

As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-145-9 DOI 10.22533/at.ed.459202906</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O PLANETA URBANO: A PELE QUE HABITAMOS E A CIDADE DENTRO DA CIDADE – <i>SMART CITIES</i>	
Adriana Nunes de Alencar Souza	
DOI 10.22533/at.ed.4592029061	
CAPÍTULO 2	14
A BICICLETA COMO “NOVO” MODO DE MOBILIDADE EM LISBOA	
João Carlos Duarte Marrana	
Francisco Manuel Camarinhas Serdoura	
DOI 10.22533/at.ed.4592029062	
CAPÍTULO 3	29
REDE CICLOVIÁRIA DO MUNICÍPIO DE AVEIRO: O QUE É E O QUE PODERIA SER	
José Otávio Santos de Almeida Braga	
Vanessa dos Santos Passos	
DOI 10.22533/at.ed.4592029063	
CAPÍTULO 4	40
A INTERAÇÃO ENTRE AS CIDADES E O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE ALTO DESEMPENHO À LUZ DE EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS	
Marne Lieggio Júnior	
Brunno Santos Gonçalves	
Sérgio Ronaldo Granemann	
DOI 10.22533/at.ed.4592029064	
CAPÍTULO 5	53
GESTÃO DE ENERGIA E POLUENTES EM TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS: UMA OTIMIZAÇÃO INTERMODAL SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	
Shadia Silveira Assaf Bortolazzo	
João Eugênio Cavallazzi	
Amir Matar Valente	
DOI 10.22533/at.ed.4592029065	
CAPÍTULO 6	68
DEL EDIFICIO AL ÁREA URBANA. ANÁLISIS MULTIESCALAR DE LA DEMANDA DE ENERGÍA RESIDENCIAL Y SU IMPACTO ECONÓMICO-AMBIENTAL	
Graciela Melisa Viegas	
Gustavo Alberto San Juan	
Carlos Alberto Discoli	
DOI 10.22533/at.ed.4592029066	
CAPÍTULO 7	85
UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES DE ÁGUA E ÓLEO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Neemias Eloy Choté	
Luciana Carreiras Norte	
José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves	
Fabiano Battemarco da Silva Martins	
DOI 10.22533/at.ed.4592029067	

CAPÍTULO 8 98

MAPEAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS PELOS CURSOS FIRJAN SENAI: O ESTUDO DE CASO DA UNIDADE RODRIGUES ALVES, RJ

Verônica Silva Neves

Fernanda Valinho Ignacio

Simone do Nascimento Dória

DOI 10.22533/at.ed.4592029068

CAPÍTULO 9 112

TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA RECICLAGEM DE *DRYWALL*: APLICAÇÃO EM MATERIAIS DE ALVENARIA

Isabel Pereira Vidigal de Oliveira

Joyce Sholl Altschul

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

DOI 10.22533/at.ed.4592029069

CAPÍTULO 10 119

LOGÍSTICA REVERSA EM EMPRESAS DOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E XINGUARA

Daniela de Souza Morais

Ana Paula Tomasio dos Santos

Armando José de Sá Santos

Suanne Honorina Martins dos Santos

Jomar Nascimento Neves

DOI 10.22533/at.ed.45920290610

CAPÍTULO 11 130

PROBLEMAS AMBIENTALES DE LA TIERRA VACANTE FRENTE A LA EXPANSIÓN URBANA EN EL PARTIDO DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Julieta Frediani

Daniela Cortizo

Jesica Esparza

DOI 10.22533/at.ed.45920290611

CAPÍTULO 12 147

A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E OS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

Levi Pires de Andrade

Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira

José de Souza Nogueira

Flávia Maria de Moura Santos

Carlo Ralph De Musis

Jonathan Willian Zangeski Novais

DOI 10.22533/at.ed.45920290612

CAPÍTULO 13 160

METODOLOGIA UTILIZADA PARA O MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO REFERENTE AO ABASTECIMENTO PÚBLICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - RMBH NO ANO DE 2015

