

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE
(ORGANIZADOR)

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

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
 Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
 Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
 Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
 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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
 Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
 Prof^a Dr^a 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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
 Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
 Profª Drª 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
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
 Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
 Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
 Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
 Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
 Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
 Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Profª Drª 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. Daylson 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
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
 Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
 Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
 Profª 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
 Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
 Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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 Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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/UFPB
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
Profª 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

Coleção desafios das engenharias: engenharia de transportes

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Eduardo Sanches de Andrade

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) | |
|---|---|
| C691 | <p>Coleção desafios das engenharias: engenharia de transportes / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5983-255-2 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.552211207</p> <p>1. Engenharia de transportes. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título. CDD 629.04</p> |
| Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166 | |

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia de Transportes” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 5 capítulos, estudos que mostram como a Engenharia de Transportes enfrenta alguns desafios, em seu objetivo de atender diversas demandas da sociedade.

Uma das demandas da sociedade é o crescimento ordenado da economia das cidades, o que requer soluções eficientes de transporte de bens e pessoas. A Engenharia de Transportes tem como objetivo prover essas soluções.

A Engenharia de Transportes busca soluções que atendam parâmetros de qualidade na prestação de serviços aos usuários, eficiência na utilização de recursos humanos e materiais e que atendam critérios sociais e ambientais.

Os trabalhos compilados nessa obra abrangem diferentes desafios da Engenharia de Transporte.

Os impactos ambientais causados pelo sistema de transportes em um “campus” universitário são abordados, com a proposição de soluções de redução das emissões de gases de efeito estufa.

A qualidade do serviço prestado aos usuários de sistemas metroviários é outro tema abordado, assim como a incidência de acidentes ferroviários, que é analisada através de uma comparação das ocorrências no Brasil e na União Europeia.

A infraestrutura necessária ao transporte e sua importância na competitividade dos países é analisada através da comparação entre o Brasil e a Austrália.

Finalmente, os impactos causados pela pandemia da COVID-19 na mobilidade urbana afetaram bastante os sistemas de transporte, sendo objeto de tema do último estudo desta obra.

Agradecemos aos autores dos capítulos apresentados e esperamos que essa compilação seja proveitosa para os leitores.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ | |
| Victor Hugo Souza de Abreu Andrea Souza Santos | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112071 | |
| CAPÍTULO 2 | 16 |
| O CONTROLE DO DESEMPENHO DO ATRIBUTO CONFORTO EM METRÔS | |
| Carlos Eduardo Sanches de Andrade Márcio de Almeida D'Agosto Alessandro de Santana Moreira de Souza | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112072 | |
| CAPÍTULO 3 | 26 |
| ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL: ANÁLISE COMPARATIVA COM A UNIÃO EUROPEIA | |
| Daniel Alfredo Alves Miguel | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112073 | |
| CAPÍTULO 4 | 40 |
| ANÁLISE COMPARATIVA DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE ENTRE BRASIL E AUSTRÁLIA | |
| Jean Lucas da Silva Renan Collantes Candia Heitor Pinheiro Mora Otávio Ferreira da Silveira Pedro Henrique Gusmão Chagas | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112074 | |
| CAPÍTULO 5 | 52 |
| A PANDEMIA DA COVID-19 E OS IMPACTOS PARA A MOBILIDADE URBANA | |
| Cecília de Freitas Vieira Couto Gabriela Dantas Medeiros Maria Fernanda Pereira Alves Clovis Dias Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga Nilton Pereira de Andrade | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.5522112075 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 65 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 66 |

ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL: ANÁLISE COMPARATIVA COM A UNIÃO EUROPEIA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 03/05/2021

Daniel Alfredo Alves Miguel

Agência Nacional de Transportes Terrestres –
ANTT
Campinas – SP
<http://lattes.cnpq.br/0622533626999275>

RESUMO: O Brasil vem contabilizando a cada ano cerca de 850 acidentes ferroviários na malha federal, com 215 feridos graves e 105 mortes. Quando se compara o desempenho do Brasil e da União Europeia, observa-se que os índices de acidentes brasileiros vem sendo em torno de 10 a 20 vezes maiores que os índices europeus. Mesmo quando se considera apenas as duas ferrovias brasileiras com transporte regular de passageiros, que também são as duas mais seguras, os índices de acidentes brasileiros ainda são o dobro dos índices europeus. Assim, há espaço para avançar em termos de segurança ferroviária, especialmente diante do anúncio e implementação de novos projetos ferroviários no Brasil. Recentemente, foi publicada a Resolução ANTT nº 5.902/2020, que trata da investigação e comunicação de acidentes ferroviários e trouxe avanços importantes, dos quais destacam-se o aprimoramento dos laudos de investigação e o detalhamento das causas dos acidentes. Todavia, ainda é preciso aprimorar outros pontos. O Sistema de Gestão de Segurança europeu é um instrumento que tem se mostrado eficaz

para o gerenciamento de riscos e pode servir de modelo. Além disso, o Brasil carece de um órgão independente de investigação de acidentes ferroviários, que desempenharia um papel relevante na segurança ferroviária, a exemplo dos organismos nacionais de inquérito europeus e, também, por analogia, do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, que investiga de forma independente os acidentes aeronáuticos brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança ferroviária, acidentes ferroviários, regulação.

