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

Atena Editora
Ano 2021

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª 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
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Atena Editora
Ano 2021

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 Federacl 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

Atena Editora
Ano 2021

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 Gonçalo 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 DrªFernanda 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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro 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 Andreza 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

Atena Editora
Ano 2021

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 Britto 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/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
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 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
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

Atena Editora
Ano 2021

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. Sulivan 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

Atena Editora
Ano 2021

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 Coleção desafios das engenharias: engenharia de transportes / Organizador Carlos Eduardo Sanches de Andrade. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

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

1. Engenharia de transportes. I. Andrade, Carlos Eduardo Sanches de (Organizador). II. Título.
CDD 629.04

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

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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.

Atena Editora
Ano 2021

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.

Atena Editora
Ano 2021

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

CAPÍTULO 1

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

Data de aceite: 01/07/2021

Victor Hugo Souza de Abreu
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE)

Andrea Souza Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE)

RESUMO: Este artigo tem como objetivos estimar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), no âmbito dos transportes, na Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por meio do Protocolo Global para Inventários de GEE na Escala de Comunidade, e propor medidas para a redução dessas emissões a partir dos dados do inventário. Os resultados indicam que as emissões de GEE, relativas ao setor de transportes, totalizaram 2.006,09 tCO_2Eq/ano, no ano de 2018, e 1.797,33 tCO_2Eq/ano, no ano de 2019. Embora tenha havido uma diminuição de cerca de 10% das emissões de 2018 para 2019, acredita-se que seja necessário investir em medidas que busquem reduzir ainda mais essas emissões, tais como: maior incentivo à utilização do transporte ativo (transporte por bicicleta, por exemplo); eletrização da frota de ônibus interno; e utilização de um aditivo de combustível na frota de veículos leves.
PALAVRAS-CHAVE: Emissão de Gases de Efeito Estufa; Setor de Transportes.

ABSTRACT: This paper aims to estimate Greenhouse Gases (GHG) emissions, in the transport scope, in the University City of the Federal University of Rio de Janeiro using the Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories and propose measures to reduce these emissions from the inventory data. The results indicate that GHG emissions, relating to the transport sector, totaled 2,006.09 tCO_2Eq/year, in 2018, and 1,797.33 tCO_2Eq/year, in 2019. Although there was a decrease of about 10% in emissions from 2018 to 2019 it is believed that it is necessary to invest in measures that seek to further reduce these emissions, such as: greater incentive to use active transportation (bicycle transportation, for example); electrification of the internal bus fleet; and use of a fuel additive in the light vehicle fleet.
KEYWORDS: Greenhouse Gas Emissions; Transport Sector.

1 I INTRODUCÃO

Nas últimas décadas, tem havido esforços mútuos globalizados para superar as graves questões ambientais e aumentar a percepção pública da poluição. Um dessas preocupações refere-se às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) decorrentes da queima de combustíveis fósseis (SIM *et al.*, 2013). A intensificação das emissões de GEE faz com que parte desses raios solares não volte para o espaço, ocasionando a elevação da temperatura

média do planeta, provocando o aquecimento global e as mudanças climáticas (IPCC, 2007). O poder de aquecimento de um gás é influenciado pelas suas características e sua abundância. Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e três grupos de gases fluorados, que são o hexafluoreto de enxofre (SF_6), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs) (SIM *et al.*, 2013).

Embora o aumento das emissões de GEE possa estar associado a sistemas climáticos caóticos não lineares (Silva & Paula, 2009), as emissões antropogênicas de GEE, conduzidas majoritariamente pelo crescimento econômico e populacional são as principais responsáveis pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas (IPCC, 2007; 2013; 2014a, 2018). As emissões de CO_2, por exemplo, estão associadas ao uso de combustíveis fósseis e às mudanças de uso do solo, o CH_4 provém de atividades agrícolas e da queima de combustíveis fósseis, enquanto as emissões de N_2O devem-se principalmente à agricultura (IPCC, 2007).

Especialmente, devido à sua abundância, o CO_2 é o mais crítico de todos os GEE, sendo o responsável pela maior contribuição para o aquecimento global. Por isso é utilizado como referência em termos de poder de aquecimento por meio de uma medida denominada de Potencial de Aquecimento Global (do inglês, *Global Warming Potential* – GWP). Em relação ao CO_2, considerado de valor unitário, o CH_4 tem valor 28 e o N_2O tem valor 265, em um tempo de 100 anos de permanência na atmosfera (IPCC, 2014b).

A consciência ambiental vem crescendo em todo mundo, e os governos vêm implantando políticas de estímulo à redução das emissões de GEE (ANDRADE, 2016). Com a crescente atenção mundial sobre essas emissões, os tomadores de decisão buscam averiguar as questões ambientais e implementar metodologias de medição e sistemas de gerenciamento de emissões de GEE. Uma das metodologias mais utilizadas atualmente para estimar as emissões de GEE é a proposta pelo *World Business Council for Sustainable Development* e *World Resources Institute*, o Protocolo de Gases do Efeito Estufa (do inglês, *Greenhouse Gas Protocol* – GHG *Protocol*), que para o nível de cidade tem um padrão de estimativas de emissões denominado Protocolo Global para Inventários de GEE na Escala de Comunidade (do inglês, *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories* - GPC).

O monitoramento da tendência das emissões de GEE urbanas ao longo do tempo, por meio da metodologia do Protocolo GHG, possibilita analisar o progresso da região sob análise da redução de suas emissões (FRY *et al.*, 2018) e planejar estratégias de mitigação e adaptação às mudanças do clima (LOMBARDI *et al.*, 2017). No Brasil, por meio do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, essa metodologia está sendo disseminada entre as empresas e instituições de ensino (GHG PROTOCOL BRASIL, 2010).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), primeira universidade do Brasil, hoje em dia é classificada como uma das maiores e melhores universidades do país e

do mundo (UFRJ, 2019). Em seu campus principal, a Cidade Universitária, circulam mais de 100 mil pessoas/dia, onde estudam mais de 40 mil alunos, em aproximadamente 130 cursos. Apesar da grande contribuição acadêmica, técnica e científica que a universidade proporciona, sua pressão ambiental também é grande. Ciente disso, a UFRJ planeja desenvolver um projeto que propõe mitigar, ou compensar, as emissões decorrentes de suas atividades na Cidade Universitária até o ano de 2030. O movimento se alinha à iniciativa de diversas universidades pelo mundo, as quais buscam aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável dentro de suas atividades administrativas e acadêmicas. E, com isso, formar os futuros tomadores de decisão dentro de um ambiente socioambiental responsável.

Para alcançar esses resultados, considera-se necessário, primeiramente, elaborar um inventário de emissões de GEE, que é fundamental para mensurar o nível de emissão desses gases, e identificar os principais agentes e setores que contribuem para essas emissões. Nesse sentido, este artigo busca servir a esse propósito ao estimar as emissões de GEE ocorridas no *campus* da Cidade Universitária da UFRJ, por meio da aplicação da Metodologia GPC, para os anos de 2018 e 2019, especificamente para o setor de transportes, que é um dos principais emissores de GEE. Além disso, diante dos resultados também são propostas medidas para mitigar essas emissões.

Para atingir seus objetivos, este estudo está estruturado da seguinte forma. A Seção 1 apresenta a contextualização do assunto, o problema e os objetivos da pesquisa. A Seção 2 trata da descrição da Metodologia GPC. A Seção 3 descreve como se deu o processo para obtenção dos resultados. A Seção 4 apresenta e discute os resultados e indica possíveis medidas de mitigação das emissões de GEE. Finalmente, a Seção 5 contém as considerações finais.

2 | METODOLOGIA

Este artigo foi desenvolvido com base na Metodologia GPC - *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories* (Protocolo Global para Inventários de GEE na Escala de Comunidade, em tradução livre) (FONG *et al.*, 2014). O GPC tem como base os manuais para inventários de GEE, em escala nacional, publicados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, adaptando-os para a escala local ou subnacional. Além disso, ele foi desenvolvido de maneira a permitir a comparação e agregação de inventários entre diferentes locais (cidades, estados etc.).

Nessa metodologia as emissões devem ser relatadas por gás, escopo, setor e subsetor e o total deve ser calculado a partir de duas abordagens distintas, mas complementares: (i) por escopo; e (ii) emissões induzidas pela cidade, ou seja, atribuíveis às atividades que ocorrem dentro do limite geográfico da cidade (ou local) em análise.

A abordagem por escopo permite diferenciar as emissões relacionadas às atividades

de uma cidade, mas que podem ocorrer tanto dentro de sua fronteira, inclusive, quanto fora dela. As emissões são categorizadas em três diferentes escopos, tal que: o escopo 1 engloba as emissões que ocorrem fisicamente na cidade (também chamado de escopo territorial); o escopo 2 se refere às emissões a partir do uso de uso de eletricidade, vapor, aquecimento, e/ou resfriamento fornecidos pelo sistema elétrico – no caso do Brasil, o Sistema Interligado Nacional (SIN) –, e que podem ou não cruzar o limite geográfico da cidade; enquanto o escopo 3, por sua vez, engloba as emissões que ocorrem fisicamente fora do limite geográfico estipulado para cidade. Na Figura 1 é apresentada uma ilustração da categorização por escopos de diferentes atividades emissoras de GEE que podem ocorrer em uma cidade.

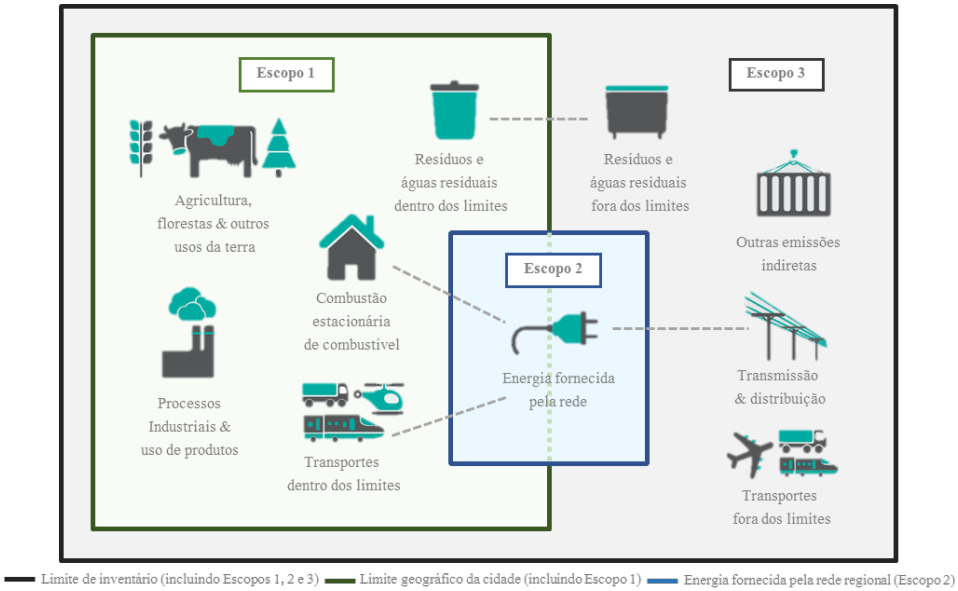


Figura 1: Descrição da divisão de emissões por escopo, extraído do manual GPC.

Fonte: Adaptado a partir de FONG *et al.* (2014).

Já a abordagem por emissões induzidas pela cidade permite que seja adotado entre um e dois possíveis níveis de relatório: *BASIC* ou *BASIC+*, vide Tabela 1. O nível *BASIC* abrange as emissões de energia estacionária e transporte, contemplados em ambos os escopos 1 e 2, bem como, as emissões provenientes de resíduos contempladas nos escopos 1 e 3. O nível *BASIC+*, por sua vez, engloba o escopo no nível *BASIC*, e inclui também as emissões do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), de Agropecuária, Florestas e Uso do Solo (AFOLU), dos meios de transporte que cruzam o limite geográfico da cidade (escopo 3 de transporte), e das perdas de transmissão e distribuição de energia (escopo 3 de energia estacionária).

Setores	Níveis de relatório
Energia Estacionária	*BASIC*/ *BASIC+*
Transporte	*BASIC*/ *BASIC+*
Resíduos	*BASIC*/ *BASIC+*
IPPU	*BASIC+*
AFOLU	*BASIC+*

Tabela 1: Categorização dos diferentes setores nos dois possíveis níveis de relatório.

Fonte: Adaptado a partir de FONG *et al.*, 2014.

De acordo com o GPC, o setor denominado 'Transporte', foco desse estudo, pode ser dividido em cinco subsetores: (2.1) Transporte Rodoviário; (2.2) Transporte Ferroviário; (2.3) Transporte Aquaviário; (2.4) Transporte Aéreo; e (2.5) Transporte Fora de Estrada. Esses subsetores podem ainda ser divididos em diferentes categorias, conforme pode ser identificado na Tabela 2. Salienta-se que a numeração das fontes de emissão, primeira coluna, está de acordo com o estabelecido por FONG *et al.* (2014). Cabe destacar ainda que a Coluna Número (Nº) se refere ao identificador das fontes de emissões utilizada na Metodologia GPC.

Nº	Escopo	Fonte de Emissão GEE (por setor, subsetor e categoria)
2	-	TRANSPORTES
2.1	-	Transporte Rodoviário
2.1.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte rodoviário, que ocorrem dentro dos limites da cidade
2.1.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte rodoviário
2.1.3	3	Emissões de parte das viagens transfronteiriças que ocorrem fora dos limites da cidade e perdas de transmissão e distribuição decorrentes do consumo de energia fornecido pela rede
2.2	-	Transporte Ferroviário
2.2.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte ferroviário, que ocorrem dentro dos limites da cidade
2.2.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte ferroviário
2.2.3	3	Emissões de parte das viagens transfronteiriças que ocorrem fora dos limites da cidade e perdas de transmissão e distribuição decorrentes do consumo de energia fornecido pela rede
2.3	-	Transporte Aquaviário
2.3.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte aquaviário, que ocorrem dentro dos limites da cidade
2.3.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte aquaviário
2.3.3	3	Emissões de parte das viagens transfronteiriças que ocorrem fora dos limites da cidade e perdas de transmissão e distribuição decorrentes do consumo de energia fornecido pela rede

Nº	Escopo	Fonte de Emissão GEE (por setor, subsetor e categoria)
2.4	-	Transporte Aéreo
2.4.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte aéreo, que ocorrem dentro dos limites da cidade
2.4.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte aéreo
2.4.3	3	Emissões de parte das viagens transfronteiriças que ocorrem fora dos limites da cidade e perdas de transmissão e distribuição decorrentes do consumo de energia fornecido pela rede
2.5	-	Transporte Fora de Estrada
2.5.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte fora de estrada, que ocorrem dentro dos limites da cidade
2.5.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte fora de estrada

Tabela 2: Transporte - Subsetores e categoria de acordo com o GPC.

Fonte: Adaptado a partir de FONG *et al.* (2014).

Ressalta-se ainda que há um modelo de relatório padrão a ser seguido, tanto para os setores e subsetores a serem abordados, quanto para os gases que devem ser considerados. No entanto, há casos em que os dados não estão disponíveis, ou em que o modelo não se enquadra na realidade da cidade. Nesses casos, há um padrão de notação que deve ser usado no inventário, e seguido de uma justificativa para exclusão de algum setor, subsetor ou gás, ou contabilização parcial deles. Essas notações foram definidas pelo IPCC, e são mostradas na Tabela 3.

Notação	Descrição
IE	Emissão incluída em outra categoria (*Included Elsewhere*)
NE	Emissão existe, mas não foi estimada (*Not Estimated*)
NO	Atividade não ocorre na cidade (*Not Occurring*)
C	Confidencial (*Confidential*)

Tabela 3: Notações para os dados.

Fonte: Adaptado de IPCC (2006).

Ainda, é necessário informar todas as fontes de dados usadas, bem como, todas as premissas adotadas, a fim de estimar as emissões dos GEE, seja no dimensionamento, na extrapolação ou no modelo, de maneira a garantir total transparência dos dados. Para classificar a precisão e a complexidade da metodologia para cálculo dos fatores de emissões e da aquisição dos dados, o IPCC utiliza o conceito de *Tier* (camadas) (IPCC, 2006), conforme exposto na Tabela 4.

Tiers	Descrição
1 (básico)	Dados provenientes de estatísticas nacionais ou internacionais, e fatores padrões. Qualquer cidade pode aplicar.
2 (intermediário)	Similar ao *Tier* 1, mas com fatores específicos do país.
3 (complexo)	Utiliza modelos e fatores específicos da tecnologia, e medidas.

Tabela 4: *Tier* - classificação.

Fonte: Adaptado de IPCC (2006).

Além disso, também é proposta uma classificação com base no grau de detalhamento em que os dados refletem a localização geográfica da atividade, o tempo ou a idade da atividade e qualquer tecnologia utilizada, o limite de avaliação e a fonte de emissão, e se os dados foram obtidos de fontes confiáveis e verificáveis, conforme exposto na Tabela 5.

