transversal de um modelo de ponte de MLC com vigamento múltiplo tanto de métodos analíticos quanto de modelos computacionais. Foram verificados os métodos mais utilizados em estruturas de pontes: Engesser-Courbon, Leonhardt, Fauchart,

Guyon-Massonet, esses métodos foram então comparados com os modelos computacionais em elementos finitos (MEF), verificando suas convergências e a influência que o número de transversinas causa na distribuição dos carregamentos pelas longarinas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Distribuição transversal. Engesser-Courbon. Leonhardt. MEF.

### NUMERICAL ANALYSIS OF THE LOAD DISTRIBUTION IN GLULAM BRIDGES

**ABSTRACT:** One of the objectives of a structural project is, in addition to guaranteeing the safety and stability of the structure, to seek leaner sections in order to guarantee greater savings in the construction, for that it is necessary to know which actions are applied in the structure and the appropriate combinations are calculated. The ideal section. However, the actions applied to the structures are not equally divided in all its parts and it is up to the engineer to define the most critical combinations to the structure and how the loads are distributed over it. This work presents the study of the transverse load distribution in the cross section of a glulam bridge model with multiple stringers using both analytical and computational models. The most used methods in bridge structures were verified: Engesser-Courbon, Leonhardt, Fauchart, Guyon-Massonet, these methods were then compared with the finite element computational models (FEM), verifying their convergences and the influence that the number of diaphragms cause in the load distribution by the stringers.

**KEYWORDS:** Transverse distribution. Engesser-

## 1 | INTRODUÇÃO

A madeira é um material amplamente utilizado pela humanidade e um dos principais materiais utilizados para o desenvolvimento da sociedade, ela tem sido explorada pela humanidade como fonte renovável, estruturalmente e de diversas outras maneiras pela história.

Apesar de tamanha importância, a madeira ainda não é um material amplamente utilizado na construção civil, principalmente no Brasil, sendo mais empregada por questões estéticas do que estruturais, ou apenas como ferramenta para um fim, como a caixaria de elementos estruturais de concreto.

No entanto apesar dessa baixa utilização, a madeira é um excelente material estrutural, possuindo excelentes propriedades mecânicas, baixo peso próprio e baixo consumo energético para sua produção e processamento (STEFEL, 2013). Ela ainda pode ser utilizada na produção de grandes elementos estruturais e aplicada em estruturas de grande porte, tais como pontes, viadutos e passarelas (BESSA; DALA COSTA, 2014).

Uma maneira de melhorar ainda mais as propriedades da madeira é sua industrialização, um produto industrializado proveniente da madeira é a madeira laminada colada (MLC). A MLC é um material manufaturado e versátil que é composto, basicamente, de duas ou mais lâminas, com as fibras de todas as lâminas paralelas ao eixo longitudinal do elemento, unidas entre si por meio de um adesivo, e sob pressão, até atingir as dimensões da peça desejada (FAUSTO, 2019).

As pontes ou Obras de Arte Especiais (OAE), como também são conhecidas, são estruturas de elevada importância no desenvolvimento das cidades durante a história, atualmente essenciais para os sistemas rodoviários e ferroviários de transporte. Elas podem ser classificadas de acordo com seu sistema estrutural como descrito por Leonhardt (1979), podendo ser: pontes em viga, pontes em pórtico, pontes em arco, pontes treliçadas, pontes pênséis e pontes estaiadas.

Um dos modelos mais simples e comum de ponte de madeira utilizado é o de ponte em viga, como apresentado por Ritter (1990). Esse modelo pode ser descrito como um tabuleiro apoiado por uma série de vigas longitudinais, bi-apoiadas ou contínuas, as vigas podem ser de peças roliças (simples ou compostas), vigas de madeira serrada, vigas de madeira laminada colada ou vigas de madeira microlaminada.

Os elementos estruturais presentes nas pontes em vigas de MLC são apresentados por Calil *et al* (2006): longarinas, diafragma (transversinas), tabuleiro, guarda-rodas e defesa, como mostrado na figura 1.

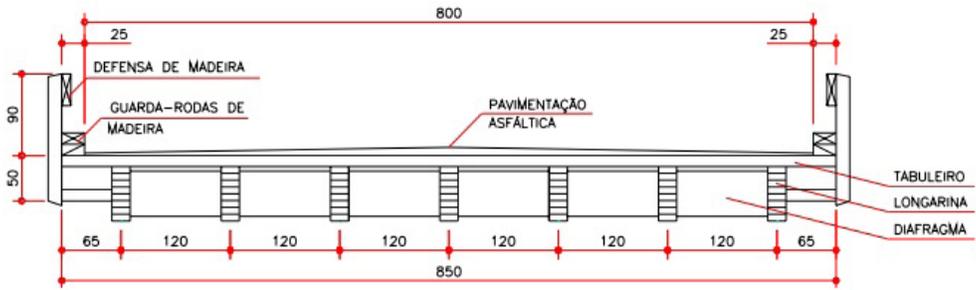


Figura 1. Seção transversal de uma ponte em viga de MLC.

Fonte: Calil *et al* (2006).

Um dos objetivos de um projeto estrutural é, além de garantir a segurança e estabilidade da estrutura, buscar seções mais enxutas de modo a garantir maior economia na obra, para isso deve-se conhecer quais as ações aplicadas na estrutura e feitas as devidas combinações calcular a seção ideal. No entanto as ações aplicadas sobre as estruturas não se dividem de forma igual em todas as suas partes e cabe ao engenheiro o trabalho de definir as combinações mais críticas à estrutura e como os carregamentos se distribuem por ela.

No caso das pontes em vigas a repartição transversal das cargas pelas longarinas é um caso de estudo de muitos anos, Medino (2016) apresenta que os diversos modelos analíticos criados para descrever o comportamento estrutural dos tabuleiros de pontes começaram em 1893 com Zschetzsche. Alguns dos métodos mais conhecidos e aplicados atualmente, e que são abordados nesse trabalho, são o de Engesser-Courbon, de Leonhardt, de Fauchart e o de Guyon-Massonet.

Com o advento da evolução dos computadores foi possível a criação de um método numérico, aproximado, que chegasse mais próximo a realidade, sem ser necessário o uso de ábacos ou tabelas para os cálculos. O método dos Elementos Finitos consiste em dividir o domínio de integração do problema em um número discreto de regiões de dimensões finitas, sem que sejam alteradas as propriedades do problema original (BAIERLE, 2016). No entanto para que o MEF possa ser aplicado, o engenheiro deve ter conhecimento de como funciona o método e do *software* que ele utilizará, de modo que não sejam aceitos resultados imprecisos.