RAILWAY ACCIDENTS IN BRAZIL: A COMPARATIVE ANALYSIS WITH THE EUROPEAN UNION

ABSTRACT: Brazil has recorded each year around 850 railway accidents in the federal network, with 215 seriously injured people and 105 deaths. When comparing the performance of Brazil and the European Union, the Brazilian accident rates have been around 10 to 20 times higher than the Europeans. Even when considering only the two Brazilian railways with regular passenger transportation, which are also the two safest, Brazilian accident rates are still double that of Europeans rates. Thus, there is room to move forward in terms of railway safety, especially given the announcement and implementation of new railway projects in Brazil. Resolution ANTT n. 5.902/2020 was recently published, that deals with the railway accident investigation and report and brought important advances, as the improvement of the investigation reports and the detailing of accident causes. However, other points still need to be

improved. The European Safety Management System is an instrument that has proven to be effective for risk management and can be a model. In addition, Brazil lacks an independent railway accident investigation body, which would play a relevant role in railway safety, like the European national investigation bodies and, by analogy, Brazilian Center for Research and Prevention of Aeronautical Accidents, which independently investigates Brazilian aeronautical accidents.

KEYWORDS: Railway safety, railway accidents, regulation.

1 | INTRODUÇÃO

Um breve resumo histórico do setor ferroviário no Brasil mostra que, em 1922, a extensão da malha já era equivalente à atual, com aproximadamente 29 mil quilômetros. Em 1957, as 18 estradas de ferro da União foram unificadas com a criação da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) e, em 1971, foi a vez da unificação das estradas de ferro paulistas, com a criação da Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA). Na década de 1990, a RFFSA e a FEPASA foram unidas e incluídas no Programa Nacional de Desestatização, de modo que as malhas foram leiloadas à iniciativa privada pelo prazo de 30 anos, prorrogáveis por igual período (ANTT, 2020a e Cerbino *et al.*, 2019).

Os contratos de concessão não exigiram a realização de investimentos pré-definidos, mas estabeleceram duas metas de desempenho para acompanhar a qualidade da prestação de serviço: uma de aumento de produção e outra de redução do número de acidentes. Assim, as concessionárias deveriam aumentar o volume transportado e reduzir os acidentes, conforme as especificidades de cada malha e o desempenho operacional projetado (Cerbino *et al.*, 2019).

Nesse contexto, este artigo versa sobre acidentes ferroviários ocorridos na malha ferroviária federal concedida. Ressalte-se que nela não se incluem os trechos ferroviários urbanos de competência estadual ou municipal, tais como, os metrô e os veículos leves sobre trilhos. Nessa mesma linha, os dados da União Europeia, apresentados como comparativos, também não incluem metrô, veículos leves sobre trilhos e outros sistemas ferroviários locais.

2 | SISTEMA FERROVIÁRIO FEDERAL BRASILEIRO

A malha ferroviária federal concedida conta atualmente com cerca de 29.690 quilômetros, conforme mostra a Figura 1. Além dos trechos apresentados, há também o Tramo Sul da Ferrovia Norte-Sul, que ligará o Tramo Central à Malha Paulista, bem como a nova Transnordestina, ambos já concedidos, mas ainda em construção (ANTT, 2019).

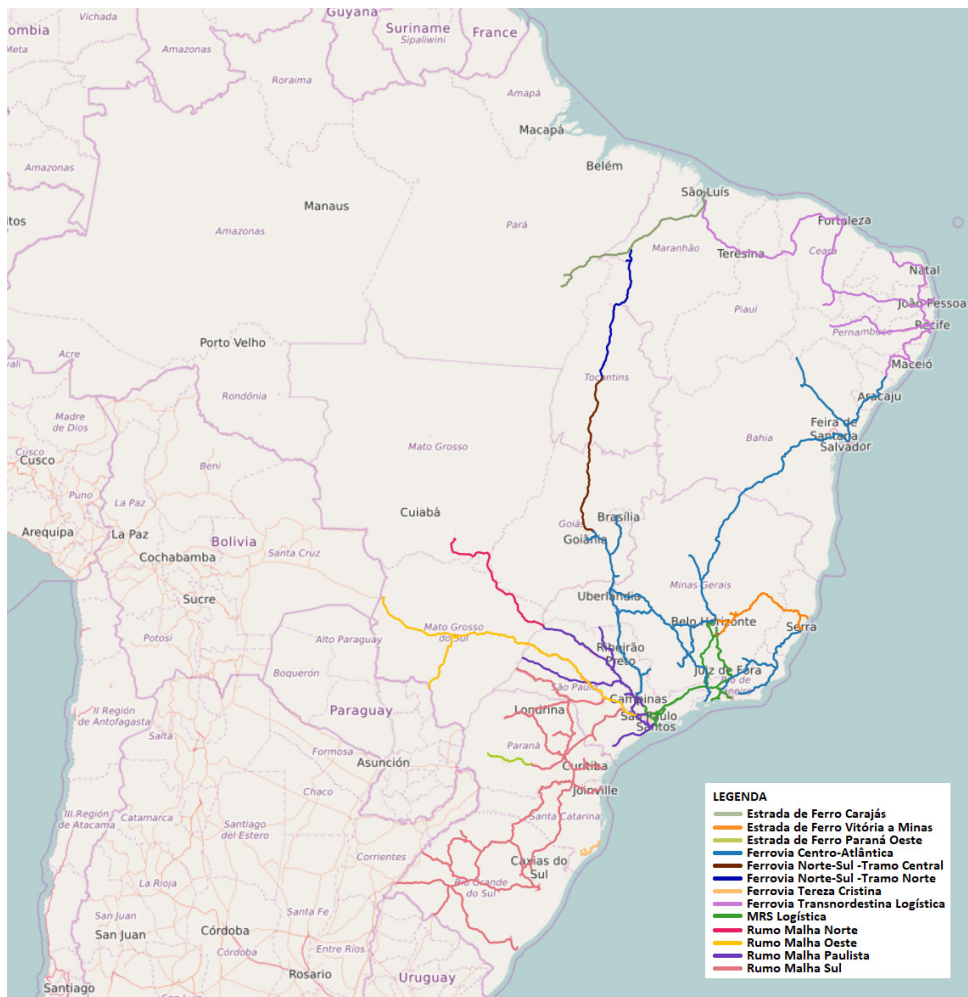


Figura 1: Malha ferroviária federal atual (adaptado de ANTT, 2020b).