Qualidade do dado	Dados das atividades	Fator de emissão
Alta (H, do inglês *High*)	Dados detalhados	Fatores de emissão específicos
Média (M, do inglês *Medium*)	Dados modelados, usando suposições robustas	Fatores de emissão gerais
Baixa (L, do inglês *Low*)	Dados modelados de maneira incerta	Fatores de emissão padrão

Tabela 5: Qualidade dos dados - classificação.

Fonte: Adaptado de IPCC (2006).

3 I APLICAÇÃO

Os sistemas de transporte urbano são projetados para deslocar pessoas e mercadorias dentro e além das fronteiras da cidade. Veículos e equipamentos ou máquinas móveis produzem emissões de GEE diretamente, queimando combustível, ou indiretamente, consumindo eletricidade fornecida pela rede.

Para o nível *BASIC* deve-se reportar todas as emissões de GEE da combustão de combustíveis, no âmbito dos transportes, que ocorrem dentro do limite da cidade, no escopo 1, e as emissões de GEE da eletricidade fornecida pela rede utilizada para o transporte dentro do limite da cidade, no escopo 2. Além disso, se a análise for do nível *BASIC+*, também devem ser consideradas as emissões associadas ao transporte transfronteiriço, no escopo 3. Nesse sentido, um resumo das premissas adotadas para estimativa das emissões de GEE, no âmbito dos transportes, na Cidade Universitária da UFRJ é apresentado na Tabela 6.

Nº	Escopo	Fonte de Emissão GEE (por setor, subsetor e categoria)	Notação dados
2	-	TRANSPORTES	-
2.1		Transporte Rodoviário	-
2.1.1	1	Emissões oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte rodoviário, que ocorrem dentro dos limites da cidade	
2.1.2	2	Emissões provenientes de energia consumida da rede, dentro dos limites da cidade, para o transporte rodoviário	NO
2.1.3	3	Emissões de parte das viagens transfronteiriças que ocorrem fora dos limites da cidade e perdas de transmissão e distribuição decorrentes do consumo de energia fornecido pela rede	NE
2.2	-	Transporte Ferroviário	NO
2.3	-	Transporte Aquaviário	NO
2.4	-	Transporte Aéreo	NO
2.5	-	Transporte Fora de Estrada	NO

Tabela 6: Transporte - Subsetores e categorias da Cidade Universitária da UFRJ.

Fonte: Adaptado a partir de FONG *et al.* (2014).

De acordo com a Tabela 6, tem-se que, no contexto da Cidade Universitária da UFRJ, os subsetores (2.2) a (2.5) não se aplicam, pois são atividades que não ocorrem no perímetro em análise e, por isso, foram identificados com a notação 'NO' (*Not Occurring*). Analisando as categorias do subsetor (2.1) tem-se que: atividades relacionadas à emissão em (2.1.2) não ocorrem na cidade, dessa forma, também foram identificadas com a notação 'NO'; e atividades relacionadas à emissão em (2.1.3) não foram consideradas por fazerem parte somente do nível *BASIC+* (não do nível *BASIC*), dessa forma, utilizou-se a notação 'NE' (*Not Estimated*). Sendo assim, para o caso da Cidade Universitária da UFRJ, as emissões contabilizadas associadas ao setor 'Transporte' são oriundas da combustão de combustíveis, no âmbito do transporte rodoviário, que ocorrem dentro dos limites da cidade.

As emissões provenientes das fontes do subsetor 'Transporte Rodoviário' são calculadas multiplicando seus dados de consumo por tipo de combustível pelo fator de emissão correspondente, considerando uma parcela de combustível fóssil e outra parcela de biocombustível, caso haja. Nesse sentido, as próximas subseções descrevem detalhadamente os procedimentos adotados para estimar as emissões de GEE, no âmbito dos transportes, da Cidade Universitária da UFRJ.

3.1 Determinação da quantidade de combustível consumido

O total de combustível consumido foi obtido por meio de dados, disponibilizados pela Prefeitura Universitária, relativos à frota própria da UFRJ (que utiliza etanol, gasolina e diesel) e da linha de ônibus circular interno (que utiliza apenas diesel). Para cálculo do

combustível consumido considerou-se a Equação 4.1:

$$C_i = \sum c_i \quad (1)$$

Onde:

- i = Tipo de combustível [adimensional];
- C= Combustível consumido total [L];
- c= Combustível consumido unitário [L];

Nota-se, com a Equação 1, que a quantidade de combustível consumido é determinada para cada tipo de combustível considerado na pesquisa (ou seja, etanol, gasolina e diesel). Isso ocorre porque o fator de emissão, apresentado na Subseção 3.2, é definido para cada tipo de combustível.

3.2 Determinação dos fatores de emissão de GEE

Basicamente, os fatores de emissão de GEE utilizados para essas estimativas foram obtidos por meio da ferramenta disponibilizada pelo GHG *Protocol* Brasil. Nesse sentido, a Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam os fatores de emissão separados, respectivamente, por tipo de combustível fóssil e biocombustível.

Combustível	Unidade	Fatores de Emissão (kg GEE/un.)		
		CO_2	CH_4	N_2O
Gasolina Automotiva (pura)	l	2,212	0,0008	0,00026
Óleo Diesel (puro)	l	2,603	0,0001	0,00014
Gás Natural Veicular (GNV)	m³	1,999	0,0034	0,00011
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	kg	2,932	0,0029	0,00001
Óleo Combustível	l	3,106	0,0004	0,00002

Tabela 7: Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis em fontes móveis.

Fonte: Elaboração própria.

Combustível	Unidade	Fatores de Emissão (kg GEE/un.)		
		CO_2	CH_4	N_2O
Etanol Hidratado	l	1,457	0,0004	0,00001
Biodiesel (B100)	l	2,431	0,0003	0,00002
Etanol Anidro	l	1,526	0,0002	0,00001

Tabela 8: Fatores de emissão por utilização de biocombustível em fontes móveis.

Fonte: Elaboração própria.

Como podem ser observados, os fatores de emissão para fontes móveis devem ser estimados considerando uma parcela de combustível fóssil e outra de biocombustível, caso haja, presente em cada tipo de combustível. Além disso, destacam-se os fatores de emissão apresentados na Tabela 7 e na Tabela 8 que foram convertidos para kg GEE/un., de modo a facilitar os cálculos de emissão de GEE.

3.3 Determinação da quantidade de Emissão de GEE

As estimativas de emissão de GEE, realizadas nesse artigo, conforme já discutido anteriormente, baseiam-se na quantidade de combustível consumido e nos fatores de emissão, conforme pode ser identificado na Equação 2.

$$E = \sum \frac{FE_{ij} . \%_j . C_i + FE_{ik} . \%_k . C_i}{1000} \quad (2)$$

Onde:

- i = Tipo de combustível [adimensional];
- j = Tipo de combustível fóssil de [adimensional];
- k = Tipo de biocombustível de [adimensional];
- % = porcentagem [adimensional];
- E = Emissão por tipo de GEE [ton GEE];
- FE = Fator de Emissão de GEE [kg GEE/l];
- C = Combustível consumido total [l];

Com a Equação 2, nota-se que se faz necessário determinar, quais e em que proporção, são os combustíveis fósseis e biocombustíveis, caso haja, por cada tipo de combustível analisado nesse inventário, conforme apresentado na Tabela 9.

Combustível	Sustâncias	P[1] 2018	P[1] 2019
Gasolina Comum	Gasolina Automotiva (pura)	73%	73%
	Etanol Anidro	27%	27%
Etanol	Etanol Hidratado	100%	100%
Óleo Diesel Comercial	Óleo Diesel (puro)	92%	92%
	Biodiesel (B100)	8%	8%

Nota: (1) Prefere-se as proporções das substâncias contidas em cada combustível analisado.

Tabela 9: Parcela de combustível fóssil e de biocombustível de cada combustível analisado por ano.

Fonte: Elaboração própria.

3.4 Determinação da quantidade de emissão de CO_2 equivalente

Para o CH_4 e o N_2O, os resultados da Equação 4.2 são multiplicados pelo GWP correspondente, conforme já mencionado na Seção 1. Assim, a quantidade de emissão de CO_2 equivalente é obtida de acordo com a Equação 3.

$$E_{CO_2\,Eq} = E_{C_2O} + 28\,.\,E_{CH_4} + 265\,.\,E_{N_2O} \quad (3)$$

4 I RESULTADOS

Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados obtidos com a aplicação da Metodologia GPC para estimativa das emissões de GEE, oriundas do setor de transportes da Cidade Universitária da UFRJ, referente aos anos de 2018 e 2019. Nesse sentido, na Tabela 10 são apresentados os consumos de combustível, por tipo, referente aos anos de 2018 e 2019, respectivamente.

Combustível	L/ano 2018	L/ano 2019
Gasolina	164346,92	151169,65
Etanol	6427,96	7141,36
Diesel	628742,40	558103,57
Total	**799517,28**	**716414,57**

Tabela 10: Consumo de combustível por ano.

Conforme nota-se na Tabela 10, o consumo de diesel, tanto em 2018, quanto em 2019, foi bem superior aos demais tipos de combustíveis. Isso se dá pela expressiva participação dos ônibus de circulação interna, destinados a movimentação de alunos e funcionários pelos centros de ensino espalhados pelo Campus da Cidade Universitária. Além disso, menciona-se a pequena participação do etanol. Isso demostra que a universidade não é capaz de aproveitar o grande potencial do país na produção desse tipo de combustível, mesmo grande parte dos veículos, que compõem a frota, apresentando motor *flex*, o que permite tanto o uso de gasolina, quanto de etanol.

Com os consumos de combustível, por tipo, presentes na Tabela 10, e seguindo os passos apresentados na Seção 3, é possível determinar a emissão de GEE por ano, no âmbito dos transportes, conforme identificado nas Tabelas 11 e 12 que correspondem aos anos de 2018 e 2019, respectivamente.

Combustível	tCO_2/ano 2018	tCH_4/ano 2018	tN_2O/ano 2018	tCO_2Eq/ano 2018
Gasolina	333,10	0,1068	0,0316	344,46
Etanol	9,37	0,0025	0,0001	9,46
Diesel	1627,96	0,0968	0,0811	1652,18
Total	**1970,43**	**0,2061**	**0,1128**	**2006,09**

Tabela 11: Emissão de GEE referente ao ano de 2018.

Combustível	tCO_2/ano 2019	tCH_4/ano 2019	tN_2O/ano 2019	tCO_2Eq/ano 2019
Gasolina	308,46	0,1000	0,0298	319,16
Etanol	10,40	0,0027	0,0001	10,51
Diesel	1446,02	0,0849	0,0727	1467,66
Total	**1764,89**	**0,1876**	**0,1026**	**1797,33**

Tabela 12: Emissão de GEE referente ao ano de 2019.

Com as Tabelas 11 e 12 nota-se, além da expressiva participação do diesel nas emissões de GEE, o que já era de se esperar por causa de sua elevada contribuição para o consumo de combustível, que de 2018 para 2019 houve uma queda de 2006,09 tCO_2Eq/ano para 1797,33 tCO_2Eq/ano, ou seja, ocorreu uma redução de 10% das emissões de GEE.

Salienta-se que para estimar as emissões de GEE do subsetor 'Transporte Rodoviário', aplicou-se o *Tier* 2 para CO_2 e o *Tier* 1 para N_2O e CH_4. Isso ocorre porque para fontes móveis, tratando-se das emissões de N_2O e CH_4, existe a necessidade de um maior nível de informação, como tipo do veículo e tipo de tecnologia utilizada para o controle das emissões. Além disso, a qualidade dos dados foi alta (H, do inglês *High*) porque os dados são detalhados com Fatores de Emissão obtidos pelo Ministério do Meio Ambiente e pela ferramenta GHG *Protocol* Brasil.

A partir da obtenção dos dados das estimativas, parte-se para a avaliação de opções de mitigação das emissões de GEE. Nesse sentido, acredita-se que, como uma possível medida, pode-se mencionar um maior incentivo ao uso do transporte ativo, mais especificamente ao transporte não motorizado por bicicleta, aproveitando o traçado das ciclovias já existentes na região e as bicicletas disponibilizadas pelo Projeto "Integra UFRJ – compartilhamento de bicicletas e carros elétricos" do Fundo Verde, para viagens entre os centros de ensino, principalmente para aquelas com percurso inferior a 2 km. Isso reduziria a utilização dos ônibus internos que são os maiores consumidores de diesel. Para isso, faz-se necessário que seja realizada uma propaganda mais intensiva em busca de novos adeptos à utilização das bicicletas, bem como fornecimento de benefícios, como horas de atividades extracurriculares ou descontos em restaurantes da universidade, aos praticantes

mais assíduos, ou seja, aqueles que fazem mais uso das bicicletas em seus deslocamentos diários entre os centros de ensino da universidade.

Outra medida de mitigação das emissões de GEE, no âmbito dos transportes, e provavelmente a mais efetiva, é a eletrização da frota de ônibus interno. Essa medida acarretaria uma minimização significativa no consumo de diesel e, consequentemente, de emissões de GEE. Isso porque, a frota de ônibus, consumidora de diesel, representou 72% e 79% das emissões de GEE referentes ao ano de 2018 e 2019, respectivamente. Entretanto, cabe mencionar que essa medida exige investimentos expressivos que podem, em curto prazo, serem inviabilizados devido a limitação dos recursos disponíveis na UFRJ. Além disso, torna-se importante fazer alusão a eventuais emissões de GEE por utilização de veículos elétricos (direta e/ou indiretamente).

Outra medida que pode ser mencionada é a utilização de um combustível de transição energética, que se baseia na incorporação de um aditivo, denominado *Green Plus*, no combustível, que melhora o desempenho dos veículos em até 7% (*Superb Crew*, 2020). O *Green Plus* é uma espécie de catalizador que funciona ao nível molecular para levemente "desaglomerar" complexos moleculares de hidrocarboneto - é completamente miscível a todos os combustíveis com base de hidrocarboneto - e permite que o oxigênio alcance o combustível e reaja mais facilmente. O fato de melhorar o processo de combustão resulta em um "efeito dominó positivo" – isto é, em uma queima mais completa, mais linear e mais fria. Isto em consequência, adiciona mais força, mais torque, melhor economia de combustível e menor emissão de substâncias prejudiciais.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades antrópicas em todo o mundo relacionadas com a produção, consumo e o uso de energia, principalmente para os transportes, são as principais responsáveis pelo aumento das emissões de GEE, que intensificam o fenômeno do aquecimento global e, consequentemente, as mudanças climáticas. Isso motiva os tomadores de decisão a estimarem essas emissões e, a partir disso, implantarem ações de mitigação, em vários setores, incluindo o de transportes.

Servindo a esse propósito, este artigo teve como objetivos estimar as emissões de GEE, no âmbito dos transportes, na Cidade Universitária da UFRJ por meio da Metodologia GPC e propor medidas de mitigação dessas emissões a partir dos resultados encontrados. Salienta-se que essas estimativas foram feitas com base no nível *BASIC,* que no setor de transportes engloba os escopos 1 e 2.

Os resultados indicam que as emissões de GEE, no âmbito dos transportes, da Cidade Universitária da UFRJ foi de 2006,09 tCO_2Eq/ano, no ano de 2018, e 1797,33 tCO_2Eq/ano, no ano de 2019. Embora tenha havido uma diminuição de cerca de 10% das emissões de 2018 para 2019, acredita-se que seja necessário investir em medidas que

busquem reduzir a trajetória dessas emissões, tais como: (i) um maior incentivo à utilização do transporte não-motorizado por bicicleta; (ii) eletrização da frota de ônibus interno; e (iii) utilização de um combustível de transição energética nos veículos da frota da UFRJ. Salienta-se que essas propostas não excluem a existência de outras, de igual importância, que podem ter ficado de fora das considerações.

O desenvolvimento deste artigo visa contribuir com as discussões e no planejamento para uma gestão estratégica das emissões de GEE em *campi* universitários. Para isso, é importante realizar estimativas ou inventários de emissões de GEE e atualizar os dados anualmente, de forma a ser possível a obtenção de uma série histórica e facilitar uma avaliação do desempenho e sobre o alcance de metas de redução de emissões estabelecidas.

REFERÊNCIAS

Andrade, C. E. S. (2016). *Avaliação da Emissão de Dióxido de Carbono e do Uso de Energia no Ciclo de Vida de Sistemas Metroferroviários de Passageiros: Aplicação na Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro.* Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/teses/Tese_Carlos__Andrade_08-07-2016.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. The National Greenhouse Gas Inventories Programme.

Fry, J.; Lenzen, M.; Jin, Y.; Wakiyama, T.; Baynes, T.; Wiedmann, T.; Malik, A.; Chen, G.; Wang, Y.; Geschke, A.; & Schandl, H. (2018). Assessing carbon footprints of cities under limited information. *Journal of Cleaner Production,* v. 176, p. 1254-1270.

Fong, W. K. *et al.* (2014). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities.* Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP_GPC_0.pdf.

GHG Protocol Brasil. (2019). *Programa Brasileiro GHG Protocol.* Disponível em: https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2014a). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva and Switzerland.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2014b). *Climate Change 2014: Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2018). *Climate Change 2018: Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.* In Press.

Lombardi, M.; Laiola, E.; Tricase, C.; & Rana, R. (2017). Assessing the urban carbon footprint: An overview. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 66, p. 43-52.