Jeane Dantas de Carvalho

Marília Carvalho de Melo

Luiza Pinheiro Rezende Ribas

Paula Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.45920290613

CAPÍTULO 14	176
DETERMINAÇÃO DE VAZÕES ECOLÓGICAS DE UM RIO ATRAVÉS DE DIFERENTES METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS, ESTUDO DE CASO: RIO GUALAXO DO SUL/MG	
Igor Campos da Silva Cavalcante	
Lígia Conceição Tavares	
Ian Rocha de Almeida	
João Diego Alvarez Nylander	
DOI 10.22533/at.ed.45920290614	
CAPÍTULO 15	186
ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR APLICADA COMO ADSORVENTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM FUCSINA BÁSICA	
Milena Maria Antonio	
Mariza Campagnolli Chiaradia Nardi	
DOI 10.22533/at.ed.45920290615	
CAPÍTULO 16	199
TECNOLOGIA INOVADORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO: LODO ATIVADO POR AERAÇÃO ESTENDIDA	
Ana Carolina Carneiro Lento	
Fernando de Oliveira Varella Molina	
Karen Kiarelli Souza Knupp Lemos	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.45920290616	
CAPÍTULO 17	208
PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER	
Rovane Marcos de França	
Adolfo Lino de Araújo	
Flavio Boscatto	
Cesar Rogério Cabral	
Carolina Collischonn	
DOI 10.22533/at.ed.45920290617	
CAPÍTULO 18	221
TIJOLO SOLO CIMENTO: ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	
Ândeson Marcos Nunes de Lima	
Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.45920290618	
CAPÍTULO 19	233
ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS COM CAL (UM ESTUDO DE CASO DIRIGIDO A UM SOLO ARENO-ARGILOSO NA FORMAÇÃO AQUIDAUANA)	
Marcelo Macedo Costa	
Jaime Ferreira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.45920290619	
CAPÍTULO 20	244
ESTUDO DA ADIÇÃO DO PAPEL RECICLADO NO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇA DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO	
Camilla Gomes Arraiz	
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque	
Leticia Maria Brito Silva	

Mariana de Sousa Prazeres
Jayron Alves Ribeiro Junior
Moises de Araujo Santos Jacinto
Thainá Maria da Costa Oliveira
Bruna da Costa Silva
Marcos Henrique Costa Coelho Filho
Yara Lopes Machado
Eduardo Aurélio Barros Aguiar
DOI 10.22533/at.ed.45920290620

CAPÍTULO 21 255

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA ENTRE OS MÉTODOS EXECUTIVOS DE REVESTIMENTO:
ÚMIDO SOBRE ÚMIDO E CONVENCIONAL COM ARGAMASSA ACIII

Rayra Assunção Barbosa Magalhães
Alberto Barbosa Maia
Antônio Sérgio Condurú Pinto
Israel Souza Carmona
Izanara Ferreira da Costa
Luiz Alberto Xavier Arraes
Luzilene Souza Silva
Marcelo De Souza Picanço
Marlos Henrique Pires Nogueira
Mike da Silva Pereira
Núbia Jane da Silva Batista
Pedro Henrique Rodrigues de Souza
DOI 10.22533/at.ed.45920290621

CAPÍTULO 22 266

ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE DRENAGEM URBANA

Augusto César Igawa de Albuquerque
Marcelo Teixeira Damasceno Melo
Antonio Jorge Silva Araújo Junior
Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
DOI 10.22533/at.ed.45920290622

CAPÍTULO 23 280

AValiação DO INCÔMODO SONORO DEVIDO A EXPOSIÇÃO AO RUÍDO AERONÁUTICO NO ENTORNO
DO AEROPORTO DE BRASÍLIA

Edson Benício de Carvalho Júnior
Wanderley Akira Shiguti
Alexandre Gomes de Barros
Armando de Mendonça Maroja
José Matsuo Shimoishi
Wesley Candido de Melo
Sérgio Luiz Garavelli
DOI 10.22533/at.ed.45920290623

CAPÍTULO 24 296

RECONSTRUÇÃO CADASTRAL DE PROPRIEDADES ATINGIDAS POR LINHAS DE TRANSMISSÃO DA
EMPRESA CGT ELETROSUL

Vivian da Silva Celestino Reginato
Cleice Edinara Hubner
Samuel Abati
DOI 10.22533/at.ed.45920290624

CAPÍTULO 25	308
ILUMINAÇÃO, CONFORTO E SEGURANÇA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO	
Cristhian Elisiario Nagawo	
Elcione Maria Lobato de Moraes	
Thaiza de Souza Dias	
Sonia da Silva Teixeira	
Athena Artemisia Oliveira de Araújo Vieira	
Ana Caroline Borges Santos	
DOI 10.22533/at.ed.45920290625	
 CAPÍTULO 26	 320
RELATO DE EXPERIÊNCIA: UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO REALÍSTICA E INTERDISCIPLINARIDADE NO CURSO TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO NA CIDADE DE LORENA	
Bruno Leandro Cortez de Souza	
Ana Cecília Cardoso Firmo	
DOI 10.22533/at.ed.45920290626	
 CAPÍTULO 27	 326
SOS GAMES: JOGO EDUCACIONAL NA ÁREA DE SAÚDE EM SCRATCH	
Guilherme Henrique Vieira de Oliveira	
Bruno Vilhena de Andrade Velasco	
Luciane Carvalho Jasmin de Deus	
DOI 10.22533/at.ed.45920290627	
 SOBRE OS ORGANIZADORES	 332
 ÍNDICE REMISSIVO	 333

GESTÃO DE ENERGIA E POLUENTES EM TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS: UMA OTIMIZAÇÃO INTERMODAL SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Data de aceite: 23/06/2020

Florianópolis/ SC

(amir.labtrans@gmail.com)

Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG), Universidade Federal de Santa Catarina.