No momento, são anunciados grandes projetos de expansão da capacidade e extensão da malha ferroviária. De acordo com o Ministério da Infraestrutura (2020), há investimentos previstos na ordem de R\$ 67 bilhões. Na carteira de projetos, constam novas ferrovias, como a Ferrogrão, a Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) e a Ferrovia de Integração do Centro-Oeste (FICO), além da renovação antecipada de concessões com obrigação da realização de investimentos, como a Malha Paulista, já efetivada, e a Estrada de Ferro Carajás (EFC) e a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM), que já contam com o aval do Tribunal de Contas da União. Também há propostas estaduais, como o Trem Intercidades, no estado de São Paulo.

Todavia, como se verá adiante, o Brasil apresenta índices preocupantes de acidentes ferroviários. Com o aumento da participação do modal ferroviário na matriz de transportes,

inclusive com propostas de trens regionais de passageiros, a importância da segurança ferroviária aumentará ainda mais.

3 | DADOS DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL

No Brasil, todos os acidentes ferroviários ocorridos na malha ferroviária federal concedida devem ser comunicados à Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), conforme estabelecem a Resolução ANTT nº 1.431/2006 e a Resolução ANTT nº 5.902/2020.

No período de 2011 a 2019, ocorreram, em média, 845 acidentes ferroviários por ano, conforme mostra a Figura 2.

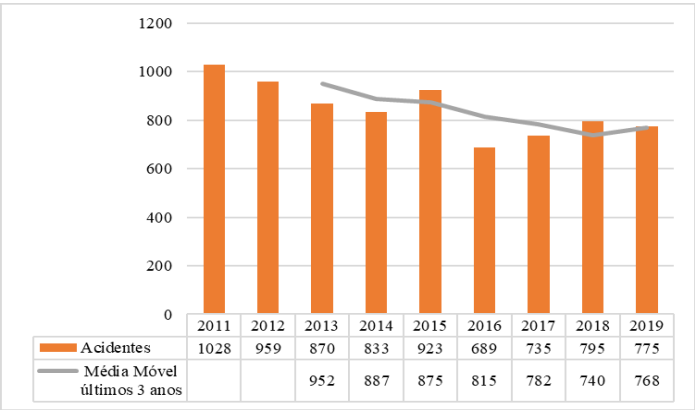


Figura 2: Quantitativo de acidentes ferroviários no Brasil (ANTTc, 2020).

Com relação às vítimas dos acidentes ferroviários, foram registrados no mesmo período, em média, 216 feridos graves e 105 mortes por ano, conforme detalham as Figuras 3 e 4.

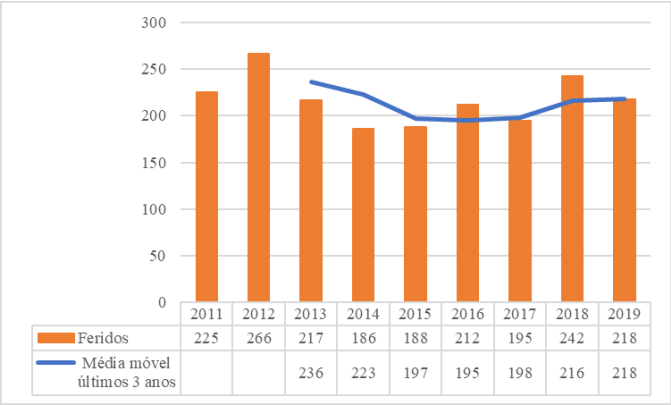


Figura 3: Quantitativo de feridos em acidentes ferroviários no Brasil (ANTTc, 2020).

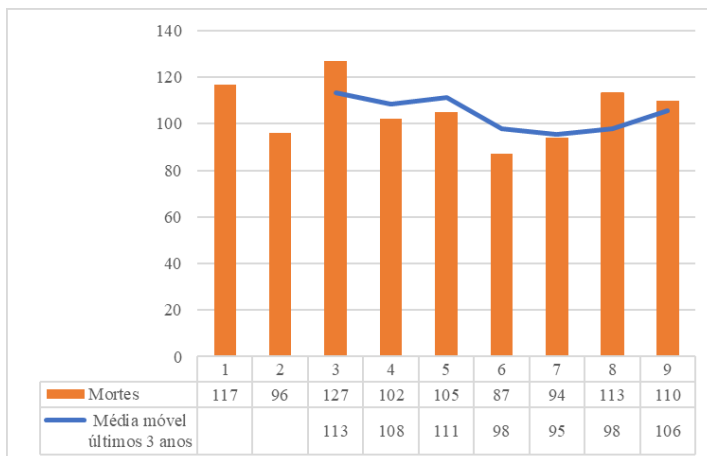


Figura 4: Quantitativo de mortes em acidentes ferroviários no Brasil (ANTTc, 2020).

Embora se observe alguma tendência de redução do número de acidentes, o número de vítimas fatais e não fatais permanece oscilando em patamares altos.

4 | INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO BRASIL

Os acidentes ferroviários são eventos com consequências danosas ou até mesmo catastróficas, como, por exemplo, danos materiais, impactos ambientais, lesões corporais e mortes, que prejudicam a sociedade e maculam a imagem do setor (Miguel, 2018).

Cabe destacar que as lições aprendidas da investigação de acidentes ferroviários são cruciais para o aprimoramento da segurança. As investigações de acidentes têm como objetivo identificar as suas causas e, também, as causas raízes atrás das causas diretas, e assim, permitir a adoção de medidas de prevenção e mitigação de acidentes (ERA, 2020).