Silva, R. W. C., & Paula, B. L. (2009). Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. *Terra e Didática*, v. 5, n. 1, p. 42-49.

Sim, S., Oh, J., & Jeong, B. (2013). Measuring greenhouse gas emissions for the transportation sector in Korea. *Annals of Operations Research*, v. 230, n. 1, p. 129–151. doi:10.1007/s10479-013-1452-y

Superb Crew. (2020). *Biofriendly Provides A 7% Reduction in Greenhouse Gases with Green Plus, The World's Only UN Eco-Labeled Energy Transition Fuel Additive.* Disponível em: https://www.superbcrew.com/biofriendly-provides-a-7-reduction-in-greenhouse-gases-with-green-plus-the-worlds-only-un-eco-labeled-energy-transition-fuel-additive/

UFRJ. (2019). *UFRJ se mantém entre as melhores universidades do mundo.* Disponível em: https://ufrj.br/noticia/2019/06/24/ufrj-se-mantem-entre-melhores-universidades-do-mundo

CAPÍTULO 2

O CONTROLE DO DESEMPENHO DO ATRIBUTO CONFORTO EM METRÔS

Data de aceite: 01/07/2021

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
UFG – Universidade Federal de Goiás FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

Márcio de Almeida DAgosto
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

Alessandro de Santana Moreira de Souza
Consultor e professor universitário na área de Transportes e Logística

RESUMO: Esse trabalho aborda o controle do desempenho da operação de sistemas metroviários, com foco no atributo conforto e sua importância para os usuários do transporte metroviário, fornecendo os subsídios necessários para a proposição de indicadores que permitam avaliar adequadamente em que grau as necessidades dos usuários estão sendo atendidas. São elaboradas duas propostas teóricas de implantações de indicadores em sistemas metroviários, que atendam o atributo conforto: percentual de passageiros viajando com conforto e taxa de lotação dos trens metroviários. A aplicação de um desses indicadores propostos ocorreu no Metrô do Rio de Janeiro - taxa de lotação dos trens metroviários. São apresentadas a metodologia de cálculo e os resultados desse indicador implantado, que permitiu a identificação das seções críticas ao longo das viagens e a implantação de ações de melhorias na operação metroviária do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho, operação, sistemas metroviários, indicadores, taxa de lotação dos trens.

CONTROL OF THE PERFORMANCE OF THE COMFORT ATTRIBUTE IN SUBWAYS

ABSTRACT: This work addresses the control of the operation performance of subway systems, focusing on the comfort attribute and its importance for subway transport users, providing the necessary subsidies for the proposition of indicators that allow to properly assess the degree to which users' needs are being answered. Two theoretical proposals are developed for the implementation of indicators in subway systems, which meet the comfort attribute: percentage of passengers traveling in comfort and the capacity of subway trains. The application of one of these proposed indicators occurred in the Rio de Janeiro Metrô - subway trains capacity rate. The calculation methodology and the results of this implemented indicator are presented, which allowed the identification of critical sections along the trips and the implementation of improvement actions in the subway operation in Rio de Janeiro.

KEYWORDS: Performance, operation, subway systems, indicators, train capacity.

1 | INTRODUÇÃO

O atributo conforto é muito relevante na decisão da escolha do meio de transporte que o usuário irá utilizar e seu controle do desempenho se torna fundamental para a gestão do sistema

metroviário, possibilitando formular estratégias para captar novos usuários que utilizam outros meios de transportes e realizar ações de melhoria contínua em seus processos.

O objetivo deste trabalho é analisar o controle do desempenho em sistemas metroviários sob a ótica do atributo conforto e apresentar o resultado da implantação de um indicador em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro. A seção 1 constitui-se como uma introdução, onde houve uma breve contextualização do estudo em questão e foi definido o objetivo. A seção 2 analisa o controle de desempenho em sistemas metroviários, e, mais especificamente, o atributo conforto, sendo apresentadas duas propostas de implantações de indicadores que atendam o atributo conforto.

A seção 3 apresenta a aplicação em um sistema metroviário brasileiro, o Metrô do Rio de Janeiro, de um dos indicadores propostos no referencial teórico desse trabalho, além de realizar a análise dos resultados desse indicador e das ações adotadas pela operadora para realizar o controle do desempenho do atributo conforto em sua operação de trens. A seção 4 apresenta as conclusões.

2 | O CONTROLE DO DESEMPENHO EM SISTEMAS METROVIÁRIOS

Controle do desempenho é um termo abrangente, sendo usualmente realizado através de medições, com o uso de indicadores. Galvão (2002) define medição como sendo a maneira pela qual se determina a grandeza quantitativa ou qualitativa de cada atributo selecionado de um evento, objeto ou circunstância, por meio de um padrão estável tomado como unidade referencial. Esse padrão estável é, em geral, expresso por um indicador, índice, padrão ou por uma grandeza.

Vuchic (1981) relata que o desempenho de sistemas de transporte coletivo urbano consiste na comparação de um conjunto de elementos, referidos como atributos e obtidos da observaçãoda operação do sistema, com um conjunto de indicadores de referência, previamente estabelecidos. Esta abordagem está especificamente relacionada com a avaliação quantitativa do desempenho operacional de transportes urbanos.

Cysneiros (2004) propõe indicadores para gerenciamento da manutenção de um sistemametroviário, com aplicação no Metrô de Recife; Cardoso (2006) apresenta a Teoria dos Topoî e, com foco no usuário, a aplica para levantamento da qualidade percebida pelos usuários do Metrô do Rio de Janeiro; Pezerico (2002) apresenta um modelo global para sistemas sobre trilhos, aplicado na TRENSURB (Cia.de trens urbanos de Porto Alegre) e Rodrigues (1990) propõe uma metodologia para avaliação de desempenho de sistemas ferroviários com foco na eficiência, eficácia e adequabilidade.

2.1 A programação da oferta da operação de sistemas metroviários

A prestação de um serviço metroviário que ofereça um bom nível de conforto aos usuários está relacionada com a especificação dos intervalos, horários e quantidades de

carros na composição do trem, que fazem parte da "programação da oferta" da operação do sistema.

Segundo Ferraz e Torres (2004), para a programação da oferta na operação de sistemas de transportes é necessário conhecer a variação horária da demanda ao longo do dia, em princípio em todos os trechos, para poder identificar em cada período do dia o segmento de maior carregamento: a denominada seção crítica (trecho de maior carregamento). Para viabilizar o levantamento dessas informações, a gerência de planejamento e controle da operação de um sistema metroviário necessita de dados confiáveis e precisos sobre a lotação dos trens durante todos os trechos da viagem, desde a sua partida no terminal de origem até a sua chegada ao terminal de destino. Dessa forma é possível identificar qual a seção crítica da viagem completa do trem, ou seja, em quais interestações existem as maiores concentrações de usuários no interior dos trens e em que períodos do dia ocorrem. De posse desses dados precisos e confiáveis, o sistema metroviário consegue realizar ajustes de melhorias de forma mais assertiva na grade horário de trens, implantar estratégias de melhorias operacionais em determinados horários, e, inclusive, atuar na melhor distribuição dos usuários ao longo dos diferentes carros dos trens, com a ajuda de funcionários nas plataformas.

Ferraz e Torres (2004) afirmam ainda que as seções críticas se localizam geralmente nas proximidades dos grandes polos de atração de demanda. Isso ocorre porque, durante o pico da manhã, a lotação aumenta à medida que os veículos se aproximam desses locais, pois o número de embarques no trajeto é maior do que o número de desembarques. No sentido inverso (pico da tarde), sucede o contrário: os veículos partem cheios do polo gerador e a lotação vai diminuindo à medida que se afastam, pois o número de desembarques ao longo do trajeto é, geralmente, maior do que o de embarques.

2.2 A avaliação do atributo conforto em sistemas metroviários

Na literatura sobre transporte público podem ser encontrados diferentes termos para definir e conceituar esses atributos. Dentre a lista dos diversos atributos existentes na literatura, a norma específica para transporte público urbano de passageiros da União Europeia EN 13.816 "*Transportation. Logistics and services. Public passenger transport. Service quality definition, targeting and measurement*" seleciona oito atributos como sendo os mais relevantes aos usuários de sistemas de transporte público, um dos quais é o conforto (EN 13.816, 2002).

A norma EN 13.816 estabelece o seguinte conceito para o atributo conforto em sistemas de transporte público: representa o conforto físico obtido no uso das instalações e veículos. Boas condições ambientais: limpeza, iluminação, ausência de barulho. Conforto nos acessos: boa capacidade, escadas rolantes; nas estações: ventilação, bancos; nas bilheterias: fila pequena; nos trens: temperatura, sem superlotação, boa relação passageiros por metro quadrado e transferências: boa capacidade, ventilação. Facilidades ergonômicas,

como facilidade de movimento e desenho dos assentos. Facilidades complementares como serviços comerciais, banheiros, etc.

Os atributos relacionam-se uns com os outros, e a alteração em um atributo pode provocar alterações em outros. Tabosa (1979) propôs um modelo para visualizar o inter-relacionamento entre o tempo de espera, o grau de lotação dos ônibus coletivo e o custo por passageiro-km. Nesse modelo, a fixação de dois parâmetros determina o terceiro. Esse inter-relacionamento implica em que os indicadores de desempenho do sistema devem ser analisados em conjunto, e uma alteração em um indicador pode causar alteração em outros. Percebe-se que, pela conclusão desse estudo de Tabosa (1979), aplicando para sistemas metroviários, o atributo conforto (grau de lotação do trem) também poderá causar impactos negativos em outros atributos "sentidos" pelos usuários, como: tempo e modicidade tarifária.

2.3 Sugestões de indicadores para realizar o controle do desempenho do atributo conforto em sistemas metroviários

Atendendo o conceito definido na norma EN 13.816 sobre o atributo conforto, serão apresentadas duas sugestões de indicadores possíveis de serem implantados em sistemas metroviários, com o objetivo de realizar uma medição de forma assertiva desse atributo. Esses indicadores podem ser aplicáveis a qualquer sistema metroviário, com maior ou menor grau de dificuldade, a depender da tecnologia adotada pelo sistema metroviário.

2.3.1 Percentual de passageiros viajando com conforto

A perspectiva do usuário, de um modo geral, é encontrar lugar para sentar ao embarcar. Se não for possível, encontrar lugar ao longo da viagem e, na pior situação, poder se acomodar em pé de maneira confortável.

Do outro lado, a operadora metroviária determina a quantidade máxima de passageiros (carga planejada) que um carro pode admitir para que o usuário seja atendido e realiza esforços para disponibilizar uma quantidade de carros que, combinada com a frequência de trens, consiga atender a demanda. A tabela 1 apresenta a sugestão do indicador percentual de passageiros viajando com conforto.

(Passageiros viajando com conforto / Passageiros) * 100 Obs.: resultado expresso em percentagem
Passageiros viajando com conforto = total de passageiros viajando em carros com até "*n*" passageiros por metro quadrado.
Passageiros = quantidade total de passageiros, incluindo gratuidades e pessoas que burlam o sistema.

Tabela 1: Proposta do indicador percentual de passageiros viajando com conforto.

Fonte: autor.

A carga planejada é a soma da quantidade de assentos com a lotação admitida de passageiros em pé. A carga de passageiros é geralmente associada a uma taxa de "*n*" passageiros por metro quadrado. Conforme a TCRP (2003), para sistemas de transporte de ônibus urbano, o desconforto é considerado a partir de 4 passageiros por m^2 por veículo. Em sistemas metroviários, costuma-se utilizar o parâmetro a partir de 6 passageiros por m^2 por carro para considerar o desconforto na viagem (MetrôRio, 2019).

Aplicada a um determinado período, por exemplo, a hora de pico, esse indicador vai informar a proporção entre a quantidade de passageiros que realizam viagens dentro do padrão programado de conforto e a quantidade total de passageiros.

2.3.2 Taxa de lotação dos trens metroviários

Além do atributo conforto, este indicador está também associado aos atributos segurança e tempo. A superlotação afeta a segurança, facilitando furtos e roubos no interior dos trens. Também afeta a sensação de segurança, pois o usuário se sentirá mais seguro num local com mais espaço à sua volta. A superlotação também acarreta atrasos nos tempos de percursos dos trens e nos tempos de esperas dos usuários nas plataformas, pois o embarque e desembarque nas estações pode levar um tempo superior ao tempo estabelecido na programação. A tabela 2 apresenta a sugestão do indicador taxa de lotação dos trens metroviários.

(Passageiros viajando em pé / Área útil)
Obs.: resultado expresso em passageiros por m^2
Passageiros viajando em pé = número de passageiros em pé, em cada carro do trem, nas interestações mais carregadas, no sentido de maior fluxo, no período de apuração.
Área útil = área útil a eles destinada, em cada carro do trem, nas interestações maiscarregadas, no sentido de maior fluxo, no período de apuração.

Tabela 2: Proposta do indicador taxa de lotação dos trens metroviários.

Fonte: Castelo Branco (1998).

Este é um bom indicador para apurar se está havendo, em média, superlotação nos horários de pico. Apesar de ser um indicador de difícil apuração, considerando que, nas diversas estações, entram e saem passageiros, a importância desses dados reais é fundamental para a melhoria da programação da operação de um sistema metroviário, já que esse indicador consegue identificar as seções críticas do sistema metroviário.

3 | APLICAÇÃO NO METRÔ DO RIO DE JANEIRO

Em 2013, houve o recebimento de 15 novos trens chineses do modelo CRC. Com

a chegada desses novos trens, com melhor tecnologia do que os trens já existentes da ALSTON, foi possível iniciar a produção do cálculo do indicador taxa de lotação dos trens do Metrô do Rio de Janeiro, em cada uma das estações do sistema, já que eles vieram com um computador de bordo que registra o peso de cada um dos 6 carros do trem a cada décimo de segundo. Com a posse dessa informação do peso dos carros, a gerência de planejamento e controle da operação do Metrô do Rio de Janeiro conseguiu desenvolver uma "macro" Excel onde foi possível produzir o cálculo estimado da quantidade de usuários dentro de cada carro na partida de cada estação do sistema. E, de posse da área útil de cada carro, chegou-se aos resultados da taxa de lotação dos carros e do trem, sendo considerado cada usuário como tendo 70 quilos (média mundial de peso por pessoa, independente do sexo).

Esse projeto envolveu funcionários de várias gerências da empresa. Como os dados não são descarregados automaticamente, a gerência de material rodante implantou um cronograma diário e regular de coleta desses dados no interior dos trens CRC, a fim de iniciar a produção dos resultados de taxa de lotação dos trens modelo CRC (MetrôRio, 2019).

A tabela 3 apresenta a média dos resultados mensais do ano de 2018 do indicador taxa de lotação dos trens modelo CRC, para os picos da manhã e da tarde, nos sentidos de maior fluxo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, além da identificação das seções críticas do sistema, que são os mesmos nos picos da manhã e da tarde. No pico da manhã, a seção crítica corresponde ao trecho entre as estações TRG (Triagem) e MRC (Maracanã) - que corresponde à via 1 (sentido Sul) do MetrôRio; enquanto que no pico da tarde corresponde ao trecho entre MRC (Maracanã) e TRG (Triagem) - que corresponde à via 2 (sentido Norte) do MetrôRio.

Mês	Pico da Manhã	
	Lotação no sentido de maior fluxo	Identificação da seção crítica
jan/18	5,2 passageiros/m²	TRG/MRC
fev/18	5,4 passageiros/m²	TRG/MRC
mar/18	5,6 passageiros/m²	TRG/MRC
abr/18	5,5 passageiros/m²	TRG/MRC
mai/18	5,6 passageiros/m²	TRG/MRC
jun/18	5,4 passageiros/m²	TRG/MRC
jul/18	5,2 passageiros/m²	TRG/MRC
ago/18	5,1 passageiros/m²	TRG/MRC
set/18	5,5 passageiros/m²	TRG/MRC
out/18	5,6 passageiros/m²	TRG/MRC

Mês	Pico da Tarde	
	Lotação no sentido de maior fluxo	Identificação da seção crítica
jan/18	5,1 passageiros/m²	MRC/TRG
fev/18	5,5 passageiros/m²	MRC/TRG
mar/18	5,5 passageiros/m²	MRC/TRG
abr/18	5,6 passageiros/m²	MRC/TRG
mai/18	5,5 passageiros/m²	MRC/TRG
jun/18	5,3 passageiros/m²	MRC/TRG
jul/18	5,2 passageiros/m²	MRC/TRG
ago/18	5,3 passageiros/m²	MRC/TRG
set/18	5,4 passageiros/m²	MRC/TRG
out/18	5,2 passageiros/m²	MRC/TRG

nov/18	5,9 passageiros/m²	TRG/MRC	nov/18	5,2 passageiros/m²	MRC/TRG
dez/18	5,5 passageiros/m²	TRG/MRC	dez/18	5,5 passageiros/m²	MRC/TRG

Tabela 3: Média dos resultados mensais do ano 2018 do indicador taxa de lotação dos trens modelo CRC, para os picos da manhã e da tarde, nos sentidos de maior fluxo da Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, além da identificação das seções críticas.

Fonte: MetrôRio (2019).