O método de Engesser-Courbon é derivado do método de cálculo das grelhas, ele se baseia na hipótese de que as transversinas apresentam rigidez infinita à flexão, garantindo a estrutura um comportamento de corpo rígido. Para o caso de pontes constituídas de longarinas de seção transversal idênticas a repartição das cargas para cada longarina é feita através da equação (1), onde a parcela é calculada dependendo do número de longarinas ( $n$ ), o distanciamento da longarina em análise do centro elástico da seção transversal da

ponte ( $x_i$ ), o distanciamento da aplicação do carregamento em relação ao centro elástico da seção transversal da ponte ( $e_j$ ) e a somatória ao quadrado de todos os distanciamentos de todas as longarinas em relação ao centro elástico ( $\sum x_n^2$ ).

$$R_i = \frac{1}{n} + \frac{e_j \cdot x_i}{\sum x_n^2} \quad (1)$$

De acordo com Oliveira *et al.* (2017), o método de Engesser-Courbon é recomendado para casos atendidos pela inequação (2), onde (2b) é a largura do tabuleiro, (L) o comprimento da ponte, ( $\sum I_n$ ) a somatória das inércias das longarinas e ( $\sum I_{Tn}$ ) a somatória das inércias das transversinas.

$$\lambda = \frac{2b}{2 \cdot L} + \sqrt[4]{\frac{L}{2b} \cdot \frac{E \cdot \sum I_n}{E \cdot \sum I_{Tn}}} \leq 0,3 \quad (2)$$

O método de Leonhardt considera que todas as transversinas da ponte são representadas por uma única transversina fictícia, localizada no centro do vão da ponte, considerando a rigidez à flexão da transversina. Para isso é calculada uma inércia equivalente para essa transversina, utilizando a equação (3), que consiste em multiplicar a inércia da transversina por um coeficiente k que varia de acordo com o número de transversinas na ponte, mostrado na tabela 1.

$$I_{eq} = k \cdot I \quad (3)$$

Número de transversinas igualmente espaçadas	Coeficiente k
1 ou 2	1,0
3 ou 4	1,6
5 ou mais	2,0

Tabela 1. Coeficiente k para o cálculo do momento de inércia equivalente.

Fonte: Kaestner (2015).

O método de Fauchart, em contrapartida, é utilizado para tabuleiros com múltiplas longarinas sem transversinas intermediárias, e diferentemente dos outros métodos considera a rigidez à torção das vigas. Ele consiste em transformar a seção transversal da ponte em um tabuleiro de um metro apoiado por molas que substituem as longarinas. Para isso em cada longarina são calculados dois coeficientes de mola, um vertical, mostrado pela equação (4) e um transversal, mostrado pela equação (5). Para esses coeficientes só são necessários os valores do comprimento da ponte (L), os módulos de elasticidade longitudinal (E) e transversal (G) e o momento de inércia (I) e momento de inércia polar (I<sub>p</sub>)

das longarinas.

$$K_v = \left(\frac{\pi}{L}\right)^4 \cdot E \cdot I \quad (4)$$

$$K_t = \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \cdot G \cdot I_t \quad (5)$$

O método de Guyon-Massonet, ao contrário, dos demais métodos analíticos deste trabalho não trata a estrutura da ponte como uma grelha, mas como um meio termo entre uma grelha e uma placa ortotrópica. O método então analisa de maneira aproximada a distribuição transversal, assumindo que os carregamentos possam ser representados por uma carga senoidal distribuída paralelamente ao eixo longitudinal da ponte (OLIVEIRA *et al.*, 2017), Massonet (1950) repartiu a ponte de largura  $2b$  e comprimento  $L$  em uma malha de dimensões finitas, como mostrado na figura 2.

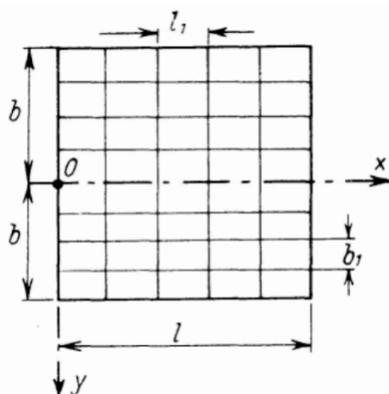


Figura 2. Distribuição das longarinas e transversinas no eixo cartesiano

Fonte: Bessa & Dala Costa (2014).

Para utilizar o método é necessário calcular a rigidez à flexão, equação (6), e à torção, equação (7), de todas as longarinas e transversinas, onde o  $(x)$  é trocado por  $(L)$  no caso das longarinas e por  $(T)$  no caso das transversinas. Além disso deve-se calcular os parâmetros por unidade de comprimento, como mostrados pelas equações (8) e (9), onde os referentes às longarinas são divididos por  $b_1$  e os referentes às transversinas por  $l_1$ .

$$B_x = E \cdot I_x \quad (6)$$

$$C_x = G \cdot I_{px} \quad (7)$$

$$\rho_x = \frac{B_x}{b_1 \text{ ou } l_1} \quad (8)$$

$$\gamma_x = \frac{C_x}{b_1 \text{ ou } l_1} \quad (9)$$

Esses parâmetros então são utilizados para calcular os valores dos parâmetros “ $\theta$ ” e “ $\alpha$ ” que são calculados pelas equações (10) e (11).

$$\theta = \frac{b}{L} \sqrt{\frac{\rho_L}{\rho_T}} \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{\gamma_L + \gamma_T}{2\sqrt{\rho_L \cdot \rho_T}} \quad (11)$$

Esses valores são utilizados para selecionar as tabelas que serão utilizadas, essas tabelas já calculadas por Massonet. No entanto as tabelas possuem apenas valores de  $\alpha$  igual a 0 e 1, então deve ser feito uma interpolação dos valores para o  $\alpha$  desejado, utilizando a equação (12), onde os valores de  $K_0$  e  $K_1$  são os valores tabelados para  $\alpha$  igual a 0 e 1, respectivamente.

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0)\sqrt{\alpha} \quad (12)$$

Este estudo tem por finalidade verificar a aplicabilidade e a convergência dos diversos métodos apresentados para uma ponte em viga bi-apoiada de MLC, com 10 vigas retas de seção retangular, com vão de 20 metros e largura de 11,65 metros.

Também tem como objetivo verificar a influência que o número de transversinas, no modelo de ponte proposto, causa na distribuição dos carregamentos aplicados no tabuleiro para as longarinas.

## 2 | METODOLOGIA

Para iniciar o estudo foi definido uma seção de ponte e o material utilizado baseando-se nas recomendações do trabalho de Wacker & Smith (2001). Para isso foi definido uma seção transversal da ponte composta por 10 longarinas como mostrada na figura 3, a ponte é bi-apoiada e possui um vão de 20 metros com transversinas com 0,13 metro de espessura.