Rua João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande - Florianópolis-SC - CEP: 88040-970

Shadia Silveira Assaf Bortolazzo

Programa de Planejamento em Transporte e Gestão Territorial

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina

Shadia S. Assaf Bortolazzo (sha_assaf@yahoo.com.br)

Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG), Universidade Federal de Santa Catarina.

Rua João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande - Florianópolis-SC - CEP: 88040-970

João Eugênio Cavallazzi

Programa de Planejamento em Transporte e Gestão Territorial

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/ SC

(jecavallazzi@gmail.com)

Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG), Universidade Federal de Santa Catarina.

Rua João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande - Florianópolis-SC - CEP: 88040-970

Amir Matar Valente

Programa de Planejamento em Transporte e Gestão Territorial

Universidade Federal de Santa Catarina,

RESUMO: De um modo geral, pode-se afirmar que os padrões de produção e consumo de energia vêm sendo baseados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais, gases de efeito estufa (GEEs) e põem em risco o suprimento energético de longo prazo no planeta. No âmbito do transporte urbano, as cidades brasileiras se desenvolveram com ênfase no modo rodoviário. Assim, é relevante estudar a eficiência energética no transporte, para implementar boas soluções, que atendam os deslocamentos dos usuários, e promovam o uso eficiente dos recursos naturais. O objetivo geral deste artigo é estimar, em uma rede de transportes teórica, a eficiência energética do deslocamento de uma determinada demanda de passageiros, utilizando diferentes modos de transporte, a fim de medir a eficiência energética da rede. Especificamente, pretende-se verificar e

comparar o consumo de energia e as emissões de gás carbônico no transporte intermodal, pelos modos ferroviário – Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) e rodoviário - ônibus. A metodologia foi desenvolvida com base em pesquisa documental e bibliográfica para levantamento de dados, e aplicada técnica de pesquisa operacional para avaliação da eficiência energética da rede simulada. A revisão abrange o estudo do transporte, sua indispensabilidade e influência no meio ambiente. São abordadas a eficiência energética na matriz de transporte e o uso de pesquisa operacional como ferramenta de apoio para modelos de otimização. Ao final, foi possível identificar que a integração modal, sistema alimentador – distribuidor – é uma solução eficiente quanto ao consumo de energia e emissões de GEEs. A metodologia, mostrou-se satisfatória e pertinente, podendo ser utilizada para redes maiores e cenários reais. Como continuidade deste estudo está sendo desenvolvida uma contribuição metodológica para planejamento sustentável de transporte urbano de passageiros (MPTS-URB), a qual pretende estimar o custo monetário da eficiência energética a partir de dados de emissão de poluentes e consumo de energia pelos modos de transporte utilizados na rede.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização, Transporte Intermodal, Transporte Ferroviário, Eficiência Energética.

ABSTRACT: In general, it can be said that patterns of energy production and consumption have been based on fossil fuels, which generates emissions of local pollutants; greenhouse gases (GHGs) and jeopardize the energy supply long-term on the planet. With regard to urban transport, Brazilian cities have developed with emphasis on road transport. Thus, it is relevant to study energy efficiency in transport, to implement good solutions that meet the movements of users, and promote the efficient use of natural resources. The aim of this paper is to estimate, on a network of fictitious transport, energy efficiency displacement of a given passenger demand using different modes of transport in order to measure the energy efficiency of the network. Specifically, we intend to verify and compare the energy consumption and carbon dioxide emissions in intermodal transport by rail modes - Light Rail (LRT) and bus - bus. The methodology was developed based on documentary and bibliographical research for data collection, and applied operations research technique to assess the energy efficiency of the simulated network. The review includes the study of transport, their indispensability and influence on the environment. Energy efficiency in the transport matrix and the use of operations research as a support tool for optimization models are discussed. Finally, it observed that the modal integration, feeder system - distributor system - is an efficient solution as the energy consumption and GHG emissions. The methodology proved to be satisfactory and relevant and can be used for larger networks and real scenarios. As a continuation of this study is developing a methodological contribution to sustainable planning of urban passenger transport (MPTS - URB) , which aims to estimate the monetary cost of energy efficiency from data of emissions and energy consumption by transport modes used in the transport network.