Os acidentes ferroviários geralmente têm grande impacto em termos humanos e financeiros, uma vez que, em muitos casos, resultam em morte ou alta morbidade. Os atropelamentos são a principal causa de fatalidade em acidentes ferroviários em todo o mundo e acarretam grande impacto econômico, ambiental e social. Todavia, existem poucos trabalhos na literatura que tratam especificamente desse assunto (Abreu e Trindade, 2019).

No Brasil, os acidentes ferroviários ocorridos na malha ferroviária federal são investigados pelas próprias concessionárias e os laudos são enviados à ANTT. A seguir, faz-se uma breve análise da Resolução ANTT nº 1.431/2006, atualmente em vigor, e da Resolução ANTT nº 5.902/2020, cuja vigência se iniciará no dia 3 de novembro de 2020.

4.1 Investigação de acidentes ferroviários sob a Resolução ANTT nº 1.431/2006

De acordo com a Resolução ANTT nº 1.431/2006, acidente ferroviário é definido como um evento que, com participação de direta de um veículo ferroviário, provoca danos a este, a pessoas, a outros veículos, a instalações, a obras-de-arte, à via permanente, ao

meio ambiente e, desde que ocorra paralisação do tráfego, a animais.

Os acidentes são divididos quanto à natureza em: descarrilamento, atropelamento, colisão (choque entre veículos ferroviários), abalroamento (choque entre veículos ferroviário e rodoviário), explosão e incêndio. Já quanto à causa, são previstas as seguintes hipóteses: falha humana, via permanente, material rodante, sistemas de telecomunicação, sinalização e energia, atos de vandalismo e casos fortuitos ou de força maior.

Alguns acidentes são considerados graves e a eles é dado um tratamento especial. São graves os acidentes que envolvem o transporte de passageiros, de produtos perigosos ou que acarretem morte, lesão corporal, interrupção do tráfego a partir de determinados limites, prejuízo superior a determinado valor (reajustável a cada ano), dano ambiental ou outros danos de impacto à população. Caso ocorra um acidente grave, as concessionárias devem seguir um procedimento mais rígido de comunicação à ANTT e devem produzir um laudo de apuração. Já para os acidentes não graves, as concessionárias deverão produzir uma sindicância de apuração, mais simples e sucinta.

A Resolução ainda estabelece que todo acidente deverá ser objeto de apuração por parte da concessionária, de modo que a causa do acidente e sua responsabilidade sejam apuradas de forma detalhada, não se admitindo que sejam caracterizadas como indefinidas ou indeterminadas.

4.2 Investigação de acidentes ferroviários sob a Resolução ANTT nº 5.902/2020

A nova Resolução ANTT nº 5.902/2020 trouxe algumas inovações. Primeiramente, optou por separar os atropelamentos e abalroamentos ocorridos em passagens em nível daqueles ocorridos fora das passagens em nível. Esse é um ponto importante, uma vez que os cruzamentos em nível entre a ferrovia e a vias rodoviárias são pontos críticos e devem seguir normas específicas editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Ademais, Abreu e Trindade (2019) lembram que falhas técnicas e fatores humanos podem propiciar a ocorrência de acidentes em passagens em nível, mesmo porque os usuários não têm acesso a informações sobre o estado atual do sistema e suas falhas potenciais.

Quanto às causas, foram acrescentadas três hipóteses: (i) interferência de terceiros, (ii) gestão e (iii) outros. Já quanto à gravidade dos acidentes, foram fixados critérios objetivos para a ocorrência de óbito, que agora leva em conta tanto a morte ocorrida no momento do acidente, quanto aquela ocorrida em até 30 dias em consequência deste, e de ferido grave, agora é entendido como a vítima com tempo de hospitalização superior a 24 horas.

A apuração conduzida pelas concessionárias deverá ser mediante perícia com emissão de laudo por profissional habilitado no caso de acidentes graves e, para os demais casos, por meio de emissão de relatório. O laudo dos acidentes graves deverá conter alguns elementos mínimos, listados na Tabela 1.

| Item | Dados e informações mínimos de acordo com o art. 10 da Resolução ANTT nº 5.902/2020 |
|------|--|
| 1 | Arquivo fotográfico do local do acidente |
| 2 | Informações do sistema de licenciamento e sinalização, incluindo, ao menos: transcrição dos eventos do computador de bordo das locomotivas, transcrição das mensagens de dados e voz e registro da sinalização de campo. |
| 3 | Entrevista com a equipagem e demais testemunhas |
| 4 | Cópia do boletim de ocorrência |
| 5 | Identificação das vítimas |
| 6 | Nos casos de acidente em passagem em nível, avaliação da adequação desta às normas vigentes |
| 7 | Memória de cálculo dos custos do acidente |
| 8 | Comprovação de comunicação às autoridades em caso de degradação ambiental |
| 9 | Conjunto de recomendações para correção ou atenuação das consequências do acidente, bem como para evitar acidentes análogos |

Tabela 1: Itens obrigatórios que deverão constar do laudo de acidentes graves.

Na Resolução, as categorias de acidentes permaneceram abrangentes, mas foram detalhadas por meio da Portaria SUFER/ANTT nº 144, de 4 de agosto de 2020. Por exemplo, ao invés de classificar a causa apenas como “via permanente”, agora há previsão de fratura de trilho, bitola aberta, empeno de agulha, etc. Esse detalhamento permite identificar qual foi, de fato, a causa de um acidente, seja a causa primária, sejam as causas contributivas. Isso é essencial para a obtenção de informações acuradas a respeito dos riscos existentes no sistema ferroviário federal, a fim de permitir a adoção de medidas de segurança.