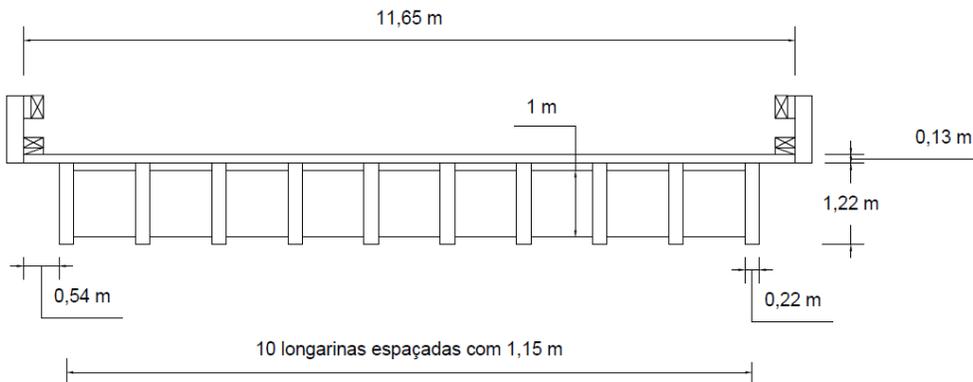


Figura 3. Seção transversal definida.

Fonte: autoria própria (2020).

A escolha do tipo de MLC que seria utilizado neste estudo foi feita de modo que pudesse ser padronizado do melhor modo possível em todos dos métodos analisados, analíticos e de elementos finitos, levando em consideração as recomendações de Wacker & Smith (2001). Para isso foi escolhido um dos materiais na biblioteca do software SCIA Engineer, v.19.1. O material selecionado e suas propriedades pode ser observado na figura 4.

Nome	GL 22h (EN 14080)
Independente da norma	
Tipo de material	Madeira
Expansão térmica [m/mK]	0,00
Massa unitária [kg/m <sup>3</sup> ]	410,0
Módulo E [MPa]	1,1032e+04
Coefficiente de Poisson	0
Módulo G independente	<input checked="" type="checkbox"/>
Módulo G [MPa]	6,5000e+02
Decréscimo Log. (amortecimento não uniforme apenas)	0,15
Cor	
Calor específico [J/gK]	6,0000e-01
Condutividade térmica [W/mK]	4,5000e+01
Comportamento do material para análise não linear	
Comportamento do material	Elástico
ECS	
Flexão (fm,k) [MPa]	22,0
Tração (ft,0,k) [MPa]	17,6
Tração (ft,90,k) [MPa]	0,5
Compressão (fc,0,k) [MPa]	22,0
Compressão (fc,90,k) [MPa]	2,5
Cisalhamento (fv,k) [MPa]	3,5
Módulo (E0,05) [MPa]	8800,0
Módulo (E 90 médio) [MPa]	300,0
Tipo de madeira	Colado, laminado

Figura 4. Propriedades do material GL22h.

Fonte: Scia Engineer v.19.1

Foram analisados 4 casos diferentes para a ponte variando no número de transversinas intermediárias que cada caso possui. Todos os casos possuem no mínimo 2 transversinas, localizadas na região do apoio. O primeiro caso não possui transversina intermediária, o segundo possui apenas uma transversina intermediária localizada no centro do vão, o terceiro caso possui duas transversinas intermediárias espaçadas igualmente entre si, e o quarto, e último caso, possui três transversinas intermediárias espaçadas igualmente entre si.

Para os resultados do método de Engesser-Courbon foi determinado o centro elástico da seção transversal da ponte, por se tratar de uma estrutura simétrica o mesmo coincide com o meio da seção, então foram medidos os distanciamentos dos eixos das longarinas em relação ao C.E. Com os dados obtidos, foi utilizada a equação (1) e foram obtidas 10 linhas de influência de reação de apoio, uma para cada longarina. Essa linha de influência é de forma linear, como pode ser visto nos resultados, devido ao comportamento de corpo rígido da estrutura.

Para os métodos de Leonhardt e de Fauchart foi utilizado a versão de avaliação do *software* americano SAP2000 v22, para que pudessem ser obtidos os valores das linhas de influência hiperestáticas.

Para o método de Leonhardt foram definidos 3 tipos de seções transversais retangulares, a do tabuleiro, das longarinas e das transversinas. Como o método não possui diferença no coeficiente K com 3 ou 4 transversinas, foram modelados apenas 3 casos, para todos foi criado um novo material nomeado de GL22h, com o módulo de elasticidade igual a 11032000, coeficiente de Poisson igual a 0,2 e peso específico igual a 4,0221, com o programa configurado com as unidades kN, m, C.

Como as longarinas não se comportam como corpos rígidos (apoios rígidos ou móveis), elas se deslocam verticalmente, foi adotado no lugar um apoio mola, sendo o coeficiente de mola desse apoio calculado utilizando o deslocamento causado em uma longarina bi-apoiada com uma carga unitária concentrada no meio do vão, com isso foi obtido um coeficiente de mola igual a 2203,57 kN/m.

No primeiro caso todas as seções possuíam a dimensão “*Width*” com 0,13 metro, a seção do tabuleiro possuía a segunda dimensão, “*Depth*”, com 0,13 metro, enquanto a longarina e a transversina possuíam 1,22 e 1,00 metros, respectivamente, a todas as seções foi atribuído o material GL22h. Nas duas extremidades da viga onde não existem transversinas foi aplicado a seção do tabuleiro, no restante da viga foram atribuídas as seções conforme elas existem na estrutura, longarinas e transversinas, como mostrado na figura 5.

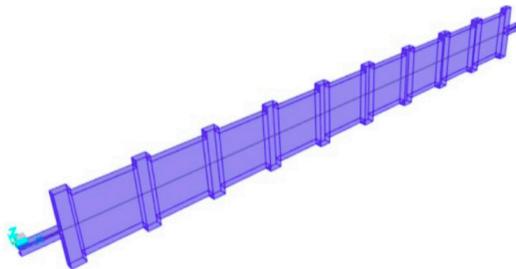


Figura 5. Representação da seção utilizada.

Fonte: autoria própria (2020)

Para o segundo caso, representando tanto a situação com 1 ou 2 transversinas intermediárias, todas as seções possuíam a dimensão “*Width*” com 0,21 metro e as dimensões “*Depth*” com os mesmos valores do primeiro caso, a todas as seções foi atribuído o material GL22h.

Para o terceiro caso, a dimensão “*Width*” de todas as seções possuía 0,26 metro e as dimensões “*Depth*” com os mesmos valores do primeiro e segundo caso, a todas as seções foi atribuído o material GL22h.

Para que sejam obtidas as linhas de influência deve-se determinar um “*path*” no qual é determinado o intervalo de discretização em que a carga unitária percorrerá. Determinado o intervalo de discretização, é necessário configurar a força unitária, criando um “*vehicle*” com “*Axle Load*” correspondente a 1. Por fim deve-se criar um caso de carregamento do tipo “*Moving Load*” com o “*vehicle*” e o “*path*” criados anteriormente, e mandar o programa processar a estrutura.