KEYWORDS: Optimization, Intermodal Transportation, Rail Transportation, Energy Efficiency.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte é essencial a vida moderna. É ele que torna possível a maior parte das

atividades sociais e econômicas. Entretanto, apesar de indispensável, o transporte também influi no meio ambiente, visto ser uma atividade que demanda interferências no meio físico natural, para a implantação de sua infraestrutura, e consumo de energia e combustíveis, para sua operação (D`AGOSTO, 2015).

Em 2012, o Brasil sediou a Conferência das Nações Unidas para o desenvolvimento sustentável (RIO +20), o encontro abordou assuntos sobre a conscientização da sociedade para a urgência de tratar de maneira responsável o meio ambiente, além disso, trouxe para o centro dos debates a Economia Verde – entendida por uma economia que leva em consideração a finitude dos recursos naturais e os serviços prestado pela natureza no processo de tomada de decisão do comportamento dos agentes econômicos (IPEA, 2012) – como a forma mais concreta de economia para progredir na direção do desenvolvimento sustentável. Esse, por sua vez, é neste estudo tratado como um modelo que concilia o crescimento econômico, inclusão social e a proteção ambiental (IPEA, 2012).

O transporte de passageiro faz parte dos temas abordados na Economia Verde, no qual um dos princípios é a mudança para modelos ambientalmente mais eficientes de transporte – sistemas coletivos, trens urbanos, metrô e não motorizados. Segundo o relatório de Economia Verde do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) o investimento de apenas 0,16% do PIB global no transporte verde reduziria as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em até 70% das emissões do setor de transporte até 2050, repercutindo também na redução em um terço a quantidade de veículos no modal rodoviário e o consumo de derivados de petróleo (UNEP,2011).

Nesse contexto, o transporte ferroviário pode ser um importante aliado tanto para a melhoria da mobilidade urbana quanto para o meio, principalmente porque atende uma alta capacidade de transporte emitindo menos gases GEE (EPE,2012). Segundo o Balanço do Setor Metroferroviário 2012/2013, houve um crescimento dos passageiros transportados sobre trilhos no Brasil, mas o crescimento da malha não acompanhou este aumento.

Para demonstrar essa questão, dados publicados pelo Ministério de Minas e Energia, referentes à distribuição modal do transporte de passageiros no Brasil, mostram que o modo por trilhos, entre trens urbanos e metrô, representa somente 1,7% do total de passageiros transportados no Brasil, conforme mostrado na Figura 1.

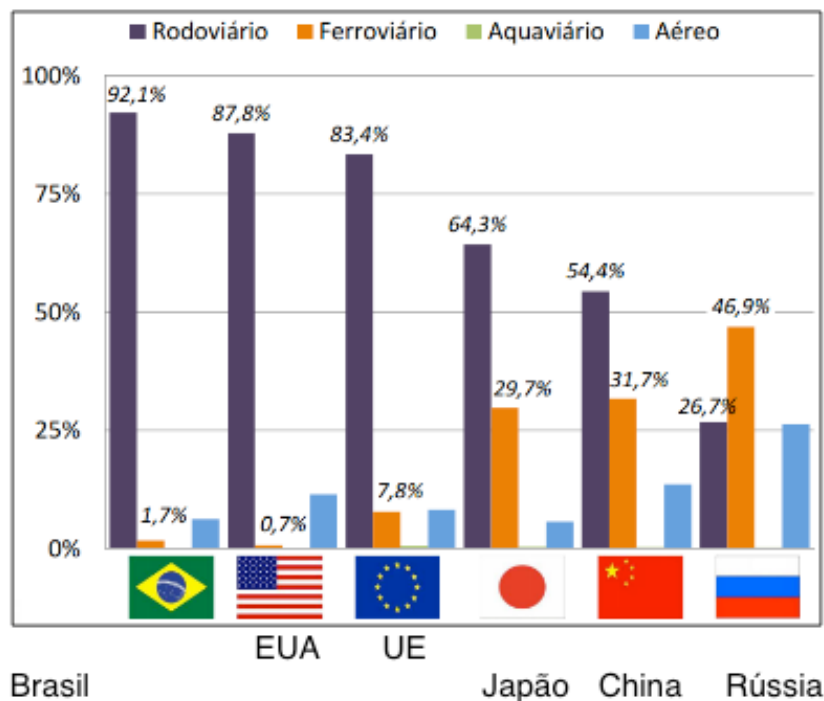


Fig. 1 – Distribuição modal do transporte de passageiros. Um comparativo entre o Brasil e outros países (bilhões de passageiros/ km).