Ressalte-se que a experiência internacional caminha nesse mesmo sentido de detalhar as causas dos acidentes. A título de exemplo, nos EUA, para os acidentes e incidentes ferroviários reportados à *Federal Railroad Administration* (FRA) há uma lista de cerca de 400 causas (FRA, 2011), ao passo que na União Europeia, cada Estado-Membro possui seu próprio sistema de registro de ocorrências e a *European Union Agency for Railways* (ERA) vem desenvolvendo o Programa de Registro Comum de Ocorrências como forma de consolidação (Miguel, 2018).

No Brasil, no período anterior à concessão das ferrovias à iniciativa privada, a extinta Rede Ferroviária Federal S.A. também detalhava as causas de acidentes nos termos da norma N-DSE.001 (RFFSA, 1984). Inclusive, esse normativo foi parcialmente replicado na norma ABNT NBR 15.868/2010, que trata da classificação, comunicação e relatório de acidentes ferroviários.

Portanto, vê-se que, com os avanços do novo normativo da ANTT, o conceito de acidente ferroviário foi aprimorado e laudo ficou mais robusto e qualificado, visando tornar a investigação mais rigorosa e, assim, deixar as ferrovias mais seguras.

5 | INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NA UNIÃO EUROPEIA

A União Europeia é uma união econômica e política de características únicas, constituída atualmente por 27 Estados-Membros. Em linhas gerais, as companhias ferroviárias europeias são divididas em gestores de infraestrutura e em empresas ferroviárias. O gestor de infraestrutura é responsável pela instalação, gestão e manutenção da infraestrutura ferroviária, incluindo sistemas de sinalização e o gerenciamento do tráfego. Já a empresa ferroviária tem como atividade principal a prestação de serviços transporte de passageiros e cargas. Na maioria dos Estados-Membros, os gestores de infraestrutura são empresas estatais, enquanto as empresas ferroviárias podem ser tanto estatais quanto privadas (Miguel, 2018).

A Diretiva (UE) 2016/798 estabeleceu que cada Estado-Membro deve ter uma autoridade nacional de segurança e um organismo nacional de inquérito. As autoridades nacionais de segurança devem ser totalmente independentes de qualquer empresa ferroviária ou gestor de infraestrutura, tendo como uma de suas competências emitir autorizações de segurança para os gestores de infraestrutura e certificados de segurança para as empresas ferroviárias.

Já os organismos nacionais de inquérito realizam investigações de acidentes e de alguns incidentes mais relevantes e, de igual modo, devem ser independentes das companhias ferroviárias e da autoridade nacional de segurança. As investigações são conduzidas de maneira independente e aprofundada com o objetivo de prevenir a recorrência e aprimorar a segurança ferroviária a nível nacional e europeu.

Os organismos nacionais de inquérito desempenham um papel essencial no processo de aprimoramento da segurança. Não é objetivo de sua investigação estabelecer culpa ou responsabilidade, mas, sim, investigar as causas do acidente e emitir recomendações. Ao final da investigação, essas recomendações são endereçadas à autoridade nacional de segurança. Uma vez que não há preocupação em definir culpa ou responsabilidade, não há pressões ou interesses externos que poderiam induzir o direcionamento das investigações ou influenciá-las de alguma maneira.

Em verdade, os gestores de infraestrutura e as empresas ferroviárias também investigam acidentes, mas com diferentes escopos. Eles devem estabelecer seus Sistemas de Gestão de Segurança (SGS), o qual, de acordo com a Diretiva, deve conter procedimentos para garantir a notificação, o inquérito e a análise de acidentes, incidentes e outras ocorrências perigosas. Além disso, o SGS também deve conter medidas de prevenção.

Quanto à definição de acidente ferroviário, a Diretiva (UE) 2016/798 dispõe que acidente é um acontecimento súbito indesejado ou involuntário, ou uma cadeia de acontecimentos dessa natureza, com consequências danosas. Os acidentes dividem-se nas seguintes categorias: colisões, descarrilamentos, acidentes em passagens de nível,

acidentes com pessoas e material rodante em movimento, incêndios e outros.

Ressalta-se que a definição europeia diz que acidente é um evento indesejado e involuntário. Assim, os suicídios, a despeito de terem impactos muito negativos na ferrovia e na sociedade, por serem atos intencionais, não são tratados como acidentes. Já no Brasil, não se prevê essa separação, de modo que um suicídio é contabilizado como acidente.

Contudo, não é trivial definir se um atropelamento foi um suicídio ou não, especialmente em casos sem testemunhas e sem registros de imagens. Considerando essa dificuldade, os suicídios são definidos por uma autoridade competente – normalmente a polícia ou outra autoridade independente dos gestores de infraestrutura e das empresas ferroviárias (ERA, 2015).

6 | COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E UNIÃO EUROPEIA

Para analisar o desempenho de segurança ferroviária do Brasil e da União Europeia, optou-se por utilizar o índice de acidentes na unidade ‘acidente por milhão de trem.km’. A unidade ‘trem.km’ é o somatório das distâncias percorridas por todos os trens de carga, de serviço e de passageiros nas malhas ferroviárias em análise.

Para o Brasil, adotou-se a média dos índices das 12 concessionárias ferroviárias, extraídos da ANTT (2020c), enquanto que, para a Europa, adotou-se a média dos 28 países apresentados na plataforma ERAIL (2020), que inclui o Reino Unido, a Suíça e a Noruega, que, embora não pertençam à União Europeia, também registram e divulgam seus dados de acidentes ferroviários.