Para o método de Fauchart foram seguidos os mesmos passos que o de Leonhardt, foram criados o material (GL22h), “*path*”, “*vehicle*” e caso de carregamento, com as mesmas características descritas acima. Para os apoios foram calculados os coeficientes de mola utilizando as equações (4) e (5), resultando em  $K_v = 223,59$  kN/m, e  $K_t = 551,28$  kN/m.

Como o método de Fauchart é utilizado em pontes sem vigas intermediárias foi modelado apenas um caso. Nesse caso foram utilizadas 2 seções transversais retangulares para criar a viga que seria estudada, foi modelado o tabuleiro com “*Depth*” = 0,13 m e “*Width*” = 1,00 m, e a longarina com “*Depth*” = 1,35 m e “*Width*” = 1,00 m, a todas as seções foi atribuído o material GL22h. No método de Fauchart a espessura do tabuleiro é considerada junto com as longarinas, e ele é calculado para uma seção de um metro de largura, por isso todas as dimensões “*Width*” são de um metro.

Para o método de Guyon-Massonet foram calculados os parâmetros iniciais utilizando as equações (6), (7), (8) e (9), com os quais puderam ser calculados os parâmetros de travejamento ( $\theta$ ) e  $\alpha$ , utilizando as equações (10) e (11). Para esse método foram calculados 4 valores de  $\theta$  e  $\alpha$ , devido a variação do número de transversinas

intermediárias em cada caso.

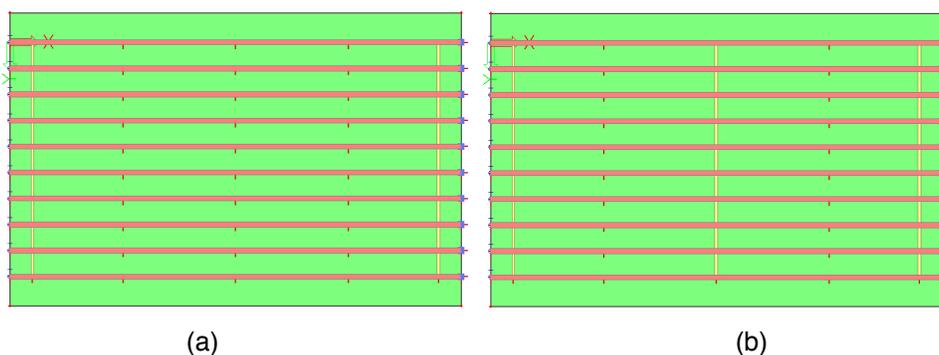
Para cada par de  $\theta$  e  $\alpha$  eram utilizadas as tabelas produzidas por Massonet, presentes na apostila de Ouézdou (2018). Como as tabelas não possuem todos os valores existentes de  $\theta$ , os valores eram arredondados para o número superior mais próximo. Tendo sido selecionada a tabela correta, então utilizando a equação (12) eram calculados os coeficientes para o valor correto de  $\alpha$ . No entanto, esses valores representavam os coeficientes calculados para placas, para obter os coeficientes semelhantes aos demais métodos foi necessário dividir os valores pela largura  $2b$  da ponte e multiplicar pela largura de influência de cada longarina, para as longarinas externas o valor multiplicado era de 1,225 metro, enquanto para as demais era de 1,15 metro.

Para a modelagem em elementos finitos foi utilizado o *software* SCIA Engineer v.19.1. O SCIA Engineer é um *software* de análise e dimensionamento para estruturas capaz de fazer a análise de elementos finitos.

Para a modelagem foram utilizados elementos 1D e elementos 2D, ou seja, elementos unidimensionais e elementos bidimensionais. Os elementos 1D utilizados formaram as vigas da ponte, as longarinas e transversinas, já os elementos 2D formaram o tabuleiro da ponte. Para todos esses elementos foram atribuídos o material GL22h, mostrado na figura 4.

Foram feitas 4 modelagens da ponte, de modo a representar os 4 casos variando os números de transversinas intermediárias, como mostrado na figura 6.

Na figura 6 estão representados os diferentes elementos estruturais com cores diferentes, o tabuleiro com coloração verde, as longarinas com coloração vermelha e as transversinas com coloração amarelada.



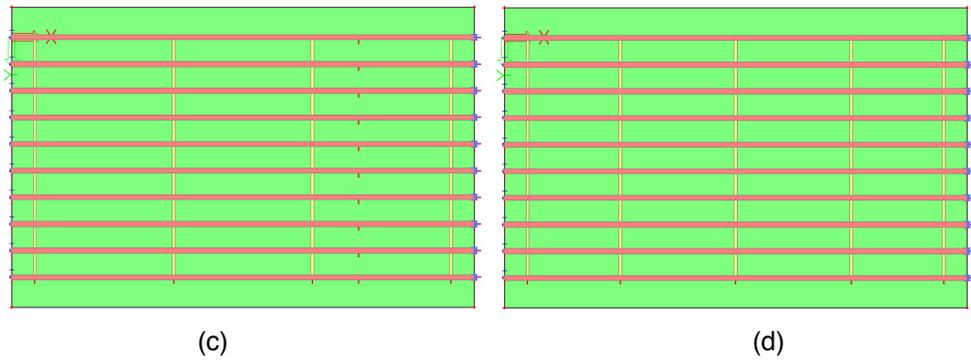


Figura 6. Vista inferior do tabuleiro (a) sem transversinas intermediárias, (b) com 1 transversina intermediária no centro do vão, (c) com 2 transversinas intermediárias equidistantes, (d) com 3 transversinas intermediárias equidistantes.

Fonte: autoria própria (2020).

As estruturas foram então carregadas com o trem tipo brasileiro TB-450, conforme recomendado pela norma NBR 7188 (2013), composto por 6 cargas concentradas de 75 kN cada, representando os eixos do trem tipo e circundado por uma carga uniformemente distribuída de 5 kN/m<sup>2</sup>, como mostrado na figura 7.

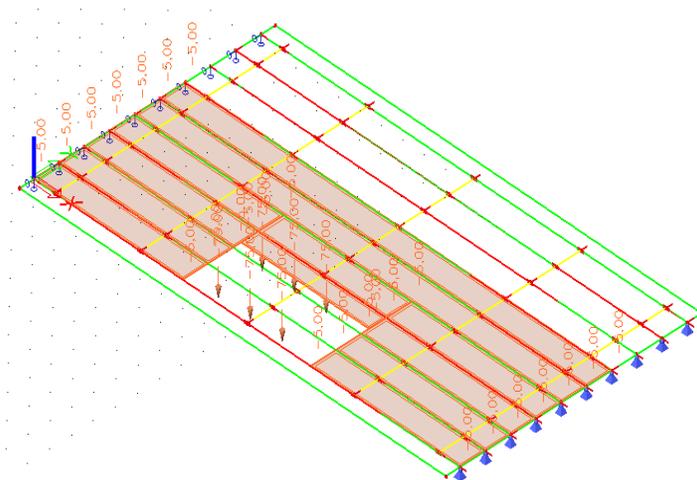


Figura 7. Modelo de elementos finitos carregado na posição mais crítica.