A implantação desse indicador foi de fundamental importância para a gerência de planejamento e controle da operação do Metrô do Rio de Janeiro, que conseguiu obter dados mais precisos e assertivos sobre superlotação nos trens metroviários e identificar as seções críticas de demanda. Dessa forma foi possível planejar melhor as estratégias operacionais a serem adotadas nessas situações.

A figura 1 apresenta um exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no horário de pico da manhã, com os resultados das taxas de lotações desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações. Dessa forma, é possível identificar as seções críticas e quais são as estações consideradas como polos geradores de viagens na operação do Metrô do Rio de Janeiro.

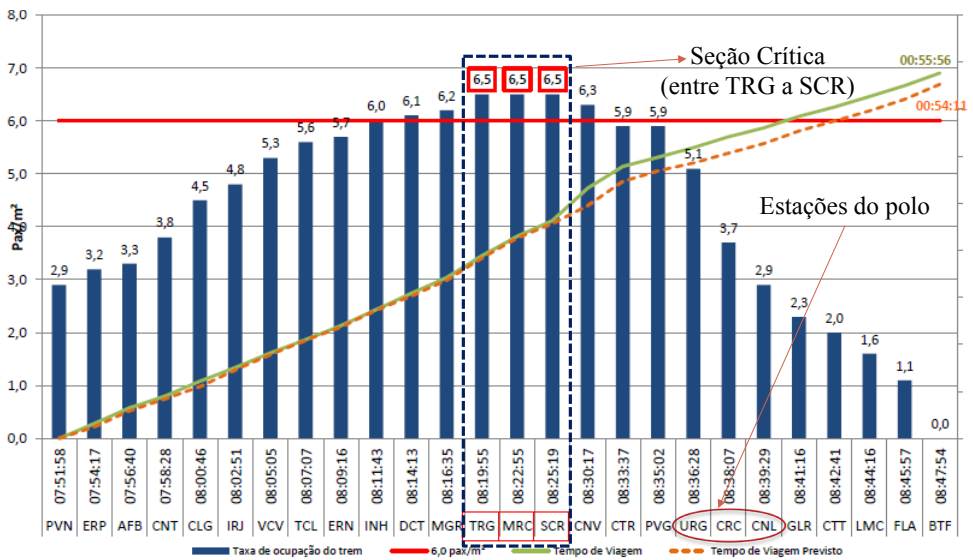


Figura 1: Exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no pico da manhã, com os resultados das taxas de lotações desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações.

Fonte: MetrôRio, 2019.

Conforme previsto pela teoria de Ferraz e Torres (2004), na figura 1 foi constatado que realmente as seções críticas da operação do Metrô do Rio de Janeiro se localizam nas

proximidades dos grandes polos de atração de demanda. As estações URG (Uruguaiana), CRC (Carioca) e CNL (Cinelândia) são consideradas como polos de atrações de viagens, e se localizam nas proximidades da seção crítica dessa viagem, no trecho de TRG (Triagem) até SCR (São Cristóvão). Outra vantagem que esse indicador permitiu foi a identificação dos carros mais lotados do trem (que é composto por 6 carros) na partida de cada estação.

O carro A Norte geralmente fica em local mais próximo às descidas das escadas das estações. Ou seja, muitos dos usuários descem as escadas para as plataformas e permanecem parados no 1º carro aguardando o embarque, ocorrendo esse acúmulo de usuários no carro de cabine de condução, que poderiam ser mais bem distribuídos entre os 6 carros da composição.

Esse indicador atende diretamente o atributo conforto, que consta na norma EN 13.816. Mais especificamente no desdobramento para o conforto no interior do trem, mantendo uma boa relação de passageiros por metro quadrado. A figura 2 apresenta um exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino, com a identificação da lotação de cada um dos 6 carros ao longo do percurso, sendo possível constatar a diferença de lotação do carro A Norte (cabine de condução) com os demais carros da composição. Com essa identificação, foram implantadas estratégias de melhorias para orientar os usuários a embarcar nos carros menos cheios, ocorrendo uma melhor distribuição dos usuários ao longo dos 6 carros do trem.

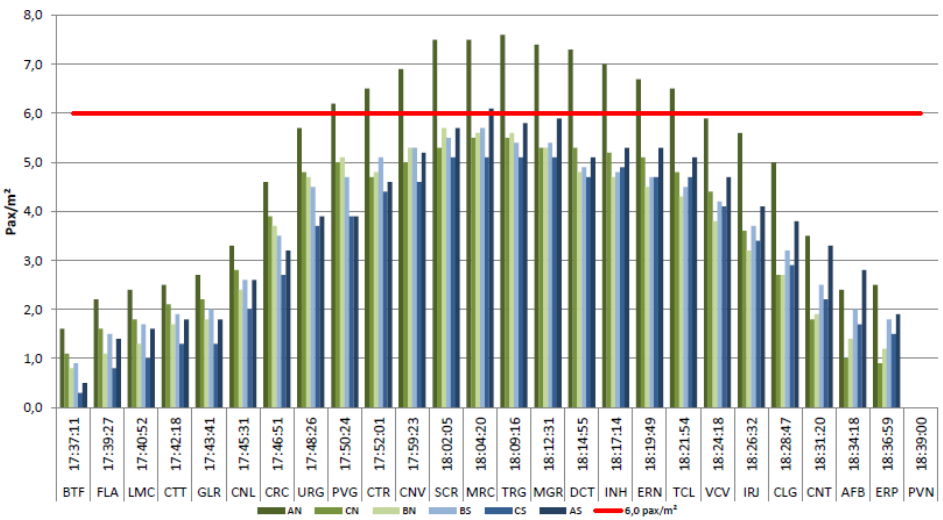


Figura 2: Exemplo de uma viagem completa, do terminal de origem ao terminal de destino da Linha 2, no pico da tarde, com os resultados das taxas de lotações dos 6 carros desse trem específico no momento da partida de cada uma das estações.

Fonte: MetrôRio, 2019.

4 | CONCLUSÕES

É necessária uma análise criteriosa para a definição objetiva dos atributos que a operadora metroviária necessita medir e de seus indicadores. Se aquilo que está sendo medido é suficientemente representativo, e se realmente contém informações importantes para a avaliação de objetivos estratégicos da operadora metroviária. Os indicadores são utilizados nas etapas de monitoramento, avaliação e apresentação dos dados, para dar suporte aos gestores na tomada de decisões.

Este trabalho procurou se concentrar na eficácia do atendimento aos usuários, analisando o atributo conforto na prestação do serviço metroviário, medido através da sugestão da implantação de dois indicadores quantitativos em sistemas metroviários que atendam ao atributo conforto: a) percentual de passageiros viajando com conforto e b) taxa de lotação dos trens metroviários.

Para a identificação das necessidades dos usuários foi pesquisado o atributo conforto de um sistema metroviário; como os usuários percebem e valorizam esses atributos; como eles podem ser medidos de uma maneira que contemple a visão do usuário. Procurou-se sempre idealizar indicadores alinhados com a visão do usuário para o atributo conforto.

O compromisso com a qualidade e a implantação de indicadores que meçam objetivamente o cumprimento desse compromisso com o atributo conforto devem ser introduzidos paulatinamente nos sistemas metroviários, ainda que complementando os indicadores atualmente em uso pelas operadoras. Uma abordagem realista tem que ser adotada quanto à implantação, que vai depender da situação particular de cada sistema: se é empresa privada ou governamental, nível atual de tecnologia e conhecimento e outras variáveis. O importante é não perder o foco do objetivo final, aonde se quer chegar.

A aplicação de um dos dois indicadores propostos nesse trabalho foi realizada no Metrô do Rio de Janeiro, que foi o indicador de taxa de lotação dos trens modelo CRC, que circulam na Linha 2 do Metrô do Rio de Janeiro, através de metodologia própria desenvolvida pela operadora. Em consulta realizada pelo MetrôRio junto ao grupo CoMet/Nova (grupo de benchmarking com 32 sistemas metroviários do mundo, sendo o Metrô do Rio de Janeiro membro desse grupo), constatou-se que o Metrô do Rio de Janeiro é a única operadora metroviária do mundo pertencente ao grupo CoMet/Nova que realiza medições de taxa de lotação dos trens de uma forma tão detalhada e assertiva. Na maioria do grupo as operadoras metroviárias sequer possuem algum tipo de controle do desempenho para o atributo conforto. Alguns sistemas metroviários do grupo utilizam metodologias bem mais simplistas para obter esses dados de taxa de lotação dos trens, que não trazem a mesma assertividade nos resultados quando comparado à metodologia de cálculo do Metrô do Rio de Janeiro (MetrôRio, 2019).

Com a implantação desse novo indicador no Metrô do Rio de Janeiro, a operadora pôde realizar a melhoria contínua no atendimento do atributo conforto aos usuários,

através da implantação de estratégias operacionais no Centro de Controle e nas estações metroviárias, e, consequentemente, aumentando a qualidade da prestação do serviço aos usuários do sistema.

A proposta de novos trabalhos se baseia em realizar estudos detalhados de outros atributos relevantes para os metrôs, com a definição e implantação de novos indicadores, que atendam também outros atributos essenciais para a prestação de um serviço de qualidade aos usuários do transporte metroviário, como os atributos tempo e disponibilidade.

REFERÊNCIAS

Cardoso, B.C. (2006) Qualidade de serviço no setor de transportes sob a ótica dos Topoî. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Castello Branco, J. E. S. (1998) *Indicadores da qualidade e desempenho de ferrovias (carga e passageiros).* 1ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Associação Nacional dos Transportes Ferroviários-ANTF.

Cysneiros, J.M.G. (2004) Proposta de indicadores de desempenho para gestão da manutenção numa empresa metroviária. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

EN 13.816 (2002) *Transportation. Logistics and services. Public passenger transport. Service quality definition, targeting and measurement*. Norma de qualidade em transporte público de passageiros, CEN 2002.

Ferraz, A.C.P e Torres, I.G.E. (2004) *Transporte Público Urbano.* Editora Rima, São Carlos, São Paulo.
Galvão, L. L. (2002) Medidas de desempenho organizacional em organizações públicas brasileiras. *VII Congreso*

Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública. Lisboa, Portugal.
MetrôRio (2019) Informações fornecidas por Daniel Habib, Diretor de Operações do Metrô do Rio de Janeiro.

Pezerico, L. A. M. (2002) Sistema de avaliação de desempenho no transporte urbano: uma abordagem para o setor metroferroviário. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Rodrigues. F. A. H. (1990) Uma proposta metodológica para a avaliação do desempenho de sistemas ferroviários urbanos. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Tabosa, T.C.M. (1979) O inter-relacionamento entre atributos do sistema de transporte coletivo por ônibus.
Dissertação de M.Sc., PUC, Rio de Janeiro.

TCRP (2003) *Transit Capacity and Quality Manual*. Transit Cooperative Research Program.

Vuchic, V. R. (1981) *Urban Public Transportation - Systems and Technology. Transit System Performance: Capacity, Productivity, Efficiency and Utilization*. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

CAPÍTULO 3

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 *el 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 metrôs e os veículos leves sobre trilhos. Nessa mesma linha, os dados da União Europeia, apresentados como comparativos, também não incluem metrôs, 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).

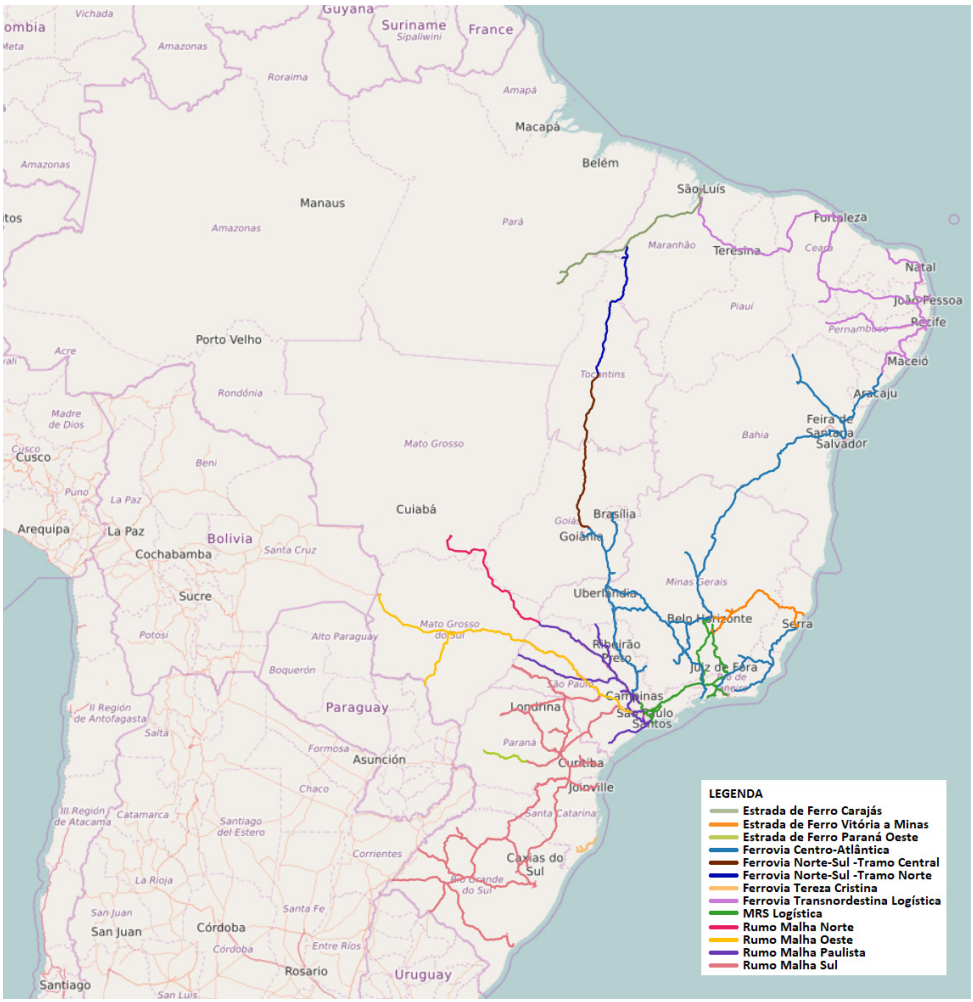


Figura 1: Malha ferroviária federal atual (adaptado de ANTT, 2020b).

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.

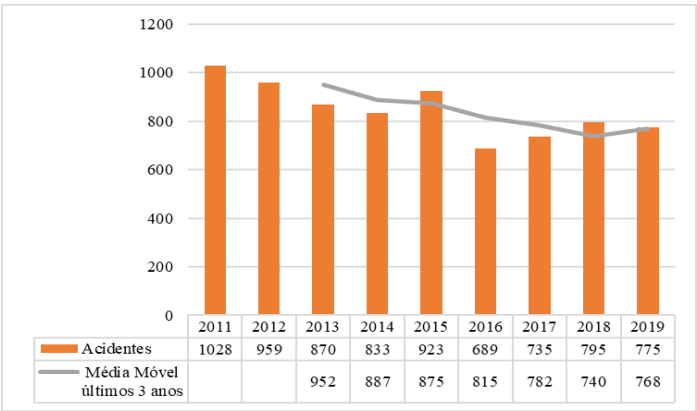
Todavia, como se verá adiante, o Brasil apresenta índices preocupantes de acidentes ferroviários. Com o aumento da participação do modal ferroviário na matriz de transportes,

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.

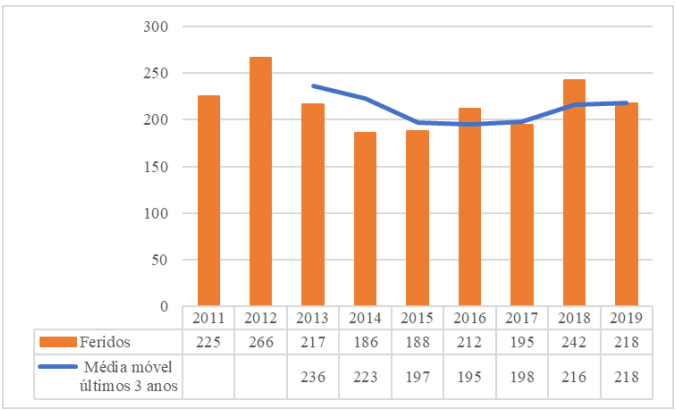
No período de 2011 a 2019, ocorreram, em média, 845 acidentes ferroviários por ano, conforme mostra a Figura 2.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Acidentes	1028	959	870	833	923	689	735	795	775
Média Móvel últimos 3 anos			952	887	875	815	782	740	768

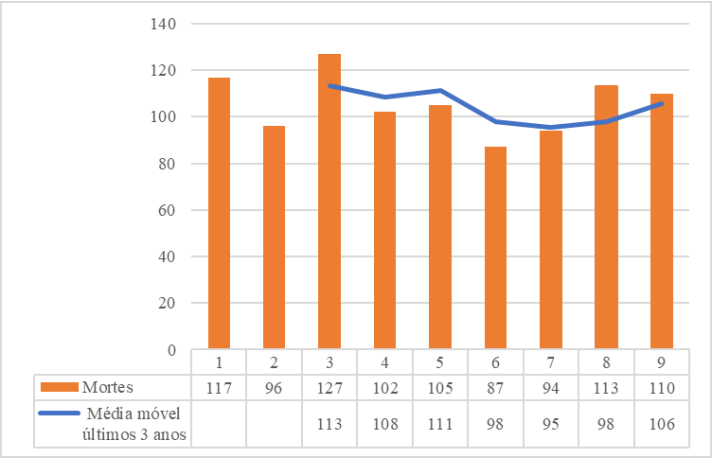
Figura 2: Quantitativo de acidentes ferroviários no Brasil (ANTTc, 2020).