Conforme adiantado, na União Europeia os suicídios não são considerados acidentes, ao passo que aqui não se faz essa distinção. Assim, optou-se por apresentar tanto os índices de acidentes, quanto o de suicídios europeus. Os resultados são apresentados na Figura 5.

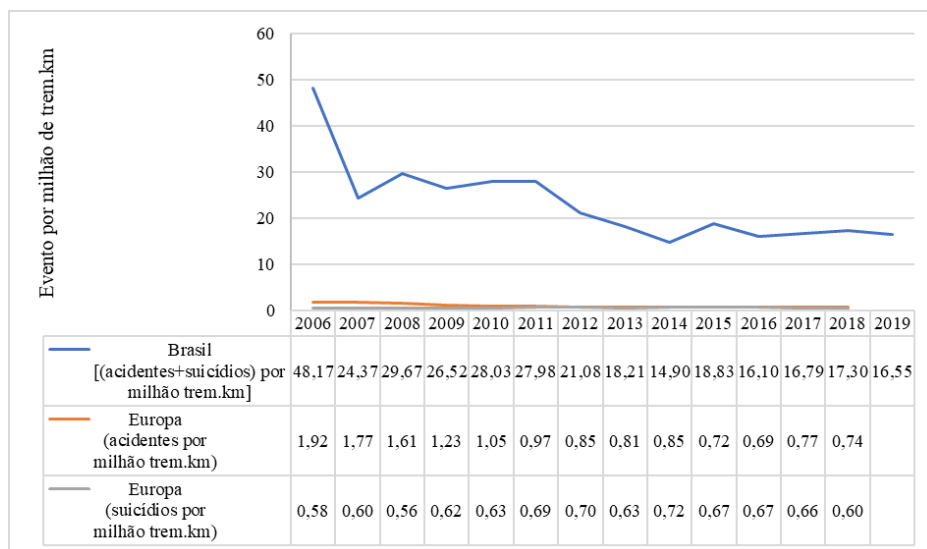


Figura 5: Desempenho de segurança ferroviária do Brasil e da Europa (ANTT, 2020c e ERAIL, 2020).

Observa-se que, no período analisado, houve uma melhora na performance de segurança do Brasil. Todavia, o desempenho de segurança brasileiro foi muito pior que o europeu, uma vez que o índice de acidentes no Brasil foi na ordem de 10 a 20 vezes superior à soma dos índices de acidentes e de suicídios na Europa.

Há diferenças entre as duas realidades que devem ser consideradas. Uma delas é que as ferrovias brasileiras são utilizadas em sua quase totalidade para o transporte de cargas, ao passo que as ferrovias europeias têm participação importante do transporte de passageiros (Cerbino *et al.*, 2019 e Miguel, 2018). Tomando como base de comparação a movimentação ferroviária na unidade ‘trem.km’, tem-se que, na Europa, cerca de 80% da movimentação corresponde ao transporte de passageiros e 20% ao transporte de cargas. Por outro lado, em números absolutos, em 2018, a movimentação de carga na Europa foi cerca de 837 milhões de trens.km, ao passo que no Brasil foi cerca de 74 milhões de trens.km, o que mostra que a movimentação de cargas na Europa é bastante significativa (ERAIL, 2020 e ANTT, 2020c).

Ainda assim, considerando a diferença de utilização do sistema ferroviário no Brasil e na Europa, também foi feita a comparação entre os índices europeus com os índices das duas ferrovias brasileiras que possuem transporte regular de passageiros: a Estrada de Ferro Carajás (EFC) e a Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM). Ressalte-se que essas duas ferrovias sempre estiveram entre as melhores ferrovias brasileiras no quesito segurança, inclusive, com os menores índices de acidentes nos últimos quatro anos dentre todas as concessionárias (ANTT, 2020c). Os resultados são apresentados na Figura 6.

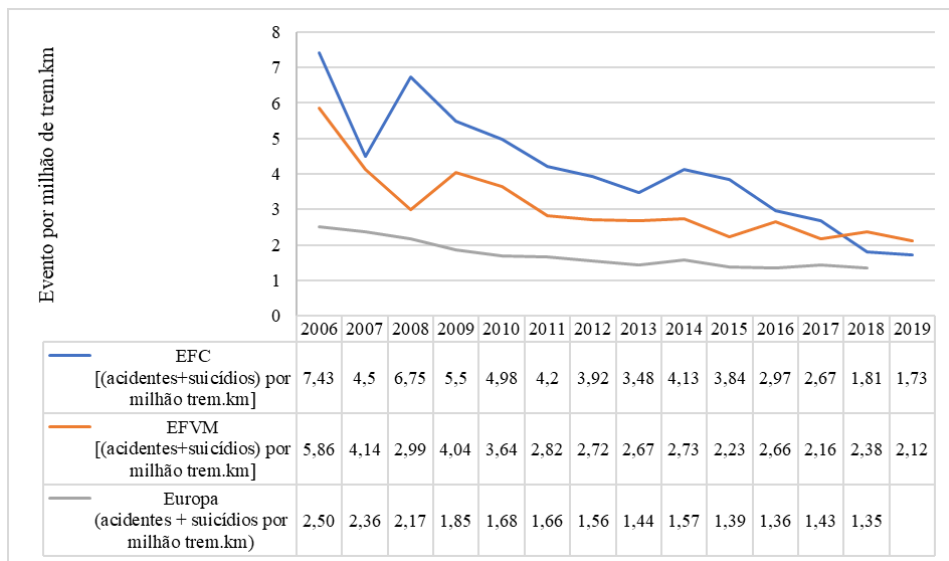


Figura 6: Desempenho de segurança ferroviária da EFC, da EFVM e da Europa (ANTT, 2020c e ERAIL, 2020).