Fonte: autoria própria (2020).

### 3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizando os processos apresentados na metodologia deste estudo puderam ser obtidos os coeficientes de distribuição transversal de cargas dos métodos analíticos, representados na tabela 2.

	Engesser-Courbon	Leonhardt			Fauchart	Guyon-Massonet			
		0 T.I. <sup>1</sup>	1 ou 2 T.I.	3 T.I.		0 T.I.	1 T.I.	2 T.I.	3 T.I.
Borda esq.	0,4000	0,5102	0,4690	0,4554	0,5001	0,4599	0,3746	0,347	0,3208
V1	0,3455	0,4417	0,4126	0,4037	0,4243	0,3726	0,3151	0,2955	0,2765
V2	0,2909	0,3202	0,3123	0,3119	0,2881	0,2467	0,2271	0,219	0,2105
V3	0,2364	0,213	0,2215	0,2278	0,1723	0,1591	0,1635	0,1633	0,1623
V4	0,1818	0,1264	0,1443	0,1551	0,0903	0,0951	0,1123	0,1169	0,1207
V5	0,1273	0,0609	0,0818	0,0944	0,0393	0,0527	0,0737	0,0806	0,0868
V6	0,0727	0,0138	0,0324	0,0444	0,0113	0,0269	0,0463	0,0534	0,0602
V7	0,0182	-0,0188	-0,0066	0,0028	-0,0019	0,0125	0,0273	0,0329	0,0394
V8	-0,0364	-0,0416	-0,0385	-0,0330	-0,0070	0,0056	0,0142	0,0184	0,0230
V9	-0,0909	-0,0591	-0,0664	-0,0655	-0,0082	0,0030	0,0052	0,0071	0,0096
V10	-0,1455	-0,0747	-0,0928	-0,0968	-0,0081	0,0028	-0,0018	-0,0025	-0,0025
Borda dir.	-0,2055	-0,0835	-0,1078	-0,1145	-0,0080	0,0031	-0,0054	-0,0077	-0,0091

Tabela 2. Coeficientes de distribuição transversal para as vigas externas

Fonte: autoria própria (2020).

As figuras 8, 9, 10 e 11 ilustram a influência da distribuição transversal de cargas no tabuleiro de ponte estudado para cada um dos métodos analíticos.

<sup>1</sup> T.I. representa transversina intermediária

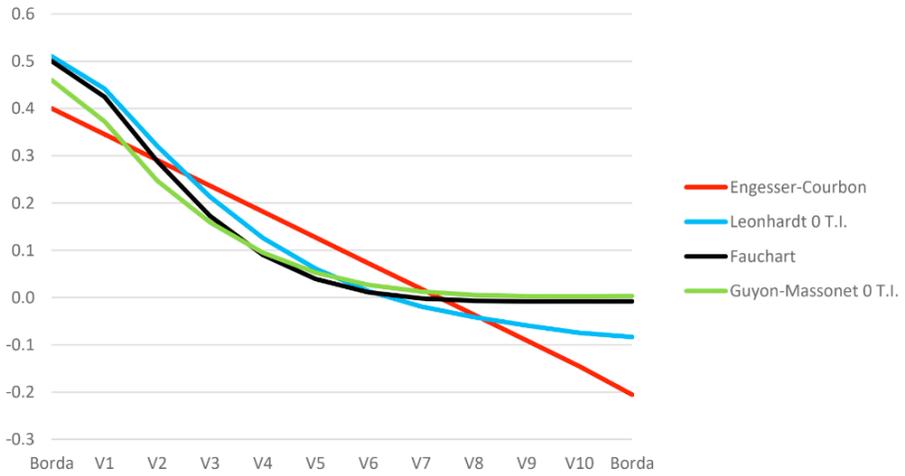


Figura 8. Coeficientes de distribuição transversal para ponte sem transversinas intermediárias.  
 Fonte: autoria própria (2020).

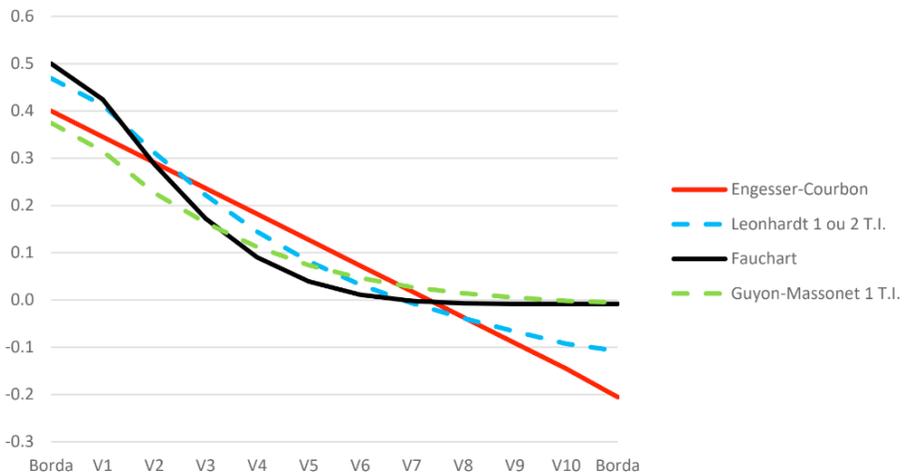


Figura 9. Coeficientes de distribuição transversal para ponte com 1 transversina intermediária no centro do vão.  
 Fonte: autoria própria (2020).

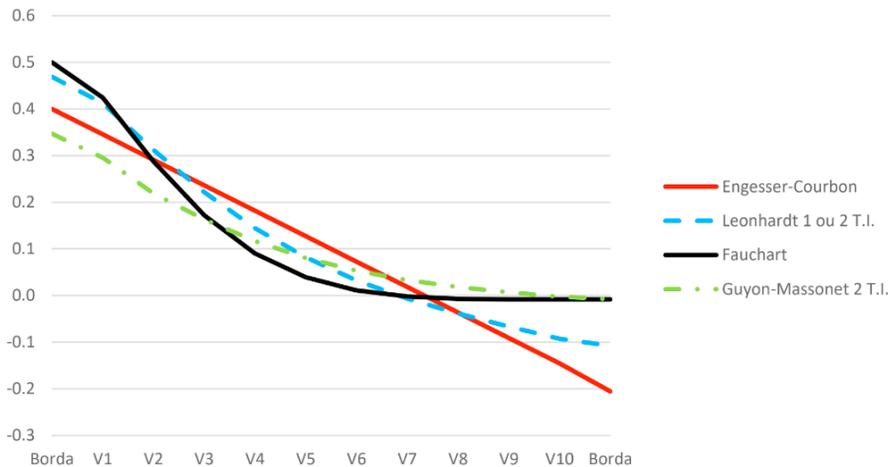


Figura 10. Coeficientes de distribuição transversal para ponte com 2 transversinas intermediárias equidistantes.