Fonte: MME – EPE (2012).

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Eficiência Energética no Transporte

No que tange o transporte de passageiros, para Gonçalves et al. (2014) é sabido que as cidades brasileiras tiveram seu desenvolvimento urbano baseado no modo rodoviário. De um modo geral, pode-se afirmar que a qualidade de vida nessas cidades vem se deteriorando, provocando deseconomias em função dos congestionamentos, acidentes e impactos ambientais. Especialmente em regiões metropolitanas, tais problemas estão atualmente agravados, parte pela ausência de planejamento e coordenação intermodal dos gestores públicos, parte pela competição político-econômica entre os modos rodoviários e ferroviário nas soluções de transporte coletivo. Uma proposta de reestruturação do modelo atual deve incorporar conceitos que busquem articular os diferentes modos em um sistema único de transporte, visando a eficiência dos deslocamentos, a sustentabilidade das fontes de energia e recursos e a satisfação do usuário.

Para comprovar seu ponto de vista, Gonçalves et al. (2014) fez referência às boas práticas internacionais de desenvolvimento socioeconômico, tanto em regiões do mundo desenvolvido, como Estocolmo, quanto em regiões em acelerado desenvolvimento, como Singapura. No que se refere ao transporte urbano, essas cidades têm em comum a eficiência do sistema, que investe em técnicas de planejamento e coordenação intermodal, priorizando a conexão entre as regiões mais afastadas e subúrbios, a seus respectivos locais de trabalho, através de um sistema de transportes integrado, com prioridade do modal ferroviário.

Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional - BEN (2012), o transporte rodoviário é responsável por 93% do consumo final de energia do setor de transportes, o que influencia, diretamente, na quantidade de dióxido de carbono - CO₂ emitido, e demonstra a ineficiência da matriz de transporte do Brasil, do ponto de vista ambiental. Assim, investir em outros modos de transporte, como o ferroviário, nos centros das grandes cidades e regiões metropolitanas traz, entre outros, ganhos na eficiência energética, visto que consome menos energia, ao mesmo tempo, em que produz menos poluentes e GEE na atmosfera.

As Tabelas 1 e 2 trazem respectivamente, dados referentes às emissões de poluentes locais e de CO₂ por modo de transporte; e energia desprendida por modo, por quilômetro, para uma pessoa realizar um deslocamento qualquer.

O desenvolvimento sustentável é um modelo que concilia o crescimento econômico, inclusão social e a proteção ambiental. (IPEA, 2012).

Transporte	Emissões (milhões de toneladas/ano) em municípios com mais de 60.000 hab.		
	Poluentes locais*	CO ₂	Total
Coletivo	0,1	9,5	9,6
Individual Motorizado	1,5	16,3	17,8
Total	1,6	25,8	27,4

Tabela 1 – Emissões de poluentes por modo de transporte em municípios com mais de 60.000 hab.

Fonte: adaptado pelo autor de Revista BNDES 60 anos – Perspectivas Setoriais (2015).

Segundo dados do IPEA (2012), o transporte motorizado, com base na queima de combustíveis fósseis, é responsável pela emissão de vários poluentes nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano, os chamados poluentes locais: monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os materiais particulados, os óxidos de nitrogênio (NOx) e os óxidos de enxofre (SOx). Na Tabela 3 são descritos alguns efeitos nocivos à saúde da alta concentração destes poluentes na saúde.

Modo de Transporte	Energia necessária por pessoa, por modo em kep (kg equivalente de petróleo)		
	1 km	10 km	100 km
VLT (trilhos)	0,010	0,10	1,0
Metrô (trilhos)	0,021	0,21	2,1
Ônibus	0,026	0,26	2,6
Individual Motorizado	0,055	0,55	5,5

Tabela 2 – Energia desprendida por pessoa por modo (kep/km).

Fonte: adaptado pelo autor de Revista BNDES 60 anos – Perspectivas Setoriais (2015).

Poluente	Impacto
CO	Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, podendo causar morte após determinado período de exposição.
NOx	Formação de dióxido de nitrogênio e na formação do <i>smog</i> fotoquímico ⁽¹⁾ e chuva ácida. É um precursor do ozônio.
HC	Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados, formam o <i>smog</i> e compostos cancerígenos. É um precursor do ozônio.
MP	Pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão. Sujeira e degradação de imóveis próximos aos corredores de transporte.
SOx	Precursor do ozônio, formando a chuva ácida e degradando vegetação e imóveis, além de provocar uma série de problemas de saúde.