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.



	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Feridos	225	266	217	186	188	212	195	242	218
Média móvel últimos 3 anos			236	223	197	195	198	216	218

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



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mortes	117	96	127	102	105	87	94	113	110
Média móvel últimos 3 anos			113	108	111	98	95	98	106

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 I 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.

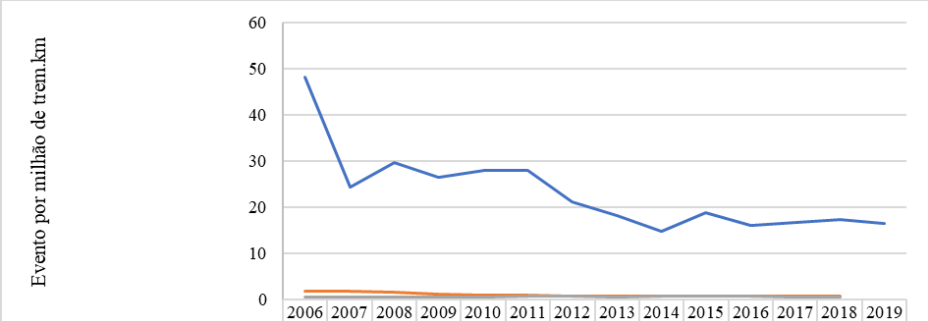
Contudo, não é trivial definir se um atropelamento foi um suicídio ou não, especialmente em casos sem testemunhas e sem registros de imagens. Considerando essa dificuldade, os suicídios são definidos por uma autoridade competente – normalmente a polícia ou outra autoridade independente dos gestores de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



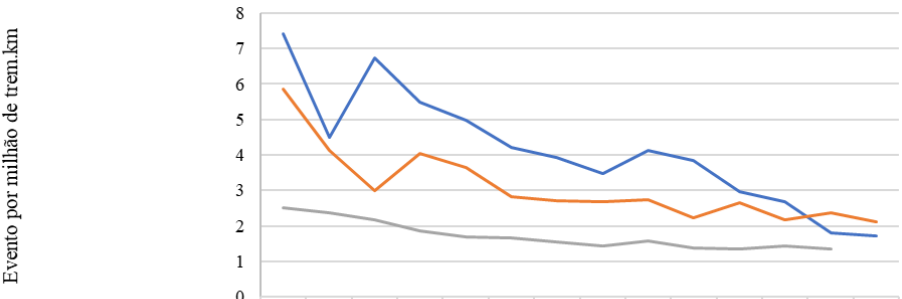
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Brasil [(acidentes+suicídios) por milhão trem.km]	48,17	24,37	29,67	26,52	28,03	27,98	21,08	18,21	14,90	18,83	16,10	16,79	17,30	16,55
Europa (acidentes por milhão trem.km)	1,92	1,77	1,61	1,23	1,05	0,97	0,85	0,81	0,85	0,72	0,69	0,77	0,74	
Europa (suicídios por milhão trem.km)	0,58	0,60	0,56	0,62	0,63	0,69	0,70	0,63	0,72	0,67	0,67	0,66	0,60	

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.



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
EFC [(acidentes+suicídios) por milhão trem.km]	7,43	4,5	6,75	5,5	4,98	4,2	3,92	3,48	4,13	3,84	2,97	2,67	1,81	1,73
EFVM [(acidentes+suicídios) por milhão trem.km]	5,86	4,14	2,99	4,04	3,64	2,82	2,72	2,67	2,73	2,23	2,66	2,16	2,38	2,12
Europa (acidentes + suicídios por milhão trem.km)	2,50	2,36	2,17	1,85	1,68	1,66	1,56	1,44	1,57	1,39	1,36	1,43	1,35	

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 é 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.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE COMPARATIVA DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE COMO FATOR DE COMPETITIVIDADE ENTRE BRASIL E AUSTRÁLIA

Data de aceite: 01/07/2021

Jean Lucas da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais

Renan Collantes Candia
Universidade Federal de Minas Gerais

Heitor Pinheiro Mora
Universida de Federal de Minas Gerais

Otávio Ferreira da Silveira
Universidade Federal de Minas Gerais

Pedro Henrique Gusmão Chagas
Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO: A competitividade deve ser entendida como uma vantagem consistente que umao rganização tem sobre seus concorrentes, geralmente comprovada através de um melhor desempenho econômico. Este trabalho, tem por objetivo mostrar um estudo comparativo de infraestrutura de transporte analisando investimentos, índices de eficiência e custos logísticos comparando resultados de Brasil e Austrália. A metodologia adotada foi a de buscar dados oficiais de órgãos ligados à infraestrutura de transporte de cada país. Os resultados mostram uma situação desvantajosa de competitividade do Brasil comparado com Austrália, situação que deveria ser tomada em consideração na proposta e implementação de políticas de governo para superar este inconveniente.

PALAVRAS - CHAVE: Competitividade; Infraestrutura de transporte; Índices de eficiência; Custos logísticos.

ABSTRACT: The competitiveness must be understood like a consistent advantage that an organization has above competitors, normally proved trough a better economic performance. This research aims to demonstrate a comparative study of transport infrastructure analyzing investments, efficiency indexes and logistics costs comparing results from Brazil and Australia. The methodology used was the search of official data from government agencies related to the transport infrastructure of each country. The results have shown a disadvantage competitiveness in Brazil compared to Australia, a condition that should betaken into account in the proposal and implementation of government`s policies to overcome this problem.

KEYWORDS: Competitiveness; Transport infrastructure; Efficiency indexes; Logistical costs.

INTRODUÇÃO

A competitividade de um determinado país pode ser definido como sua capacidade tecnológica, auto desenvolvimento e capacidade de sustentar benefícios como produção eficiente e baixo custo operacional, permitindo encarar a concorrência (MARIOTTO, 1991) [1].

A infraestrutura de transporte é um fator muito importante como critério competitivo. Deacordo com (LOPEZ, J, M; GAMA, 2010)[2], a exportação de uma mercadoria se dá quando ela é disponibilizada ao comprador estrangeiro

em local e prazo combinados em contratos de compra e venda internacional. Desta maneira, é possível observar a importância do cumprimento dos contratos internacionais, para que não haja nenhum problema ou barreira que impeça essa negociação.

A indústria da mineração e importante para um país, nesse contexto, o minério de ferro é um produto de importância histórica para o Brasil. Ele foi utilizado para dar suporte à Revolução Industrial, em meados do século XVIII. Além disso, o mineral constitui matéria-prima na produção de muitos itens, entre os quais se destacam automóveis, máquinas e equipamentos (MOREIRA; GOMES; CORONEL, 2016)[3]. Brasil e Austrália possuem as maiores reservas mundiais 18,8% e 29,4%, respectivamente. Em 2018, os dois países foram os maiores produtores: dos 2,46 bilhões de toneladas produzidas em todo o mundo,sendo 36,6% e 18,7% a contribuição de Austrália e Brasil, respectivamente (USGS, 2020) [4].

Diante disso e do contexto da mineração de ferro, os dois países possuem vantagens competitivas distintas. Como o maior mercado de minério de ferro se encontra na China e,considerando ainda a grande importância dos países asiáticos, a Austrália possui vantagem geográfica em relação ao Brasil, possibilitando ter preços de frete mais baratos. Já o Brasil,possui uma vantagem devido à qualidade do minério brasileiro, que supera o teor das reservas australianas, permitindo o Brasil ter menores custos de produção (CARVALHO, 2017) [5].

Entretanto, é necessário que cada país crie meios para potencializar essas vantagens, como a infraestrutura de transporte, fator que influencia muito na competitividade de países com dimensões continentais, como Brasil e Austrália, visto que tais prerrogativas citadas são condições naturais.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu, em um primeiro momento, na definição do tema através do estudo de trabalhos já realizados acerca do assunto infraestrutura de transporte como fator de competitividade, para se verificar a sua relevância e estabelecer o que seria abordado neste trabalho de maneira que poderia ser completado todos os relatos que já foram feitos. Definido o tema, foi realizada uma revisão de literatura para contextualizar o trabalho que seria desenvolvido. Além disso foi de suma importância, entender a situação econômica de cada paíse o estágio de desenvolvimento de suas infraestruturas nos quais se encontram.

Como continuação, foi realizada a pesquisa dos dados sobre o tema divulgado por órgãos oficiais ligados aos governos de Brasil e Austrália. Neste momento, houve uma dificuldade no sentido de que os dados não estavam concentrados em um único lugar e por não haver uma padronização quanto à sua divulgação, de modo que foi necessário realizar um tratamento nos dados para que fosse possível realizar uma comparação. Logo, priorizou-se uma busca por dados numéricos dos respectivos países para obter um

panorama da infraestrutura de transportes que possuíam, com o intuito de canalizar as informações para a realização do trabalho.

Visto isso, houve a necessidade de se continuar a pesquisa e buscar dados sobre a classificação da competitividade e eficiência de Brasil e Austrália, a partir de entidades degrande relevância e que se demonstrassem imparciais aos dois países, como o Banco Mundial e o Fórum Econômico Mundial, para que fosse possível comparar e confirmar os resultados encontrados pela divulgação de cada país.

Todos os dados pesquisados foram compilados através de uma planilha do Microsoft Excel, onde foi possível organizá-los e analisá-los, proporcionando a construção de tabelas e gráficos para serem apresentados neste trabalho.

Por fim, a partir da análise feita, foi possível elaborar uma conclusão acerca da pesquisa realizada e propor sugestões para trabalhos futuros. O fluxograma da figura 1 ilustra a metodologia utilizada.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Infraestrutura de transporte

A infraestrutura de transportes de Brasil e da Austrália se parecem muito, ambos os países tem como seu principal meio de escoamento de produtos o transporte rodoviário. A Austrália detém 43,61% de suas estradas pavimentadas enquanto o Brasil apenas 12,41% como mostra a Tabela 1; e isso, em termos de logística representa uma diferença muito grande.Os mapas abaixo expressam essas diferenças na infraestrutura de transporte de cada país.

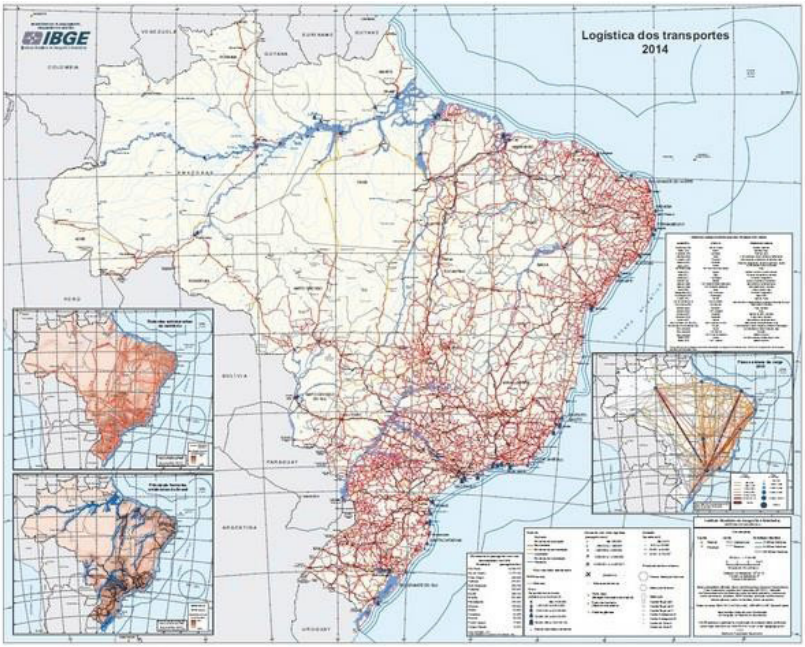


Figura 2 – Mapa de infraestrutura dos transportes do Brasil, IBGE, 2014.

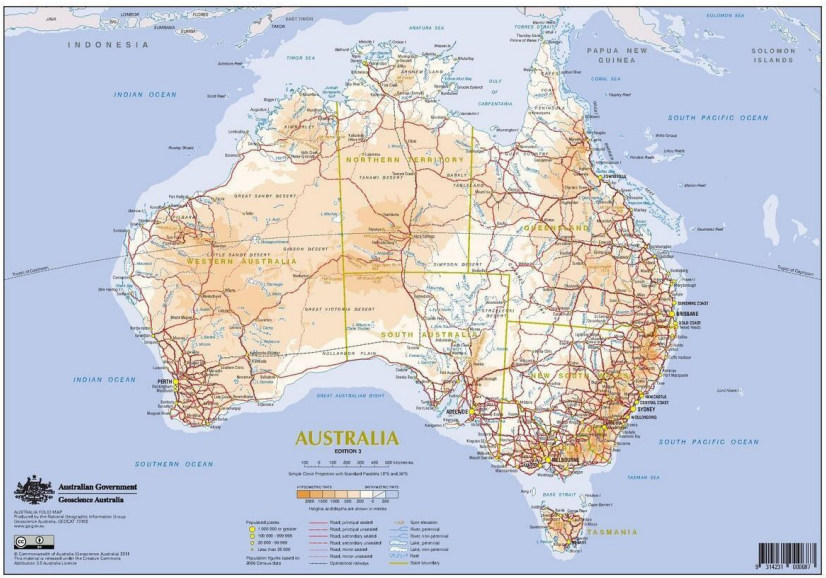


Figura 3 – Mapa de infraestrutura dos transportes da Austrália (2011)

Infraestrutura	Unidades	Brasil	Austrália
Rodovias	Km	1.720.700	874.142
Estradas pavimentadas	Km	213.453	381.185
% pavimentadas	%	12.41%	43.61%
Ferrovias	Km	30.485	33.221
Portos	Número	37	26

Tabela 1–Infraestrutura de transportes.

Fonte Brasil: Anuário CNT do Transporte, 2018; Fonte Austrália: Australian Infrastructure Yearbook, 2018 [6].

Rodovias não pavimentadas elevam os custos de transportes, pois os custos operacionais dos veículos, especialmente dos caminhos, são fortemente ligados à conservação da pavimentação das rodovias. Uma rodovia não pavimentada gera uma viagem mais lenta aos veículos, que consequentemente fazem menos viagens num determinado período, também geram um maior desgaste da frota trazendo concertos e revisões mais frequentes. Assim é notório o grande impacto das rodovias ao custo de cada viagem, mostrando o quão grande pode ser o diferencial de custo logístico Australiano frente ao custo Brasileiro.

As ferrovias e portos de ambos os países se assemelham muito em quantidades, e visto que Brasil e Austrália configuram países de grandes áreas territoriais esses números mostram o equilibro entre os países em nível de transportes ferroviários e marítimos.

	Brasil	Austrália
Custo Logístico (%PIB)	15.40%	8.60%
Aprox 60% Transporte	9.24%	5.16%

Tabela 2 – Comparativo do custo logístico entre Brasil e Austrália.

Fonte Brasil: Relatório Corredores Logísticos Estratégicos– Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2018). Fonte Austrália: BITRE–Bureau of Infrastructure, Transportand Regional Economics (2018)[7].

Seguindo o raciocino esperado, era de se imaginar que o custo logístico brasileiro fossemaior que o custo logístico australiano. Analisando o custo logístico percentual ao PIB, ocusto logístico brasileiro mostrasse quase duas vezes maior do que o australiano, enquanto a Austrália tem seu custo na casa dos 8,6% o custo brasileiro chega a 15,4% como pode ser observado na Tabela 2., Vale destacar que o PIB brasileiro é maior que o PIB australiano elevando ainda mais essa diferença em termos absolutos, levando esse custo de logística para a área de custo de transporte, o custo brasileiro fica na casa de

9,2%e o australiano na de 5,1%

Uma análise de que o quão relevante são esses dados é de que o custo logístico total australiano se mostra inferior ao custo de transporte brasileiro. Austrália gasta menos com toda sua parte logística do que o Brasil apenas com sua parte de transporte como pode ser observado na Tabela 3 que indica Índice de Eficiência Logística de ambos países.

Segundo estudo do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), É importante especificar os conceitos de infraestrutura e serviços infra-estrutura e também estabelecer seu relacionamento em uma estrutura de atividades, que tendem a se vincular de maneira cada vez mais sinérgica e entrelaçada. Em geral, é possível definir infraestrutura como o conjunto de estruturas de engenharia e instalações - geralmente de longa vida útil – que constituem a base sobre a qual se produza prestação de serviços considerados necessários para o desenvolvimento de fins produtivos, políticos, social e pessoal. (BID,2000).

Nesse quesito indicadores como Infraestrutura score e LPI score, ilustram bem o cenário quanto a eficiência do sistema de infraestrutura de cada país.