Observa-se que, mesmo considerando apenas as duas melhores ferrovias brasileiras, os índices de acidentes ainda são superiores aos europeus. No período analisado, os índices da EFVM foram, em média, 80% superiores aos europeus, ao passo que os índices da EFC foram, em média, 2,5 vezes maiores que os da Europa.

Se há planos de aumentar a participação do modo ferroviário no Brasil, inclusive com a implantação de trens regionais de passageiros, deve-se ter em mente que o desempenho de segurança ainda está muito aquém do que poderia ser. A seguir, faz-se uma breve discussão.

De acordo com Daniellou *et al.* (2011), há dois pilares para a segurança: (i) a segurança baseada em regras, na qual se faz uma predefinição de respostas a situações previsíveis; e (ii) a segurança gerenciada, baseada na presença de expertise em tempo real, que permite identificar se os cenários foram previstos e, mesmo que não tenham sido, possibilita respostas adequadas.

Pode-se afirmar que os dois pilares da segurança são contemplados no modelo europeu. O primeiro pilar é contemplado pelos normativos técnicos emanados pelas autoridades nacionais de segurança e demais órgãos regulamentadores. Já o segundo pilar é contemplado no SGS, citado anteriormente, no qual os gestores de infraestrutura e os operadores ferroviários listam de modo mais compreensível possível os riscos que podem derivar de suas operações. Conhecendo-se os riscos, as companhias estipulam todas as medidas que acreditam ser adequadas para eliminá-los ou mitigá-los.

No Brasil, quanto ao primeiro pilar, cita-se que a normatização de critérios técnicos

é feita pela ANTT e pela ABNT. Quanto ao segundo pilar, observa-se que a Resolução ANTT nº 5.902/2020 deixou mais robusto o laudo de investigação dos acidentes graves ao exigir uma estruturação mínima e a qualificação do responsável por sua emissão. Assim, com laudos mais robustos, as concessionárias e a ANTT terão um melhor conhecimento das causas dos acidentes e terão melhores condições de adotar medidas para evitá-los ou mitigá-los. Todavia, ainda há espaço para avançar na segurança gerenciada, especialmente no que se refere ao gerenciamento de riscos que ainda não resultaram em acidentes graves. Diante disso, o SGS pode servir como modelo.

Um outro ponto importante a ser destacado é que, conforme exposto, a investigação dos acidentes ferroviários no Brasil é feita apenas pelas próprias concessionárias, e tem como objetivo definir suas causas e as responsabilidades. Por seu turno, na União Europeia, cada Estado-Membro possui um órgão independente de investigação, que, ao contrário das companhias e do Regulador, não está envolvido direta ou indiretamente no acidente.

Quanto mais isenta e independente for uma investigação, melhores serão seus resultados. Assim, infere-se que há uma lacuna na investigação de acidentes ferroviários no Brasil, uma vez que não há um organismo de investigação independente, com o objetivo de aprimorar a segurança, sem se preocupar em encontrar culpados ou responsáveis.

Com efeito, ao se observar o setor aéreo no Brasil, nota-se que há proximidade com o princípio adotado no setor ferroviário europeu, uma vez que há um organismo independente para investigação: o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) do Comando da Aeronáutica. Inclusive, o CENIPA (2020) deixa claro que todo procedimento judicial ou administrativo para determinar culpa ou responsabilidade de um acidente aeronáutico deve ser independente da sua investigação, em conformidade com a Convenção de Chicago, da qual o Brasil é signatário.

Em alguns países europeus, o mesmo organismo investiga acidentes ferroviários e aeronáuticos, aproveitando as sinergias dos procedimentos de investigação. Esse é o caso de Portugal, cuja função é desempenhada pelo Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves e de Acidentes Ferroviários – GPIAAF.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo procurou analisar aspectos relacionados a acidentes ferroviários ocorridos na malha federal concedida, comparando a experiência brasileira com a europeia. Destaca-se que há diferenças entre as duas malhas ferroviárias que devem ser levadas em conta, especialmente no tocante à utilização. Enquanto aqui a malha ferroviária é utilizada em sua quase totalidade para o transporte de cargas, na União Europeia há predominância do transporte de passageiros, ainda que a movimentação de cargas seja mais de dez vezes superior à brasileira.

Em números absolutos, o Brasil vem contabilizando a cada ano, em média,

845 acidentes ferroviários, com 216 feridos graves e 105 mortes. Com o anúncio e implementação de novos projetos ferroviários, a importância da segurança ferroviária, ainda pouco discutida, tende a ganhar ainda mais relevância.

Por certo, houve avanços importantes com a edição do novo normativo sobre o assunto: a Resolução ANTT nº 5.902/2020. Dentre eles, destacam-se o aprimoramento dos laudos de acidentes graves, visando tornar a investigação mais rigorosa, bem como o detalhamento das causas de acidentes, que visando contribuir para a identificação dos riscos. Assim, observa-se uma evolução no conceito de acidente ferroviário.

Todavia, ainda há espaço para avançar, visto que o Brasil vem apresentando índices relativos de acidentes na ordem de 10 a 20 maiores que a Europa. Mesmo considerando apenas as duas ferrovias brasileiras com transporte regular de passageiros, a Estrada de Ferro Carajás e a Estrada de Ferro Vitória a Minas, que também são as melhores em termos de segurança, os índices de acidentes são, em média, o dobro dos índices da Europa.

O Sistema de Gestão de Segurança europeu é um instrumento que tem se mostrado eficaz, possibilitando a segurança gerenciada, que complementa a segurança baseada em regras, e pode servir de modelo ao Brasil, especialmente no que tange ao gerenciamento de riscos.