Fonte: autoria própria (2020).

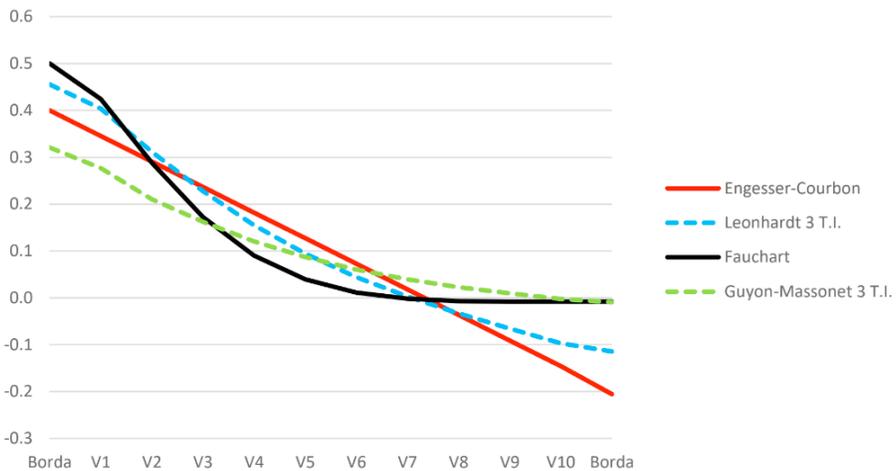


Figura 11. Coeficientes de distribuição transversal para ponte com 3 transversinas intermediárias equidistantes.

Fonte: autoria própria (2020).

O modelo de elementos finitos, ao contrário dos métodos analíticos, não retorna os coeficientes de redistribuição transversal, mas sim os valores de deslocamentos e esforços nos elementos estruturais. Para este estudo foram analisados os valores do deslocamento vertical  $u_z$  causados pela aplicação, exclusivamente, da carga móvel normatizada pela NBR 7188 (2013), aplicado na borda esquerda para proporcionar os maiores valores de

deslocamento nos modelos de ponte, apresentados nas figuras 12, 13, 14 e 15.

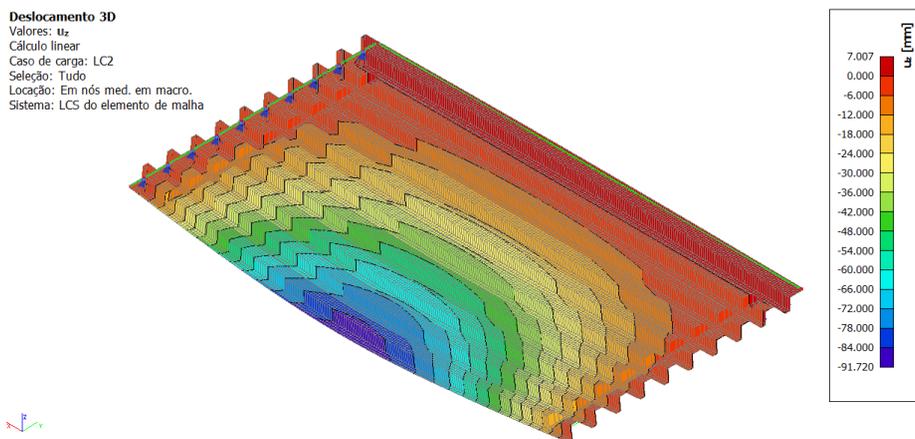


Figura 12. Estrutura deformada sem T.I. após aplicação do trem-tipo.

Fonte: autoria própria (2020).

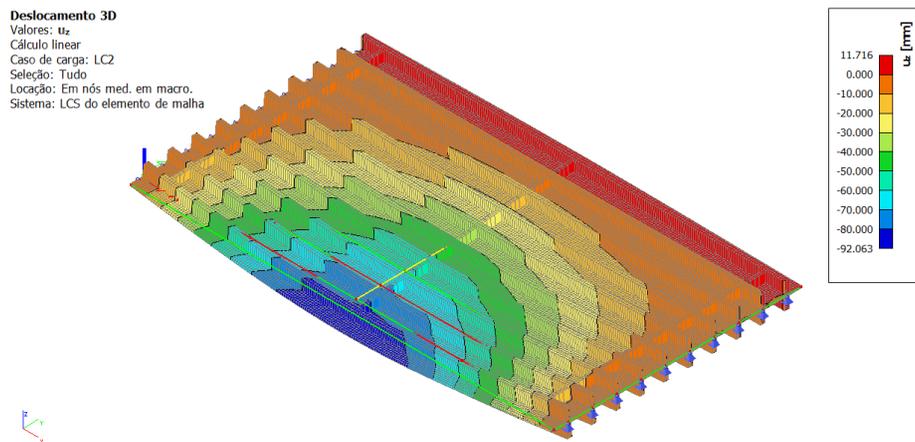


Figura 13. Estrutura deformada com 1 T.I. após aplicação do trem-tipo.

Fonte: autoria própria (2020).

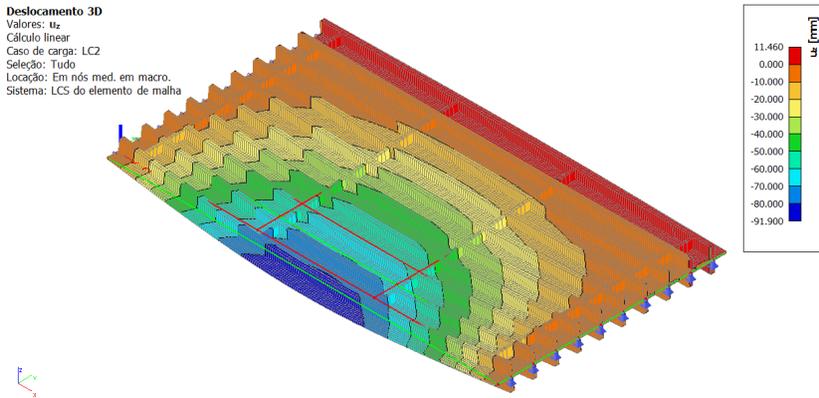


Figura 14. Estrutura deformada com 2 T.I. após aplicação do trem-tipo.

Fonte: autoria própria (2020).