Tabela 3 – Efeitos nocivos dos principais poluentes veiculares locais.

Fonte: adaptado pelo autor de (DE CARVALHO, C. H. R., 2011)

⁽¹⁾ Fenômeno fotoquímico caracterizado pela formação de uma espécie de neblina composta por poluição, vapor de água e outros compostos químicos. (DE CARVALHO, C. H. R., 2011).

Nesse contexto, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), através de uma pesquisa realizada na capital paulista em 2007, concluiu que a concentração de gás Ozônio na atmosfera é mais excessiva nos grandes centros urbanos, sendo esses os mais atingidos, no âmbito da poluição atmosférica. Esse gás é formado a partir de outros gases que são emitidos principalmente pelos veículos, os quais reagem quando na presença de luz solar e calor. A concentração de ozônio na camada estratosférica é benéfica à humanidade, pois protege a incidência de raios ultravioleta prejudiciais à saúde. No entanto, a alta concentração de ozônio em altitudes mais baixas causa problemas respiratórios nos seres humanos (CETESB, 2007). Apesar disso, em cidades pouco industrializadas, o setor de transportes acaba por contribuir com quase a totalidade das emissões dos poluentes atmosféricos, o que corrobora com a necessidade de políticas que promovam a redução da emissão veicular.

Na opinião de Santos, R.T. et al., 2015, o transporte coletivo deve ser pensado como projeto estruturador do desenvolvimento urbano, fruto de estudos consistentes, consubstanciados em um planejamento de longo prazo, discutido com a sociedade, e avalizado pelas instâncias técnicas competentes. Para Marcio de Almeida D'Agosto (2015), não existe substituto para a energia, pode-se até substituir uma fonte por outra, mas a atividade de transporte sem o consumo de alguma forma de energia parece não ser possível. Assim, pensamentos como esses vêm persuadir para o desenvolvimento de metodologias que otimizem o transporte. A exemplo das cidades, as redes intermodais podem promover a substituição modal, atraindo, ao menos em parte, os usuários de automóveis para o transporte coletivo, o que promove a equalização da matriz de transporte, e conseqüentemente o uso eficiente dos recursos.

2.2 Pesquisa Operacional como Instrumento para Modelos de Otimização

A Pesquisa Operacional, ou simplesmente PO (*Operational Research* – Inglaterra; *Operations Research* – Estados Unidos; Investigação Operacional – Portugal) surgiu durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) para a solução de problemas de natureza logística, tática e de estratégia militar. O avanço da PO, ao longo dos anos, se fez com o aumento da velocidade de processamento e memória dos computadores, possibilitando a solução de problemas cada vez mais complexos (FÁVERO & BELFIORE, 2013).

Em termos gerais, pode-se dizer que, PO consiste na utilização de um método científico – modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais – que auxiliam no processo de tomada de decisão (ARENALES et. al., 2007)

Desde então, o uso de pesquisa operacional como apoio a tomada de decisão é largamente utilizado no âmbito do transporte. Neste artigo, a Pesquisa Operacional vem subsidiar o cálculo de eficiência energética em diferentes rotas (caminhos, trechos) de uma rede de transportes, a fim de contribuir para a tomada de decisão de qual caminho é mais eficiente. As referidas espécies do gênero Pesquisa Operacional, como os modelos, por exemplo, podem representar uma situação real que se pretende avaliar ou mesmo uma situação teórica, no sentido de se verificar uma alternativa planejada para o futuro.

Segundo Lisboa (2009), um modelo é a representação simplificada de um sistema real, podendo ser um projeto já existente ou um projeto futuro. No primeiro caso, pretende-se reproduzir o funcionamento do sistema real existente, de forma a aumentar a produtividade, enquanto no segundo o objetivo é definir a estrutura ideal do futuro sistema.

Lachtermacher (2009) conceitua modelo como um processo para tomada de decisões, o qual proporciona ao decisor a clareza, de definir seus objetivos. Além disso, esse autor explica que, a correta identificação e armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos, propicia a definição das principais variáveis envolvidas no processo de tomada de decisão e as próprias limitações do sistema.

Um modelo é composto por três elementos principais: as variáveis de decisão e parâmetros, a função objetivo e as restrições do modelo. O modelo aqui utilizado, foi o modelo de Programação em Redes, através do Problema de Transporte com Transbordo. Conceitualmente esse modelo é classificado na Pesquisa Operacional como Modelo Determinístico, no qual as variáveis envolvidas em sua formulação são constantes e conhecidas, resultante, assim, de uma única solução exata, podendo essa ser ótima ou não (FÁVERO & BELFIORE, 2013).