Por fim, parece faltar um órgão brasileiro independente de investigação de acidentes ferroviários, com o objetivo de aprimorar a segurança, sem se preocupar em definir culpados e responsáveis. Na União Europeia, cada país possui um organismo nacional de inquérito que desempenha essa função. No Brasil, o setor aeronáutico também conta com um órgão com essa atribuição: o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA).

Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de aspectos humanos e organizacionais e dos custos dos acidentes, bem como que o sistema ferroviário brasileiro seja cotejado com sistemas voltados ao transporte de cargas, a exemplo dos sistemas norte-americano e australiano.

Agradecimentos

O autor agradece à ANTT e à ERA pela oportunidade de participar do intercâmbio entre as duas instituições. Ressalte-se que as análises e conclusões deste artigo refletem a opinião do autor e não necessariamente consistem em posicionamento institucional das Agências.

REFERÊNCIAS

ABNT (2010) **NBR 15868 – Acidente ferroviário – Classificação, comunicações e relatório**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ.

- Abreu, V. H. S. e Trindade, D. Q. L. (2019) **Um estudo cientométrico e sistemático sobre acidentes de pedestres em vias ferroviárias**. *Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, p. 3593-3604, ANPET, Balneário Camboriú, SC.
- ANTT (2019) **Declaração de Rede 2019**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, DF.
- ANTT (2020a) **Histórico das ferrovias**. Disponível em: < <https://www.antt.gov.br/historico-das-ferrovias>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- ANTT (2020b) **Mapa da malha ferroviária federal concedida**. Disponível em <<https://www.antt.gov.br/ferrovias>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- ANTT (2020c) **Anuário do Setor Ferroviário**. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, DF.
- CENIPA (2020) **O que é investigação?** Disponível em <<https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/investigacoes>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- Cerbino, F. S.; Seraco, I. P.; Donato, M. e Ratton Neto, H. X. (2019) **Diagnóstico do setor ferroviário brasileiro frente às expectativas com a renovação antecipada das concessões**. *Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, p. 2146-2157, ANPET, Balneário Camboriú, SC.
- Daniellou, F.; Simard, M.; Boissières, I. (2011) **Human and organizational factors of safety: a state of art**. Number 2011-01 of the Cahiers de la Sécurité Industrielle, Institute for an Industrial Safety Culture, Toulouse, France.
- ERA (2015) **Implementation Guidance for CSIs – Annex I of Directive 2004/49/EC as amended by Directive 2014/88/EU**. European Union Agency for Railways. Valenciennes, France.
- ERA (2020) **Rail accident investigation**. Disponível em: <https://www.era.europa.eu/activities/rail-accident-investigation_en>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- ERAIL (2020) **European Railway Accident Information Links**. Disponível em <<https://erail.era.europa.eu/>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- FRA (2011) **FRA Guide for preparing accident/incident reports**. Federal Railroad Administration, U.S. Department of Transportation. Vienna, VA, USA.
- Miguel, D. A. A. (2018) **Relatório do intercâmbio entre ANTT e ERA – Segurança Ferroviária**. Disponível em <<https://www.antt.gov.br/relacionamento-internacional>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- Ministério da Infraestrutura (2020). **Concessões – Carteira de projetos**. Disponível em <<https://antigo.infraestrutura.gov.br/concessoes/>>. Acessado em 6 de agosto de 2020.
- RFFSA (1984) **Ocorrência ferroviária – Terminologia e classificação – N-DSE.001**. Rede Ferroviária Federal S.A. Ministério dos Transportes. Rio de Janeiro, RJ.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes ferroviários 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38

Atributo conforto 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24

C

Ciclovias 12, 59, 61, 63

Cidade universitária 1, 3, 7, 8, 11, 13

Competitividade 40, 41, 42, 49, 50

Concessionárias ferroviárias 34

Coronavírus 52, 53, 54, 55, 60, 61, 62, 63

Custo de transporte brasileiro 45

Custos logísticos 40, 50

D

Desempenho 13, 14, 16, 17, 19, 24, 25, 26, 27, 34, 35, 36, 40, 45, 65

Deslocamentos 13, 52, 55, 60

E

EFVM 28, 35, 36

Emissões de GEE 1, 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 14

Estradas pavimentadas 42, 44

G

Gases de efeito estufa 1, 2

Global protocol for community 1, 2, 3, 14

GPC 2, 3, 4, 5, 6, 11, 13, 14

I

Impacto 30, 31, 44, 52

Indicadores 16, 17, 19, 24, 25, 45, 65

Índice de desempenho logístico 45

Índice de eficiência logística 45

Índices de eficiência 40, 49

Infraestrutura de transporte 40, 41, 42, 49, 50, 51

Isolamento social 54, 56, 57, 58

L

Lições 30, 52, 53, 57, 58, 60, 61, 64

M

Metrô do Rio de Janeiro 14, 16, 17, 20, 21, 22, 24, 25, 65

Micromobilidade 54, 58

Minério de ferro 41, 49, 50

Mobilidade urbana 52, 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 63

N

Nível BASIC 4, 7, 8, 13

O

Operação 16, 17, 18, 20, 21, 22, 49, 65

P

Programação da oferta 17, 18

R

Regulação 26

S

Segurança ferroviária 26, 29, 33, 34, 35, 36, 38, 39

Sistema de gestão de segurança 26, 38

Sistema ferroviário federal brasileiro 27

Sistemas metroviários 16, 17, 18, 19, 20, 24

T

Taxa de lotação dos trens 16, 20, 21, 22, 24

Transporte aéreo 5, 6, 8

Transporte aquaviário 5, 8

Transporte ferroviário 5, 8

Transporte fora de estrada 5, 6, 8

Transporte público 18, 25, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65

Transporte rodoviário 5, 8, 12, 42

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA DE TRANSPORTES



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021