Logistics Performance Index(LPI)		
	Brasil	Austrália
Infrastructure Score	2,93	3,97
LPIScore	2,99	3,75
Ranking/160	56	18

Tabela 3 – Índice de Eficiência Logística.

Fonte: World Bank (2019) [9].

A infraestrutura score é uma ferramenta que quantifica o nível de qualidade de infraestrutura de cada país. Nela a Austrália se mostra a frente do Brasil com resultados de 3,97 e 2,93 respectivamente, assim ressaltando uma diferença entre os países quanto a qualidade e a eficiência dos recursos de infraestrutura dispostos por eles.

O *Logistcs Perfomance Index* (LPI) ou Índice de Desempenho Logístico é uma ferramenta de *benchmarking* interativa criada pelo Banco Mundial para ajudar os países a identificar os desafios e oportunidades que enfrentam em seu desempenho em logística comercial e o que podem fazer para melhorar seu desempenho.

Segundo a Diretora de Comércio, Integração Regional e Clima de Investimentos no Banco Mundial, Caroline Freund, uma boa logística reduz os custos comerciais, mas as cadeias de suprimentos são tão fortes quanto o elo mais fraco. Para os países em desenvolvimento, acertar na logística significa melhorar sua infraestrutura, costumes, habilidades e regulamentações.

O desempenho logístico (LPI) é a média ponderada das pontuações do país nas seis dimensões estipuladas pelo World Bank, sendo elas:

1. A eficiência do processo de liberação (ou seja, velocidade, simplicida de e previsibilidade das formalidades) pelas agências de controle de fronteiras, incluindo a alfândega.
2. Qualidade do comércio e infraestrutura relacionada ao transporte (por exemplo, portos, ferrovias, estradas, tecnologia da informação);
3. Facilidade de organizar remessas com preços competitivos;
4. Competência e qualidade dos serviços de logística (por exemplo, operadores de transporte, despachantes aduaneiros);
5. Capacidade de rastrear e vestígios de remessas;
6. Oportunidade das remessas para alcançar o destino dentro do prazo de entrega previsto

Com isso o banco mundial divulgo em 2018 a LPI score com as pontuações decada país, os australianos obtiverem um resultado de 3,75 enquanto os brasileiros receberam um resultado de 2,99, mostrando uma diferença considerável entre a performance logística dos países.

Essa diferença de eficiência de logística é muito bem ilustrada quando olhamos para o ranking de eficiência de logística, enquanto os concorrentes australianos configuram-se como protagonista ocupando a 18ª posição, os brasileiros aparecem apenas na 56ª posição, os mesmos ficam separados assim por outros 38 países.

INVESTIMENTOS BRASIL

Analisando os investimentos em infraestrutura de transportes brasileiros pode se perceber que o mesmo vem crescendo ano após ano; isto tanto no setor público e privado alternando-se ao longo dos anos quanto ao valor investido, gerando um equilíbrio e uma certa constância na curva de crescimento. Em uma análise geral desse comportamento ao longo dos anos, notasse que ambos sempre em uma atuação conjunta atuaram para que a curva de investimento totais se mantivesse sempre crescendo sendo hora por maior investimento público, hora por investimento privado. A Tabela 4 e Figura 2 mostram a evolução do investimento em infraestrutura no Brasil ao longo dos últimos anos.

Brasil			
Ano	Público	Privado	Total
2003	2,52	6,58	9,10
2004	4,54	7,72	12,26
2005	6,22	9,46	15,69
2006	9,57	7,93	17,51
2007	10,90	8,57	19,47
2008	11,32	11,83	23,15

2009	16,50	10,09	26,58
2010	20,64	10,99	31,63
2011	19,10	12,88	31,99
2012	14,92	14,75	29,67
2013	15,00	18,57	33,57
2014	15,69	18,05	33,74
2015	9,79	18,44	28,23

Tabela 4–Investimento em Infraestrutura deTransporte (R$ Bilhões).

Fonte: IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada [10].

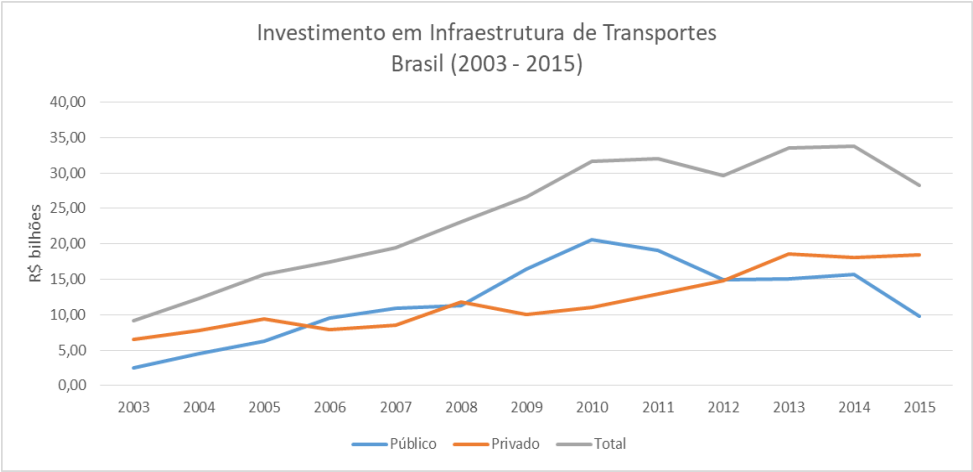


Figura 4 – Evolução histórica dos investimentos em infraestrutura no Brasil de 2003 a 2015.

Analisando os investimentos em infraestrutura da Austrália, duas coisas se tornam bastante evidentes. A principal fonte de investimento australiano advém de investimento de capital privado, e o mesmo coordena a curva de investimento do país,a participação publica mostrasse bem pequena quando comparada a privada como pode ser observada na Tabela 5 e na Figura 2.

Austrália			
Ano	Público	Privado	Total
2003	2,52	6,23	8,76
2004	2,76	8,59	11,35
2005	3,11	11,26	14,37
2006	3,22	11,66	14,88
2007	4,06	13,43	17,49
2008	5,17	15,93	21,09
2009	5,72	16,81	22,54

2010	5,85	18,15	24,00
2011	6,26	24,04	30,31
2012	5,74	29,34	35,08
2013	4,89	25,84	30,73
2014	4,04	22,41	26,45
2015	3,89	17,46	21,35

Tabela 5 – Participação de investimentos no Brasil do setor público e privado.

Fonte: ABS– Australian Bureau of Statistics (2019) [11].

O controle de investimentos de infraestrutura privado sobre o de investimento de infraestrutura pode evidente e pode ser observado no crescimento continuo de 2003 a 2012 seguido de uma queda brusca nos investimentos nos anos de 2012 a 2015. Uma vez que os investimentos privados caíram os investimentos totais acompanharam a queda mostrando uma grande dependência australiana de investimentos de capital privado para a infraestrutura de transportes do país.

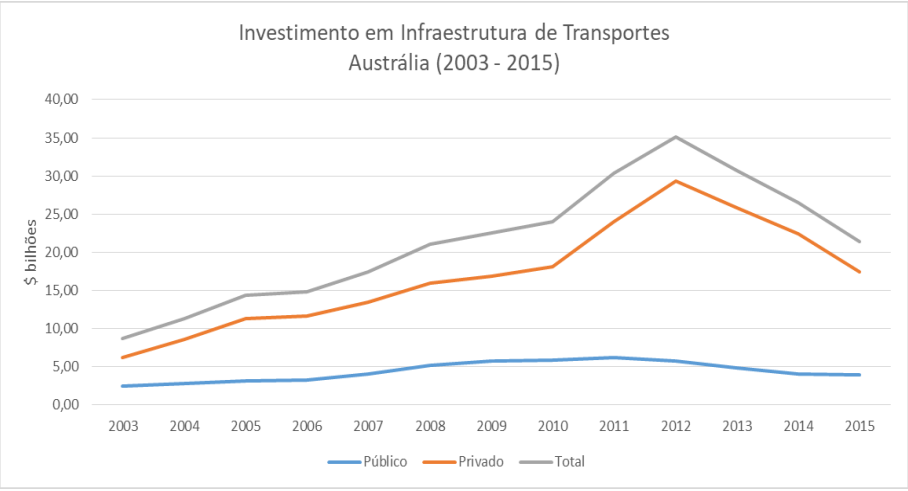


Figura 5– Evolução histórica dos investimentos em infraestrutura no Brasil de 2003 a 2015.

Uma análise comparativa entre os investimentos de Brasil e Austrália mostra grande igual nos valores de investimento total em infraestrutura de transportes, ambos os países vêm realizando cada vez mais investimentos no ramo, um fator que difere as duas são de onde esse capital de investimento é proveniente. Enquanto no Brasil o papel de investidor se divide em capital público e capital privado, na Austrália os investimentos em infraestrutura tem uma maior dependência de parte de capitais privados.

Assim pode-se ver que a curva de crescimento de investimentos brasileiros oscila muito pouco, pois como os investimentos públicos e privados se alternam os mesmo

geram um equilibro e continuidade nos valores investidos, já no caso australiano como o crescimento é regulado em sua maioria pelo capital privado, uma vez que o mesmo esteja em baixa ou emalta, os investimento oscilam de grande forma, gerando uma curva mais instável que a curva de investimento brasileira.

Analisando os índices de competitividade global no quesito de infraestrutura de transportes, pode se ter uma visão de qual competitiva são as infraestruturas desses países frente ao mundo. Nesses aspectos temos a analise em *score* que quantifica de 0 a 100 o quão competitiva é a infraestrutura de transporte de cada país. Nela a Austrália tem um score de 60,8 e o Brasil de 45,6 como pode ser observada na Tabela 6. Essa diferença é vista de uma melhor forma quando analisamos o ranking mundial onde o Brasil se encontra na 85ª posição e a Austrália na 38ª posição.

Global Competitiveness Index		
Infraestrutura de Transportes		
	Brasil	Austrália
Score (0–100)	45,6	60,8
Ranking/141	85	38

Tabela 6 – Índice de Competitividade Global no quesito infraestrutura de transportes.

Fonte: World Economic Forum (2019) [12].

A tabela 6 ilustra a diferença considerável existente entre os dois países, e como esta influenciada competitividade em termos de infraestrutura de transporte, onde os australianos se mostram bem à frente dos brasileiros, mostrando uma situação melhor e consequentemente conseguindo um diferencial competitivo frente aos concorrentes brasileiros.

CONCLUSÕES

A infraestrutura de transporte apresenta um importante diferencial competitivo, ela assim como outros fatores pode viabilizar ou inviabilizar os investimentos por conta de seus custosde operação associados. Brasil e Austrália hoje se configuram como maiores exportadores de minério de ferro para China, principal comprador de ambos os países, e, nesse contexto, os custos com transportes podem se configurar como um dos entraves a serem superados, uma vez que o fluxo do comercio de mineiro de ferro se dá em grande escala, utilizando-se assim muito dos recursos de infraestrutura de transporte de cada pais.

A análise feita neste trabalho mostra de forma evidente uma vantagem competitiva australiana. Na atualidade este país detém um custo logístico bem abaixo do que o brasileiro, podendo ser justificado por a mesma ter grande parte da sua malha rodoviária já pavimentada. Com isso a Austrália apresentasse Índices de Eficiência Logísticas melhores

que os brasileiros, hoje a Austrália gasta menos com toda sua logística do que o Brasil apenas com sua parte de transporte. Fica ainda mais nítido o quão impactante é a importância da infraestrutura de transportes quando olhamos para o índice de competitividade global onde novamente o Brasil aparece abaixo da Austrália no ranking da categoria, muito por conta do diferencial australiano em infraestrutura de transportes.

O Brasil hoje tem como seu principal diferencial frente a Austrália os teores dos minérios de ferro extraídos, e com isso consegue equilibrar a disputa com os australianos para a exportação de mineiro para a China. O problema de infraestrutura de transporte brasileiro é ainda mais agravado quando olhamos para as posições geográfica dos 3 países, os concorrentes australianos além de ter custos logísticos menores que os brasileiros, geograficamente estão muito mais perto de seu comprador, com isso ainda além de reduzirem o custo com transporte ainda ganham uma vantagem competitiva de poder entregar o minério de ferro aos chineses em um meno rprazo de tempo.

Com isso se faz de suma importância os investimentos em infraestrutura de transporte, para que o Brasil possa cada vez mais diminuir essa diferença, e com isso ganhar mais competitividade no mercado, visto que o minério brasileiro tem uma qualidade superior ao australiano, equilibrando os custos, o Brasil se veria a frente da Austrália nas negociações com os chineses. É claro que, fatores como os fatores geográficos não podem ser mudados, mas medidas precisam ser tomadas para se diminuir os impactos nos tempos de entrega e nos custos dessas exportações para os chineses.

REFERÊNCIAS

1. MARIOTTO, Fábio L. O Conceito de Competitividade.*Revista de Administração de Empresas*, v. 31, n. 2, p. 37–52, (1991). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v31n2/v31n2a04.pdf>.

2. LOPEZ, J,M, C; GAMA, Marilza. *Comércio Exterior Competitivo*. [S.l:s.n.], (2010).

3. MOREIRA, Santana Paloma; GOMES, Maciel Fernandes Marília; CORONEL, Arruda Daniel. a análise da competitividade das exportações brasileiras de minério de ferro, de (2000 a 2008. v. 6776, p.422, 2016).

4. U.SGEOLOGICALSURVEY. Mineral commodity sumaries 2020. Reston, Virgínia. (2020).

5. CARVALHO, Victor Vasconcelos. MERCADO INTERNACIONAL DE MINÉRIO DE FERRO Mercado Internacional De Minério De. (2017).

6. CNT. ANUÁRIO CNT DO TRANSPORTE: estatísticas consolidadas. Confederação Nacional do Transporte, Brasília, 2018.

7. BITRE. AUSTRALIAN INFRAESTRUCTURE YEARBOOK.Bureau of infrastructure, Transportand Regional Economics. Camberra, Austrália. 2018

8. DPPI. Relatório Corredores Logísticos Estratégicos–Ministério dosTransportes, Portos e Aviação Civil (2018).

9. WORLD BANK. The World Bank 2019

10. IPEA. Reflexões sobre Investimento em Infraestrutura de Transporte no Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2016.

11. ABS. Australian Bureau of Statistics, 20 de Outubro de 2019.

12. World Economic Forum.Global Competitiveness Report 2019: How to end a lost decade of productivity growth. The World Economic Forum. Geneva. 2019.

CAPÍTULO 5

A PANDEMIA DA COVID-19 E OS IMPACTOS PARA A MOBILIDADE URBANA

Data de aceite: 01/07/2021
Data de submissão: 01/05/2021

Cecília de Freitas Vieira Couto
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/5390876010313516

Gabriela Dantas Medeiros
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/9383989390713987

Maria Fernanda Pereira Alves
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/2011140120208082

Clovis Dias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/5191256221929965

Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/4239107430922433

Nilton Pereira de Andrade
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
João Pessoa – Paraíba
http://lattes.cnpq.br/8562093622305647

RESUMO: A pandemia do novo coronavírus impactou a sociedade em diversos aspectos e na mobilidade urbana não foi diferente. Consequências ambientais, econômicas e sociais fizeram com que a população e governantes reavaliassem como ocorrem os deslocamentos diários no mundo. O presente artigo tem como objetivo investigar, através de revisão bibliográfica e análise de dados, as contribuições que a pandemia pode deixar para as cidades com relação à mobilidade urbana, e o que alguns países estão fazendo para aproveitar essa oportunidade. Verificou-se que uma série de lições podem ser tiradas do atual momento e que podem melhorar a forma de se locomover nas cidades e a qualidade de vida em geral. Alguns países têm aproveitado o momento para implantar soluções rápidas e de baixo custo, que viabilizem os deslocamentos e assegurem o distanciamento necessário, mas que tendem a permanecer mesmo após a pandemia.
PALAVRAS-CHAVE: Coronavírus. Deslocamentos. Lições. Impacto.

THE COVID-19 PANDEMIC AND IMPACTS ON URBAN MOBILITY

ABSTRACT: The pandemic of the new coronavirus impacted society in several aspects and urban mobility was no different. Environmental, economic and social consequences have caused the population and government officials to reevaluate how daily displacements in the world occur. This article aims to investigate, through bibliographic review and data analysis, the contributions that the pandemic can make to cities in relation to urban mobility, and what some countries are doing to take advantage of this opportunity. It was found that a series of lessons

can be drawn from the current moment and that they can improve the way of getting around cities and the quality of life in general. Some countries have taken advantage of the moment to implement quick and low-cost solutions that make travel possible and ensure the necessary distance, but which tend to remain even after the pandemic.
KEYWORDS: Coronavirus. Displacements. Lessons. Impact.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, o mundo enfrenta uma grande pandemia de Covid-19, que teve seu primeiro caso oficial relatado na China. Como declarou a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 30 de janeiro de 2020, o surto dessa doença constitui uma emergência de saúde pública internacional (OPAS, 2020).

O novo coronavírus afetou diretamente o dia a dia da população mundial. Os decretos de quarentenas fizeram com que as pessoas começassem a mudar seus hábitos e a refletirem sobre o conceito de novo normal, que seria a proposta de um novo padrão que garanta a sobrevivência humana.