Os problemas de Programação em Redes são modelados por meio de uma estrutura chamada de grafos ou redes, que consiste em diversos nós, em que cada nó deve estar conectado a um ou mais arcos (ARENALES et. al., 2007). Esse conceito no âmbito do transporte de passageiros ou de cargas pode ser analogamente entendido como o conjunto de centralidades ou facilidades (*facilities*), os nós, conectados por corredores de transporte (caminhos, rotas) ou (*corridors*), os arcos, que representam uma rede de transportes, o grafo ou rede.

Nesse contexto, o Problema de Transporte com Transbordo é um tipo de modelagem de programação em rede, onde se considera, para uma determinada demanda (produtos ou passageiros), nós de origem, nós intermediários de transbordo (*facilities*) e nós de destino, conectados por corredores de transporte (*corridors*), cujo objetivo é transportar àquela demanda a um custo logístico mínimo. Esses modelos podem ser resolvidos por programação linear, como o problema aqui proposto.

Custo logístico será aqui entendido como o menor custo, ou custo ótimo, ou custo de maior eficiência para se transportar uma demanda específica de uma origem a um destino, passando por pontos de transbordo.

3 | METODOLOGIA

A metodologia está baseada em referência bibliográfica e pesquisa operacional. As referências alimentaram os dados necessários para a elaboração do modelo, como dados de consumo de energia e de emissões de CO₂, por modo de transporte e por quilômetro. Ainda, trouxeram modelos de cálculo de eficiência energética já estudados para diferentes veículos. A Pesquisa Operacional subsidiou a construção do modelo, através da elaboração da rede de transporte, por meio de um Problema de Transporte com Transbordo.

Para a elaboração da rede, foram considerados arcos como sendo os corredores de deslocamento e nós como sendo os pontos de origem, integração modal (transbordo), e destino. O traçado da rede é teórico, pois dessa forma foi possível construir rotas alternativas considerando os diferentes modos, visto que o objetivo é estimar a eficiência energética nessa rede.

3.1 Definição do Problema

O objetivo a ser aqui alcançado é estimar a eficiência energética para o deslocamento – origem e destino – de uma determinada demanda. O problema está inserido na questão: eficiência do transporte de passageiros de regiões metropolitanas às áreas centrais. Para isso, foi criado um modelo de rede de transporte que considera diferentes modos como ônibus, VLT e automóvel, para transporte da demanda.

O caminho proposto para a solução desse modelo foi:

- 1) Criar o modelo de rede de transporte integrado através do problema de transporte com transbordo;
- 2) Atribuir para cada nó, a demanda a ser atendida (passageiros) e a distância de percurso (km);
- 3) Calcular para cada arco, o consumo de energia (kj/pass.km) e as emissões de CO₂ (gCO₂/pass.km)
- 4) Calcular o número de veículos para atender a demanda de acordo com a capacidade de transporte para cada modo.

Os limitadores do modelo foram a falta de dados reais para uma rede de transporte

intermodal integrado para cidades brasileiras, e conseqüentemente a localização dos pontos de transbordo. Assim, foi considerada uma rede teórica. Foram escolhidos como destino, o centro de uma cidade qualquer, como origem três localidades da região metropolitana dessa cidade e, como transbordo pontos hipotéticos. Foram também atribuídos valores teóricos de demanda de passageiros aos nós de origem e transbordo.

Para não induzir os resultados, os pontos de transbordo foram dispostos no mesmo local, não gerando distancias diferentes entre as conexões, visto que, o objetivo aqui, é verificar as eficiências energéticas de cada percurso, chegando-se na mais eficiente.

3.2 Levantamento dos Dados

Nessa etapa de construção do modelo, foram levantados dados reais (Tabela 4), no que cabe ao consumo de energia, emissão de CO₂ e capacidade de transporte; e dados teóricos (Tabela 5) no que cabe a demanda e aos locais de transbordo.

A Figura 2 apresenta a rede teórica de transporte intermodal criada para a aplicação neste estudo.

De acordo com D`Agosto (2015), existem vários conceitos para a eficiência energética. Será considerado nesse artigo o definido pelo IEA (2012), como sendo o nível de energia consumida para realizar determinado serviço. Assim, para ser mais eficiente, pode-se usar menos energia para o mesmo serviço e, ou ainda, realizar mais serviço mantendo o mesmo padrão de utilização de energia. Analogamente ao setor de transportes, esse conceito pode ser entendido como: aumentar a quantidade transportada (carga ou passageiro) e, ou a distância de transporte, sem aumentar a energia. Ou ainda, mantendo-se o mesmo trabalho de transporte, reduzir a energia consumida para realiza-lo (GUIMARÃES, V. de A.; D`AGOSTO, M. et al., 2014).