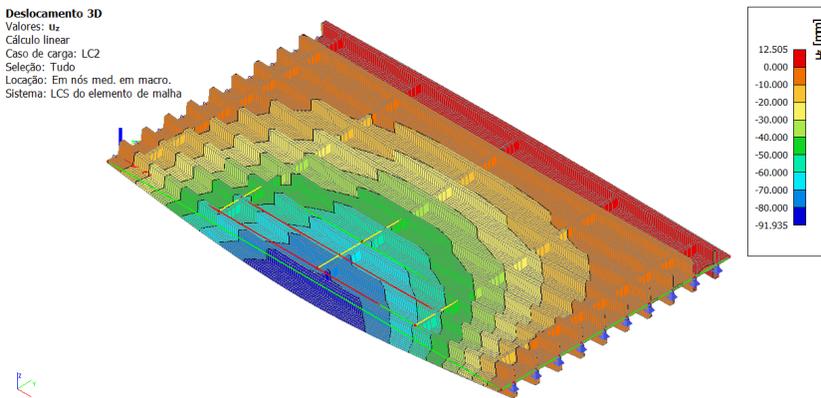


Figura 15. Estrutura deformada com 3 T.I. após aplicação do trem-tipo.

Fonte: autoria própria (2020).

Os valores dos deslocamentos máximos, obtidos das simulações das figuras 12, 13, 14 e 15, da longarina da borda esquerda são apresentados na tabela 3.

Caso	Deslocamento (mm)
Sem T.I.	87,571
1 T.I.	87,326
2 T.I.	87,258
3 T.I.	87,155

Tabela 3. Deslocamento máximo na longarina da borda esquerda.

Fonte: autoria própria (2020).

Foi escolhido um método analítico para ser comparado com o modelo de elementos finitos, como os valores obtidos pelo método de Engesser-Courbon para esse modelo de ponte não respeitava a condição imposta pela equação (2), foi utilizado o método de Leonhardt.

Para comparação dos resultados analíticos do método do Leonhardt e o resultado numérico em elementos finitos o veículo tipo é posicionado sobre a linha de influência obtida pelo método analítico, para obter os quinhões de parcela de carga na longarina externa do lado esquerdo, como mostrado na figura 16.

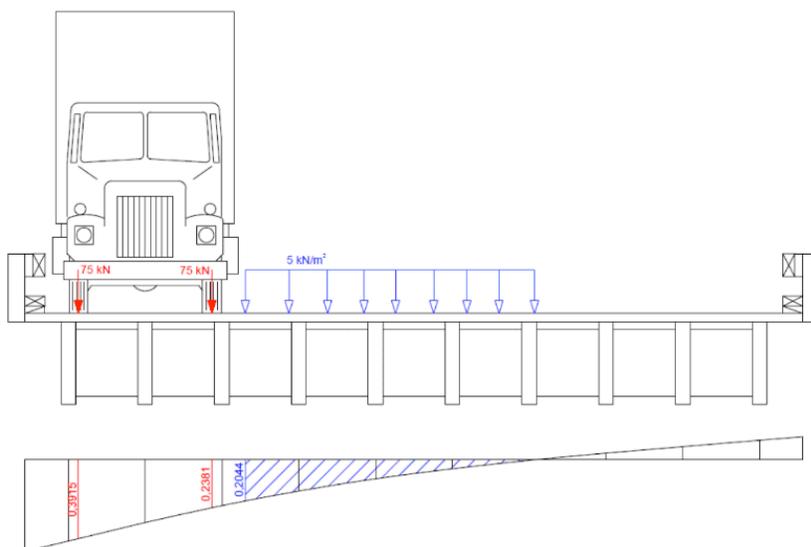


Figura 16. L.I. da V1 com TB-450 posicionado na região mais desfavorável.

Fonte: autoria própria (2020).

Obtidos os valores na linha de influência são calculados os carregamentos aplicados na longarina em estudo, nesse caso a longarina V1, conforme metodologia proposta por Júnior *et al.* (2018). De posse dos valores ajustados das cargas a longarina V1 foi analisada no *software* Ftool, para a obtenção do deslocamento máximo, como mostrado na figura 17.

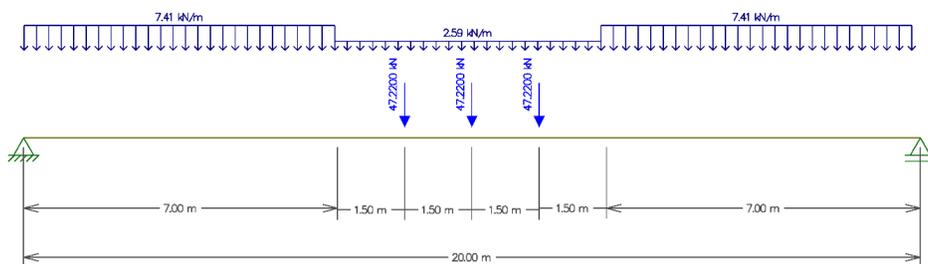


Figura 17. Posicionamento e valores da ação móvel sobre a longarina V1.

Fonte: autoria própria (2020).

Obtidos os valores das flechas para todos os casos do método de Leonhardt (sem transversinas; uma transversina; duas transversinas e três transversinas intermediárias), foi preenchida a tabela 4 para serem comparados os valores com os obtidos pelo MEF.

	Leonhardt (Ftool)	MEF	Diferença (%)
0 T.I.	94,560	87,571	-7,98%
1 T.I.	93,500	87,326	-7,07%
2 T.I.	93,500	87,258	-7,15%
3 T.I.	92,370	87,155	-5,98%

Tabela 4. Comparação do deslocamento máximo, em mm, da longarina de extremidade esquerda V1.

Fonte: autoria própria (2020).

Os valores apresentados na tabela 4 evidenciam que o modelo numérico em elementos finitos resulta em uma melhor distribuição de carga, quando comparado com o método analítico de Leonhardt. O método de Leonhardt considera que apenas as transversinas contribuem para a distribuição transversal de carga, como pode ser observado na equação 3. Já o modelo numérico em elementos finitos leva em consideração, além da rigidez das transversinas, também a rigidez da laje do tabuleiro, bem como a rigidez a torção das longarinas. Sendo assim a análise em elementos finitos resulta em um comportamento estrutural mais rígido que proporciona uma melhor distribuição de carga.

## 4 | CONCLUSÕES

Ao analisar os dados obtidos, verificamos que os métodos analíticos apresentam resultados com valores próximos, e conforme são aumentados os números de transversinas

na ponte os métodos tendem a se aproximar dos valores de Engesser-Courbon, devido ao aumento do número de transversinas resultar em um aumento da rigidez transversal do tabuleiro, aproximando-se da rigidez infinita caracterizada pelo método Engesser-Courbon.

No deslocamento do modelo em elementos finitos pode-se perceber a mesma tendência, ao ser aumentado o número de transversinas o deslocamento foi reduzido, implicando que houve uma melhor distribuição dos carregamentos por entre as longarinas, de modo que se fosse aumentado o número de maneira suficiente a ponte poderia adotar o comportamento de um corpo rígido.