Nota-se que a pandemia da Covid-19, ocasionou diversos impactos não só de ordem biomédica e epidemiológica em escala global, mas também impactos sociais, econômicos, políticos, culturais e históricos sem precedentes na história recente das epidemias (FIOCRUZ, 2020). Os impactos gerados pela pandemia se diferenciam em cada país, pois dependem diretamente da forma como cada governo reagiu à crise do coronavírus.

O mundo será diferente quando acabar a pandemia da Covid-19. É o que afirmam os especialistas. Na mobilidade urbana, algumas dessas mudanças podem ser muito positivas para a saúde das pessoas e do planeta (RIBEIRO, 2020b). Após semanas de medidas rigorosas de confinamento para a contenção do coronavírus, as cidades voltam a se mover e medidas que seriam temporárias poderão vir a ser permanentes (KUEBLER, 2020).

Logo, este artigo tem por objetivo principal observar as lições que a pandemia pode deixar para as cidades, com relação à mobilidade urbana, e o que alguns países, assim como o Brasil, estão fazendo para aproveitar essa oportunidade. Mais especificamente, busca-se apresentar os impactos que ocorreram na mobilidade urbana devido à pandemia, sejam esses de ordem social, econômica ou ambiental; observar lições que podem ser tiradas com base nesses impactos e nas necessidades das pessoas dentro das cidades e, por fim, avaliar as medidas que estão sendo adotadas em outros países e que podem ser aplicadas no Brasil.

Por se tratar de um evento muito recente e que se encontrava em plena evolução ao longo do período da pesquisa, não havia produção científica em periódicos ou anais de congressos publicados sobre o tema. Sendo assim, a metodologia utilizada consistiu de uma pesquisa bibliográfica em sites oficiais, comunicações técnicas, relatórios e matérias veiculadas durante o período da quarentena, com as informações sendo verificadas em várias fontes para assegurar a veracidade do que estava sendo considerado no estudo, e

que resultou com o foco em quatro países: Brasil, Estados Unidos, França e México.

2 | ENTENDENDO A PANDEMIA

Para entender melhor a pandemia do novo coronavírus, faz-se necessário saber o que é a COVID-19, como surgiu e como o vírus dessa doença afetou tanto o dia a dia da população mundial. De acordo com Azevedo (2020), Tyrrel e Bynoe registraram o primeiro caso de coronavírus em humanos em 1965, em uma criança com quadro de resfriado. Segundo o Ministério da Saúde do Brasil, a Covid-19 é uma doença causada por um tipo desse vírus (SAÚDE GOV, 2020).

A pandemia do novo coronavírus teve início entre setembro e dezembro de 2019, em Wuhan na China, em um grupo de pessoas com sintomas de pneumonia ocasionada por um agente desconhecido na época (AZEVEDO, 2020). Ainda não se tem certeza de como surgiu a Covid-19, mas vários estudos buscam resolver esse mistério. Acredita-se que o coronavírus migrou do animal para o homem, porém, até então ainda não está comprovado como foi que isso de fato ocorreu. A suspeita principal é que tenha acontecido pelo contato do homem com o morcego, pangolim, ou outra espécie desconhecida, durante a manipulação destes animais como alimentos exóticos em feiras chinesas (SANTANA, 2020). O coronavírus se espalhou no mundo através de indivíduos infectados que se deslocavam e transmitiam o vírus para outras pessoas.

Não poder abraçar, apertar a mão ou até visitar os parentes e amigos afetou diretamente a população de todo o mundo. O isolamento ocasionou o fechamento temporário de lojas e comércios em geral, funcionando apenas serviços básicos e essenciais. Foi possível ver a mobilidade urbana se transformando, menos veículos circulando nas ruas e pessoas buscando uma mobilidade ativa para se deslocar de forma segura, o que pode representar uma grande oportunidade para as cidades refletirem sobre suas infraestruturas de micromobilidade e repensarem a mobilidade em geral.

3 | AS MEDIDAS DE ISOLAMENTO PELO MUNDO

Foi possível ver grandes medidas de distanciamento em todo o mundo. A pandemia impôs à sociedade um isolamento social a fim de conter a propagação da doença. No Brasil, coube a cada estado decidir que medidas seriam adotadas para promover o distanciamento social. Apesar disso, os estados adotaram ações semelhantes, desde a suspensão de aulas até o fechamento total ou parcial do comércio (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Tais medidas foram aplicadas de acordo com a intensidade de casos em cada estado. O estado de São Paulo, epicentro da doença no Brasil, foi um dos primeiros a adotar a quarentena com o objetivo de desacelerar o coronavírus, permitindo apenas a abertura de estabelecimentos tidos como serviços essenciais (ZYLBERKAN, 2020).

Já nos Estados Unidos, a cidade de Nova York foi a área mais afetada pelo coronavírus, segundo dados da Universidade Johns Hopkins (GIL, 2020). Não houve, no país, a adoção de uma quarentena total, como ocorreu na Itália, Espanha e na França (R7, 2020). Assim como no Brasil, as medidas variaram de acordo com o número de casos em cada estado. Contudo, o governo dos EUA determinou o fechamento de escolas, solicitou que fossem evitados encontros com mais de 10 pessoas, visitas a restaurantes e bares e pediu que todos os idosos ficassem em casa (BBC, 2020b).

Na França, o governo solicitou à população que ficasse em isolamento, proibiu encontros ao ar livre e afirmou que os franceses só poderiam sair de casa para realizar deslocamentos essenciais, sempre mantendo o distanciamento social (GAZETA DO POVO, 2020). Desse modo, as pessoas que violassem as medidas restritivas seriam punidas (BBC, 2020b). Em Paris, que se tornou o epicentro do novo coronavírus no país, as medidas de isolamento adotadas incluíram o fechamento de mercados ao ar livre e instruções para as pessoas ficarem em casa (BORGES, 2020). A França declarou quarentena total de duas semanas (HERTMANN, 2020). O país afirmou que a quarentena foi responsável por salvar muitas vidas, porém admitiu que manter restrições significaria enfrentar o risco de uma crise severa na economia (VALOR, 2020).

No México, após a confirmação do primeiro caso de Covid-19, o governo demorou para impor medidas de isolamento, entretanto, as principais cidades do país entraram em auto isolamento. Após um tempo, o governo solicitou à população que ficassem em casa (LABS, 2020). Com o início da quarentena foram proibidas reuniões, suspensas atividades não essenciais no setor público, privado e social e foi solicitado à população que ficasse em casa voluntariamente. Em alguns estados, foram impostos toques de recolher e pena de prisão para quem violasse as regras (BBC, 2020a). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o México foi tido como exemplo em relação a alguns países da Europa. Segundo o representante da OMS no México, países como França, Alemanha, Espanha e Itália, tomaram medidas de distanciamento social quando tiveram mais de três ou quatro vezes mais casos que o México (GINEL, 2020).

De modo geral, o Brasil, Estados Unidos, México e França apresentaram planos de flexibilização que permitem um afrouxamento das medidas adotadas inicialmente, com o objetivo principal de retomar as atividades econômicas de cada país.

4 | OS IMPACTOS SOBRE A MOBILIDADE URBANA

Alguns impactos sobre a mobilidade urbana puderam ser observados devido ao alto grau de contágio do novo coronavírus e, portanto, à necessidade de permanecer em casa e manter um distanciamento mínimo. São impactos, a princípio, sociais, econômicos ou ambientais, mas que apresentam forte relação com a mobilidade urbana. Em geral houve uma drástica diminuição da locomoção nas cidades, que se encontraram vazias, e há um

temor com relação à volta às atividades normais à medida que o isolamento vai sendo flexibilizado.

A necessidade de permanecer em casa obrigou muitas pessoas a trabalharem em sistema de home office, que foi um desafio para alguns, mas que vem sendo uma alternativa vantajosa para muitas pessoas e empresas. Segundo o Kantar Thermometer (2020), edição de abril, no Brasil as compras online também aumentaram e, dos consumidores que usam os canais de e-commerce, 54% consideram essa experiência mais positiva do que as compras feitas em lojas físicas, e 53% afirmam que continuarão comprando novos produtos e serviços que começaram a comprar online durante a pandemia.

Moradores de grandes cidades e imagens de satélite feitas pela Agência Espacial Europeia registraram uma diminuição da poluição atmosférica (AMARAL, 2020). Em 2020, espera-se que as emissões de carbono caiam de 4 a 7% com relação a 2019, principalmente devido à queda de 50% nas emissões de transportes superficiais ao redor do mundo (LE QUÉRÉ et al, 2020).

A demanda pelo transporte público caiu drasticamente com o início do isolamento social, seja pelo medo da doença ou por regulamentação governamental para que as pessoas ficassem em casa. Mesmo com a flexibilização do isolamento, a demanda por esse tipo de transporte é consideravelmente menor do que antes da pandemia, pois contribui para a formação de aglomerações ao mesmo tempo em que há a necessidade de manter um distanciamento social mínimo enquanto não houver vacina ou cura para a Covid-19. Com isso, a receita das operadoras de transporte público cai, podendo comprometer o serviço, por falência das empresas ou aumento das tarifas, por exemplo. Nesse momento, é nítida a necessidade de subsídios para o transporte público.

Na Ile-de-France, na França, as operadoras trabalham para conseguir ofertar 100% das suas frotas assim que possível, de acordo com o aumento da demanda, porém a quantidade de pessoas por viagem foi limitada. Estima-se então que a capacidade das redes de ônibus, trens, metrôs e VLTs caia para 15 a 20% com relação a antes da pandemia, devido à diminuição da frota e da quantidade de pessoas por viagem (CAZI, 2020). A IDFM, autoridade que controla a rede de transportes públicos na região, estima que vai perder 2,6 bilhões de euros em 2020 (CAPITAL, 2020).

Neste cenário, há em geral uma preferência pelo transporte individual motorizado ao transporte público. No Brasil, segundo uma pesquisa da USP, 58% dos brasileiros entrevistados pretendem se deslocar pela cidade por meio de carro particular após a pandemia. A pesquisa afirma que essa escolha pode retratar também a realidade de grandes trajetos no dia a dia, que demonstram baixa heterogeneidade e má distribuição dos serviços urbanos (XIMENES et al, 2020). Se outra alternativa não for oferecida, a opção pelo carro certamente vai piorar consideravelmente os problemas de congestionamentos e de poluição atmosférica nas cidades.

Por ser um meio de transporte de baixo custo e seguro, do ponto de vista do

distanciamento entre as pessoas e por ser individual, a bicicleta vem sendo uma alternativa muito adotada pelas pessoas ao redor do mundo desde que a pandemia começou.

Nos Estados Unidos, as vendas de bicicletas adultas mais básicas, vendidas a preços inferiores a 200 dólares, duplicaram no mês de abril em comparação com o mesmo mês do ano passado, segundo pesquisa do NPD Group (2020). No Brasil, a compra de bicicletas também aumentou, tendo sido registrado um aumento de 50% nas vendas de bicicleta em comparação com o ano anterior, segundo dados da Associação Brasileira do Setor de Bicicletas (ALIANÇA BIKE, 2020).

5 | AS LIÇÕES QUE PODEM SER TIRADAS PARA A MOBILIDADE URBANA

A partir dos impactos do isolamento social sobre a mobilidade urbana e da necessidade de garantir locomoção para todas as pessoas, a pandemia foi capaz de escancarar algumas necessidades urgentes das cidades, para que elas possam fornecer qualidade de vida aos seus habitantes.

Percebe-se que o setor de transportes realmente tem grande contribuição na poluição atmosférica e que a quantidade e o tamanho dos trajetos precisam ser revistos. A poluição gerada por transportes motorizados deve, portanto, ser levada a sério, tanto pelo poder público quanto pela população, pois além de se tratar de uma questão ambiental, é também de saúde pública, tendo em vista as doenças respiratórias relacionadas.

O aumento do home office e de novos adeptos de compras online podem contribuir para uma certa diminuição da quantidade de trajetos mesmo após a pandemia, sejam viagens antes realizadas para ir e voltar do trabalho ou para fazer alguns tipos de compras. São medidas que podem ser incentivadas para a diminuição da quantidade de veículos nas ruas e então a diminuição de congestionamentos.

O transporte público é visto como um potencial concorrente do transporte individual motorizado, devido à sua eficiência de locomoção, quando ele é priorizado pelo poder público e o serviço ofertado é de qualidade. Porém, esse meio de transporte precisará ser revisto no mundo inteiro e não poderá voltar a funcionar da mesma maneira que antes, enquanto não houver uma cura ou uma vacina para a Covid-19. Há um distanciamento mínimo de segurança entre as pessoas que deverá ser respeitado e assegurado pelo poder público. Por outro lado, a diminuição do número de passageiros por viagem e um aumento da frota, para evitar a superlotação, colocam em risco a sobrevivência das empresas de ônibus, trens e metrôs.

Em países desenvolvidos, é comum o governo bancar quase a totalidade dos custos com o transporte público. A França cobra uma taxa de transporte das empresas, Nova York destina parte dos impostos sobre propriedades para seu financiamento e há outros lugares no mundo onde há uma taxação de combustíveis fósseis ou arrecadações do licenciamento dos automóveis que são destinados à mobilidade urbana (RIBEIRO, 2020a). Em geral

no Brasil, é oferecido transporte público de baixa qualidade e superlotado, financiado essencialmente pela tarifa paga pelos próprios usuários.

Fica clara, então, a necessidade, mais do que nunca, de subsídios para o transporte público, a fim de que não haja aumento das tarifas pagas pelos usuários, que no Brasil em geral já é alta, e de que seja assegurado o direito de locomoção de todos os cidadãos, independente da classe social.

Em geral, nos últimos anos, existe uma luta contra o uso de carros, principalmente devido à poluição e ao espaço que eles ocupam nas ruas, com apenas um ou dois passageiros, em boa parte das vezes. Se após o isolamento social a preferência for mesmo pelo veículo individual motorizado, além de ir contra tudo que vem sendo conquistado, as cidades não vão suportar a quantidade de automóveis e os congestionamentos serão ainda mais caóticos.

É preciso investir na micromobilidade, pois se trata de uma alternativa de locomoção individual, segura e que alivia o transporte público e o congestionamento das vias, além de não poluir o ar. É preciso incentivá-la e torná-la cada vez mais atrativa, principalmente para trajetos curtos, com investimentos em caminhos mais verdes, limpos e devidamente iluminados, em calçadas homogêneas e acessíveis e na segurança pública, por exemplo.

Durante o isolamento social, 5% dos brasileiros entrevistados na pesquisa do Kantar Thermometer (2020), afirmaram que começaram a comprar em supermercados mais próximos de casa, podendo dessa forma evitar aglomerações de pessoas nos maiores estabelecimentos. Isso mostra a necessidade de um melhor planejamento dos bairros, de maneira que habitação, comércio e serviços estejam mais próximos e favoreçam cada vez mais a locomoção a pé, de bicicleta, de patins, de patinete, etc. Dessa forma é possível adaptar as cidades às pessoas, que há muito tempo vêm sendo planejadas quase que unicamente para os automóveis.

Muito do que foi citado acima são conceitos antigos, que contribuem para cidades mais sustentáveis, que exijam um menor número de viagens, menos gastos, menos poluição e mais qualidade de vida para as pessoas e para cidades mais democráticas, onde todas as classes desfrutam do direito de se locomover. Percebe-se que não são novas lições e soluções, são necessidades já defendidas há algum tempo por muitos urbanistas. A pandemia apenas evidenciou a necessidade de fazer as “cidades para as pessoas” mais do que nunca, como o livro do arquiteto dinamarquês Jan Gehl (GEHL et DI MARCO, 2013).

6 | EXEMPLOS DE MEDIDAS APLICADAS NA MOBILIDADE URBANA

Apesar de serem recentes, muitos países ao redor do mundo já estão percebendo essas oportunidades geradas pela quarentena para a mobilidade urbana. Esses locais estão aproveitando que, devido às medidas de isolamento social, há menos veículos circulando nas ruas, para implantar mudanças sobre a forma de locomoção da população.

Na França, a prefeita de Paris, Anne Hidalgo, está aproveitando para instalar seu plano de tornar a capital francesa em uma "cidade de quinze minutos". Esse termo, que foi inspirado nas "cidades vivas" da ativista Jane Jacobs, significa que, na cidade ideal, os moradores conseguiriam suprir suas necessidades realizando viagens de no máximo 15 minutos, utilizando, para isso, a locomoção a pé, por meio de bicicletas, de veículos elétricos compartilhados ou de um transporte público sustentável (O ESTADÃO, 2020).

Para chegar a esse objetivo, o governo parisiense está aplicando medidas como a criação de mais de 50 km de ciclovias e o fechamento de mais de 30 ruas para acesso restrito de pedestres e ciclistas. Além disso, o governo investirá 20 milhões de euros para estimular o ciclismo após a quarentena, incluindo um subsídio de 50 euros para os cidadãos repararem ou ajustarem suas bicicletas (MOBILIZE, 2020).