A diferença entre os deslocamentos do modelo de elementos finitos comparados com o de Leonhardt foi de aproximadamente 8 %, podendo essa diferença ser causado devido as simplificações do método analítico, como por exemplo a desconsideração da rigidez a torção das longarinas, bem como a rigidez da laje do tabuleiro, enquanto o modelo numérico em elementos finitos leva em consideração essas contribuições.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BAIERLE, F. A. **Contribuições a análise de pontes empregando o método dos elementos finitos**. 2016. 93p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2016.

BESSA, F.C; DALA COSTA, B. P. **Concepção e Dimensionamento de Pontes em Madeira Roliça para Estradas Vicinais na Região Sudoeste do Paraná**. 2014. 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

CALIL JUNIOR, C., DIAS, A. A., GOÉS, J. L. N., CHEUNG, A. B., STAMATO, G. C., PIGOZZO, J. C., OKIMOTO, S. F., LOGSDON, N. B., BRAZOLIN, S., LANA, E. L., **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Carlos: Suprema, 252p. 2006.

FAUSTO, T. B. A. **Análise numérica de elementos estruturais de madeira-laminada-colada**. 2019. 73p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2019.

JÚNIOR, M.A.L.L.; SILVA, B.M.N.B.; MATA, R.C. Análise comparativa entre trem-tipo da ABNT NBR 7188 :2013 com tipologias de caminhões licenciados pelo DNIT, no comportamento mecânico de pontes sobre duas longarinas.

KAESTNER, C. L. **Dimensionamento de longarinas protendidas com a consideração das etapas construtivas**. 2015. 182 p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto**: Princípios básicos da construção de pontes de concreto, vol. 6. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

MASSONET, C. **Méthode de calcul des ponts à poutres multiples tenant compte de leur résistance à la torsion**, 1950. *International Association for Bridge and Structural Engineering publications*, vol. 10. Zurique, 1950.

MEDINO, U.A. **Análise comparativa entre os modelos analíticos de distribuição de cargas em tabuleiros de pontes com longarinas retas de Engesser-Courbon e Guyon-Massonet com o modelo das reações de apoio proposto**. 2016. 137 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

OLIVEIRA, C. J.; FIGUEIREDO, D.; FRANZKE, P. D.; OLIVEIRA, L. O. S. Distribuição de cargas na seção transversal de pontes com vigamento múltiplo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO*, 59., 2017, Bento Gonçalves. **Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto**. Bento Gonçalves, 2017.

OUÉZDOU, M. B. **Cours d'ouvrages d'art: Tome 2 – Dimensionnement**. *Universite Tunis El Manar, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis - Département de Génie Civil*, 2018.

RITTER, M. A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection, and Maintenance**. 944 p. Washington, DC, 1990.

STEFEL, C.; MORO, D. **Dimensionamento de uma ponte de madeira para regiões rurais**. 2013. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

WACKER, J. P.; SMITH, M. S. **Standard plans for timber bridge superstructures**. *General Technical Report FPL-GTR-125*. 53 p. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2001.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abrigo 110, 111

Acidentes 44, 46, 112, 124, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 136

AHP 124, 125, 127

Alvenaria estrutural 135, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Análise 1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 14, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 33, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 63, 71, 74, 80, 83, 84, 93, 96, 98, 99, 102, 103, 106, 108, 111, 117, 119, 124, 127, 130, 133, 134, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 154, 157, 159, 169, 170, 174, 180, 181, 184, 187

### C

Canteiro de obras 124, 134

Casa ecológica 87

Casa inteligente 87

Conforto térmico 89, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 113, 145

Construção civil 25, 44, 61, 62, 63, 71, 72, 74, 76, 81, 82, 84, 88, 104, 105, 108, 111, 112, 125, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 148, 185, 186, 198

Custo 20, 21, 74, 87, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 102, 135, 137, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 149, 152, 159, 160, 163, 164, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 199

### D

Distribuição transversal 24, 28, 35, 36, 37, 41

### E

Engenharia 23, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 63, 71, 72, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 91, 96, 100, 108, 111, 134, 136, 138, 140, 144, 146, 147, 151, 161, 162, 185, 186, 200

Engenharia civil 23, 42, 43, 44, 63, 71, 72, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 111, 134, 136, 140, 144, 146, 147, 185, 186

Engesser-Courbon 24, 26, 27, 31, 35, 40, 42, 43

EPS 98, 100, 105, 106, 107, 109

Erros de cálculo 44, 45

Esforços estruturais 110, 118, 122

Estabilidade 1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 91, 111, 167

Estimativa 135, 137, 139, 141, 186, 187, 188

Estrutura 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 38, 39, 46, 48, 72, 75, 90, 93, 98, 110, 111, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 123, 124, 127, 130, 131,

133, 141, 143, 144, 150, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 175, 182, 183, 184, 187, 198

Estruturas de concreto 22, 23, 161, 163, 170, 184, 185

Estruturas metálicas 47, 163, 165, 167

## **F**

Familiares 82, 136

Fibra de bambu 72, 74, 75, 76, 79, 80

Filtro anaeróbio 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96

Filtro de areia 87, 92, 93, 94, 95, 96

## **G**

Galpão industrial 146, 163, 164

## **H**

Habitação de interesse social 148

Habitações populares 108, 135, 138, 139, 140, 146, 147

## **L**

Leonhardt 24, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 40, 41, 42

## **M**

Madeira 24, 25, 42, 43, 47, 63, 75, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 123, 138, 152, 155, 156, 159, 161, 166

MEF 24, 26, 41

Método CLT 110, 115, 117

Método construtivo 135, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 146, 149, 152, 160

Módulo de elasticidade 3, 31, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 159

Mulheres 82, 83, 84, 85, 86

## **O**

Obras sociais 98, 135, 136, 144

## **P**

Parede de concreto 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

PEAD 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

Pintura externa das telhas 98

Preconceito 82, 83, 84, 85, 86

Produtividade na construção civil 135

Profissionais 1, 82, 83, 84, 86, 88, 124, 125, 128, 129, 131, 133, 145, 152, 187, 198

## **R**

Reforma de cobertura 98

Resistência à compressão 61, 62, 70, 71, 72, 75, 117, 167

Resistência à tração 62, 70, 73, 74, 76

## **S**

Segurança do trabalho 124, 125, 133, 134, 200

Sistemas construtivos 90, 108, 138, 141, 147, 148, 149, 150, 152, 160

Software 1, 2, 3, 14, 18, 26, 30, 31, 33, 40, 48, 49, 60, 119, 135, 139, 142, 165, 166, 186, 187, 189, 190, 194, 196, 197, 198

Sustentabilidade 87, 110

Sustentável 71, 72, 73, 80, 87, 88, 89, 94, 134

## **T**

Telhado verde 87, 89, 92, 93, 94, 95, 96

Tetra Pak 98, 107, 108

Tilt-up 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147

TQS 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 22

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021