O México lançou o "Plano de mobilidade para uma nova normalidade", denominado de "Mobilidade 4S para o México: Saúde, Segurança, Sustentabilidade e Solidariedade". Esse documento foi desenvolvido com o objetivo de "propor uma resposta abrangente às necessidades de mobilidade de pessoas e de bens, bem como a urgência de adaptar nossas sociedades e território e reativar a economia de maneira saudável, segura, sustentável e solidária". Nesse plano estão previstas ações como a instalação de pistas exclusivas para o transporte público, a expansão dos espaços destinados para pedestres, a criação de ciclovias emergentes, a instalação de estacionamento para bicicletas, o monitoramento da qualidade do ar, a redução dos limites de velocidade, o suporte à compra e reparo de bicicletas e a redução de tráfego nas vias principais, por exemplo (GOVERNO DO MÉXICO, 2020).

Alguns projetos utilizaram como base esse plano e já estão sendo implantados. Um deles, intitulado "Cidade em movimento: Ciclovías emergentes", foi adotado em Puebla, capital do estado de mesmo nome, no início de junho. O objetivo do projeto é instalar 26 km de ciclovias emergentes. Outro projeto, denominado "BiciRuta Emergente y Programa Emergente de Bici Pública", aplicado em San Pedro Garza García, Nuevo León, em maio deste ano. Neste projeto, 6,5 km de ciclovias foram implantadas e um programa emergente de bicicletas públicas foi instalado, permitindo que essas sejam alugadas gratuitamente nas estações ao longo da ciclovia. E tem ainda o chamado de "Emerging Ciclovías", que foi instalado na Cidade do México no início de junho. Nessa proposta, 54 km de ciclovias emergentes serão instaladas em diferentes áreas da cidade (GOVERNO DO MÉXICO, 2020).

Nos Estados Unidos, foi lançado o projeto *Slow Streets*, que prevê a limitação do tráfego em determinadas ruas residenciais e a permissão para que essas sejam usadas como um espaço compartilhado. A ideia é utilizar ferramentas simples, como sinais e cones temporários, para desviar a circulação de veículos e diminuir a velocidade geral. O principal objetivo é, por meio da minimização do tráfego de veículos e da priorização da caminhada e do uso da bicicleta, fornecer mais espaço para o distanciamento social durante viagens

essenciais (SFMTA, 2020).

Esse projeto já está sendo adotado em diversas cidades americanas como, por exemplo, Oakland, onde mais de 21 milhas (cerca de 34 km) foram fechadas parcialmente (CITY OF OAKLAND), São Francisco, que já implantou o *Slow Streets* em 17 ruas e planeja ampliar o programa (SFMTA, 2020), e em Baltimore, onde foi aprovada uma lei que garante que o projeto seja aplicado em, no mínimo, 25 milhas (cerca de 40 km) de ruas da cidade (DOT). O *Slow Streets* também foi aplicado em Los Angeles, Columbus, New Jersey, Houston, Petaluma, Glendale, Fayetteville, Buffalo, Dallas, Tucson, Boston, Washington, entre outras cidades. O projeto também está sendo aplicado em cidades de outros países, a exemplo da capital canadense, Vancouver, onde 40 km de ruas já foram transformadas (CITY OF VANCOUVER).

No Brasil, dentre as poucas medidas registradas durante o período de quarentena, uma que merece destaque foi o lançamento da proposta da Taxa de Uso do Sistema Viário, pelo ex-secretário de transportes de São Paulo, o engenheiro Lúcio Gregori. Nessa proposta, Gregori estabelece uma forma alternativa de financiamento do transporte público, a partir da cobrança de uma Taxa de Utilização do Sistema Viário (TUSV). Essa taxa dependeria do tipo de veículo e seria aplicada a carros, motos, camionetas e caminhões. A proposta busca, ainda, desestimular a utilização de veículos individuais motorizados e reduzir a poluição da atmosfera (GREGORI, 2020). No entanto, este plano ainda está em discussão, faltando muito para ser aplicado de fato na prática.

As medidas que já foram e que estão sendo aplicadas ao redor do mundo não se restringem aos países citados. Ações realizadas na Colômbia, na Itália, na Austrália, etc. mostram que a tomada de decisões para a mobilidade urbana utilizando as lições retiradas da quarentena é uma tendência global.

7 | CONCLUSÃO

Como já dito, a pandemia do novo coronavírus provocou inúmeras mudanças na vida da população mundial. Na mobilidade urbana não foi diferente. Com o fechamento do comércio considerado não essencial, a suspensão de aulas e a instalação de regimes de teletrabalho, grande parte dos deslocamentos diários foram interrompidos e/ou modificados.

Diante disso, foram registrados vários impactos na mobilidade urbana, de ordem social, econômica e ambiental. Esses, em menor ou maior escala, fizeram com que a população em geral e os governos dos países repensassem o funcionamento da mobilidade urbana do mundo antes da pandemia.

A partir dessa análise, foram retiradas inúmeras lições que as quarentenas ao redor do mundo podem deixar para a mobilidade urbana. Em vários países, essas lições já estão sendo aprendidas e colocadas em prática. Uma dessas lições é o crescimento e popularização da mobilidade ativa, com as pessoas buscando cada vez mais meios de

locomoção mais rápidos, seguros, saudáveis e sustentáveis, e os governantes adotando medidas para incentivar essa mudança de hábito.

Porém, ao contrário do que vem sendo observado em tais locais, o Brasil não promoveu, até então, ações significativas na mobilidade urbana baseadas nas lições que foram obtidas durante a quarentena. Isso é extremamente prejudicial para o setor de transportes brasileiros, tendo em vista que os impactos apresentados anteriormente também ocorreram no Brasil.

Destaca-se que, assim como em outros lugares, a mobilidade ativa está ganhando cada vez mais adeptos entre a população brasileira, como pode-se verificar pelo aumento da venda de bicicletas (ALIANÇA BIKE, 2020), por exemplo. Contudo, essa forma de se locomover acaba esbarrando na falta de infraestrutura básica para consolidar-se no cenário brasileiro.

Medidas como a instalação de políticas de subsídio do transporte público, de ampliação das ciclovias, de aplicação de ações de desestímulo do uso do transporte individual motorizado, de melhora na segurança pública e de circulação de pedestres e ciclistas, por exemplo, se mostraram urgentes durante a quarentena, não apenas para gerar condições mínimas para mobilidade ativa, mas também para melhorar a qualidade de vida da população como um todo.

No entanto, essas medidas não são frutos de uma discussão recente, pelo contrário, representam problemas brasileiros antigos. O que surgiu de novo foi a oportunidade gerada pela pandemia da Covid-19, onde o comportamento tido como normal das pessoas está sendo modificado. Se essa oportunidade não for aproveitada, isto é, caso as lições deixadas pela quarentena não forem absorvidas e colocadas em prática, a mobilidade urbana sofrerá cada vez mais com congestionamentos, insegurança, poluição, etc.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Veja as medidas que cada estado está adotando para combater a Covid-19**. Agência Brasil. 28 de março de 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-03/veja-medidas-que-cada-estado-esta-adotando-para-combater-Covid-19>. Acesso em julho de 2020.

ALIANÇA BIKE. **Impactos da crise do coronavírus para as lojas de bicicletas.** Aliança Bike - Associação Brasileira do Setor de Bicicletas. 2020.

AMARAL, A. C. **Queda na poluição inspira busca por soluções sustentáveis pós-pandemia**. Folha de São Paulo. 04 de junho de 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2020/06/queda-na-poluicao-inspira-busca-por-solucoes-sustentaveis-pos-pandemia.shtml>. Acesso em julho de 2020.

AZEVEDO, H. L. **Revisão de literatura - Covid-19 e SARS-COV-2.** IFPE. 2020. Disponível em: <https://portal.ifpe.edu.br/campus/barreiros/noticias/professor-de-biologia-do-campus-barreiros-divulga-artigo-sobre-o-coronavirus/revisao-de-literatura-Covid-19.pdf>. Acesso em julho de 2020.

BBC (2020a). **Coronavírus o mapa interativo que mostra as medidas e tipos de isolamento adotados na América Latina**. BBC. 28 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-52248493>. Acesso em julho de 2020.

BBC (2020b). **Coronavírus: as medidas mais recentes tomadas por governos no Brasil e no mundo contra a pandemia**. BBC. 16 de março de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-51914511>. Acesso em julho de 2020.

BORGES, A. **Paris torna-se o epicentro do surto de Covid-19 em França.** Euronews. 27 de março de 2020. Disponível em: <https://pt.euronews.com/2020/03/27/paris-torna-se-o-epicentro-do-surto-de-Covid-19-em-franca>. Acesso em julho de 2020.

CAPITAL. **La facture très salée du coronavirus pour la RATP en 2020.** Capital. 08 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.capital.fr/entreprises-marches/la-facture-tres-salee-du-coronavirus-pour-la-ratp-en-2020-1374889>. Acesso em julho de 2020.

CAZI, E. **En Ile-de-France, le casse-tête des transports publics face au déconfinement.** Le Monde. 10 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/05/10/en-ile-de-france-le-casse-tete-des-transports-publics-face-au-deconfinement_6039207_3234.html>. Acesso em julho de 2020.

CITY OF OAKLAND. **Oakland Slow Streets**. Disponível em: <https://www.oaklandca.gov/projects/oakland-slow-streets>. Acesso em julho de 2020.

CITY OF VANCOUVER. **Oakland Slow Streets**. Disponível em: <https://vancouver.ca/home-property-development/slow-streets.aspx>. Acesso em setembro de 2020.

DOT. **Slow Streets Program**. BALTIMORE CITY DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (DOT). Disponível em: <https://transportation.baltimorecity.gov/slow-streets-program>. Acesso em setembro de 2020.

FIOCRUZ. **Impactos sociais, econômicos, culturais e políticos da pandemia**. FIOCRUZ. 2020. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/impactos-sociais-economicos-culturais-e-politicos-da-pandemia>. Acesso em julho de 2020.

GAZETA DO POVO. **Coronavírus: França prevê quarentena geral por 15 dias**. Gazeta do Povo. 16 de março de 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/mundo/breves/coronavirus-franca-isolamento/>. Acesso em julho de 2020.

GEHL, J; DI MARCO, A. **Cidades para pessoas**. 1ª edição. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GIL, T. **Coronavírus: como os EUA, com mais de 245 mil casos, se tornaram epicentro de epidemia.** BBC. 3 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-52153503>. Acesso em julho de 2020.

GINEL. F. **México toma medidas contra Covid-19.** Newtral. 28 de março de 2020. Disponível em: <https://www.newtral.es/mexico-medidas-coronavirus/20200328/>. Acesso em julho de 2020.

GOVERNO DO MÉXICO. **Movilidad 4s para México: Saludable, Segura, Sustentable y Solidaria**. Mobilize. 2020. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/mobilidade-4s-para-o-mexico.pdf>. Acesso em julho de 2020.

GREGORI, L. **Uma nova forma de financiar a tarifa do transporte público.** Mobilize. 21 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/12070/uma-nova-forma-para-financiar-a-tarifa-do-transporte-publico.html>. Acesso em julho de 2020.

HERTMANN, M. **Veja as medidas dos países que conseguiram conter o coronavírus.** Gauchazh. 20 de março de 2020. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/saude/noticia/2020/03/veja-as-medidas-dos-paises-que-conseguiram-conter-o-coronavirus-ck80lgsaq06gf01pqhx9gbw94.html>. Acesso em julho de 2020.

KANTAR THERMOMETER. **Consumer Thermometer #4 - Os impactos do Covid-19 no consumo, mídia e marcas**. 2020.

KUEBLER, M**. Como a pandemia está transformando a mobilidade urbana.** DW. 18 de maio de 2020. Disponível em <https://www.dw.com/pt-br/como-a-pandemia-est%C3%A1-transformando-a-mobilidade-urbana/a-53458785>. Acesso em julho de 2020.

LABS. **As 3 principais medidas adotadas (até agora) pelas duas maiores economias da América Latina**. LABS. 12 de abril de 2020. Disponível em: <https://labs.ebanx.com/pt-br/artigos/economia/coronavirus-brasil-mexico-medidas-economicas/>. Acesso em julho de 2020.

LE QUÉRÉ, C.; R. B. JACKSON; M. W. JONES; A. J. P. SMITH; S. ABERNETHY; R. M. ANDREW; A. J. DE-GOL; D. R. WILLIS; Y. SHAN; J. G. CANADELL; P. FRIEDLINGSTEIN; F. CREUTZIG e G. P. PETERS. **Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the Covid-19 forced confinement.** DOI: 10.1038/s41558-020-0797-x. 18 de maio de 2020.

MOBILIZE. **Paris limita carros, amplia ciclovias e abre ruas para pedestres**. Mobilize. 05 de maio de 2020. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/12094/paris-limita-carros-amplia-ciclovias-e-abre-ruas-para-pedestres.html>. Acesso em julho de 2020.

NPD GROUP. **Cycling Industry Sales Growth Accelerates in April.** NPD Group. 16 de junho de 2020. Disponível em: <https://www.npd.com/wps/portal/npd/us/news/press-releases/2020/cycling-industry-sales-growth-accelerates-in-april/>. Acesso em julho de 2020.

O ESTADÃO. **Cidade ideal deveria ser tão saudável quanto verde.** O Estadão. 31 de maio de 2020. Disponível em: <https://paginadoestado.com.br/cidade-ideal-deveria-ser-tao-saudavel-quanto-verde/>. Acesso em julho de 2020.

OPAS**. Folha informativa – Covid-19 (doença causada pelo novo coronavírus).** OPAS. 31 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:Covid19&Itemid=875>. Acesso em julho de 2020.

R7. **Trump pede isolamento voluntário nos EUA para evitar coronavírus**. R7. 16 de março de 2020. Disponível em: <https://noticias.r7.com/internacional/trump-pede-isolamento-voluntario-nos-eua-para-evitar-coronavirus-16032020>. Acesso em julho de 2020.

RIBEIRO, R (2020a). **Transporte público tem que ter subsídio.** Mobilize Brasil. 20 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/12213/transporte-publico-tem-que-ter-subsidio-ouca-o-boletim-mobilize-131.html?print=s>. Acesso em julho de 2020.

RIBEIRO, R (2020b). **Boletim Mobilize #119: Lições de Milão.** Mobilize. 27 de abril de 2020. Disponível em <https://www.mobilize.org.br/noticias/12078/boletim-mobilize-119-licoes-de-milao.html>. Acesso em julho de 2020.

SANTANA, C. A. **Covid-19 e os novos especialistas das universidades google, facebook e whatsapp.** ICTQ. 22 de abril de 2020. Disponível em: <https://www.ictq.com.br/opiniao/1433-Covid-19-e-os-novos-especialistas-das-universidades-google-facebook-e-whatsapp>. Acesso em julho de 2020.

SFMTA. **Slow Streets Program.** Agência Municipal de Transportes de São Francisco (SFMTA). 2020. Disponível em: <https://www.sfmta.com/projects/slow-streets-program>. Acesso em julho de 2020.

VALOR**. França anuncia plano para flexibilizar quarentena a partir de 11 de maio**. Valor. 28 de abril de 2020. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2020/04/28/frana-anuncia-plano-para-flexibilizar-quarentena-a-partir-de-11-de-maio.ghtml>. Acesso em julho de 2020.

XIMENES, D. S. S.; G. M. N. SILVA; I. C. MAGLIO; J. B. CHIQUETTO; L. F. AMATO-LOURENÇO; M. P. VASCONCELLOS; P. R. JACOBI; S. M. V. COUTINHO e V. A. B. S. S. CÉSAR. **Emoções momentâneas: comportamentos e hábitos cotidianos pós-pandemia**. Centro de Síntese USP Cidades Globais do IEA/USP. 2020.

ZYLBERKAN, M. **Os desafios dos estados que começam a flexibilizar a quarentena no Brasil.** Veja. 12 de junho de 2020. Disponível em:<https://veja.abril.com.br/brasil/os-desafios-dos-estados-que-comecam-a-flexibilizar-a-quarentena-no-brasil/>. Acesso em julho de 2020.

SOBRE O ORGANIZADOR

CARLOS EDUARDO SANCHES DE ANDRADE - Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração (1999) e Engenharia de Produção (2004) ; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing (2001), MBA em Qualidade e Produtividade (2005) e Engenharia Metroferroviária (2017) ; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ (2009 e 2016). É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 - 2019), nas gerências de: Planejamento e Controle Operacional, Engenharia Operacional, Operação, Inteligência de Mercado, Planejamento de Transportes e Planejamento da Operação Metroviária (de trens, das linhas de ônibus Metrô Na Superfície, e das estações metroviárias). Experiências acadêmica e profissional nas áreas de: Engenharia de Transportes, Operação de Transporte, Planejamento da Operação, Transporte Público, Sustentabilidade, Engenharia de Produção, Gestão, Administração e Engenharia de Projetos, atuando principalmente nos seguintes temas: operação, avaliação de desempenho operacional, ferramentas de gestão e de controle operacional, documentação operacional, indicadores de desempenho, planejamento da operação, satisfação dos usuários de transporte, pesquisas e auditoria de qualidade, sustentabilidade, emissões de gases do efeito estufa em sistemas de transportes, planejamento e acompanhamento de projetos de engenharia e de melhoria em sistemas de transporte.

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
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

facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2021