Modo de Transporte	Emissões CO ₂ (gCO ₂ /pass.km) ⁽¹⁾	Energia média consumida ⁽²⁾ (kj/pass.km)	Capacidade de Transporte ⁽³⁾ (pass/veículo)
Ônibus Convencional com MCI* traseiro a diesel	16	266	80
Automóvel compacto com MCI gasolina	127	2.766	1,3
VLT	2	183	225

Tabela 4 – Dados reais

Fonte: adaptado pelo autor através de dados obtidos em DE ANDRADE, C. E. S. (2014); BITTENCOUT, I. A. (2014); Revista BNDES 60 anos – Perspectivas Setoriais (2015); D`AGOSTO (2015).

* MCI = motor de combustão; ⁽¹⁾ DE ANDRADE, C. E. S. (2014); BITTENCOUT, I. A. (2014); ⁽²⁾ Energia necessária por pessoa, por modo em kj. Adaptado de Revista BNDES 60 anos – Perspectivas Setoriais (2015); ⁽³⁾ D`AGOSTO (2015).

Pontos de Origem	Demand a (pass)	Distanci a (km)	Ponto Transbord o (VLT)	Ponto Transbord o (Ônibus)	Distanci a (km)	Ponto de Destin o
(1)	180	36	(4)	(5)	28	(6)
(2)	250	25	(4)	(5)	28	(6)
(3)	200	30	(4)	(5)	28	(6)

Tabela 5 – Dados teóricos

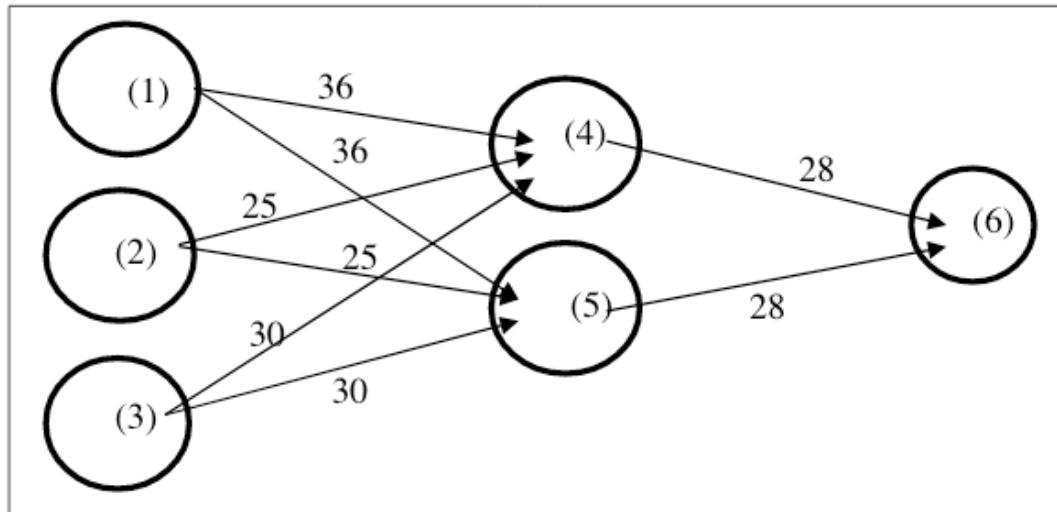


Fig. 2 – Rede Teórica de Transporte Intermodal Integrado

Fonte: elaborado pelo autor

3.3 Cálculo da Eficiência Energética

Esta pesquisa considera para o cálculo da eficiência energética (E) o consumo de CO_2 desprendido para realizar determinado trabalho em uma determinada distância (c_{ij} em kJ/pass. km) e a quantidade em gCO_2 de emissões que esse trabalho gera para a atmosfera (e_{ij} em $\text{gCO}_2/\text{pass. km}$). Assim tem-se:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n E_{ij} = c_{ij} + e_{ij} \quad (1)$$

Pela dificuldade aqui encontrada em equivaler entre as respectivas unidades de c_{ij} e e_{ij} , foi atribuída para E_{ij} o termo u.e. (unidades de energia).

3.4 Variáveis de Decisão:

As variáveis de decisão foram definidas a partir da quantidade de passageiros transportados para cada itinerário. Assim tem-se:

$x_{ij,k}$ = quantidade de passageiros transportados da origem i até o ponto de transbordo

k. $i = 1, 2, 3$ e $k = 4, 5$.

x_{kj} = quantidade de passageiros transportados do ponto de transbordo k até o destino j. $k = 4, 5$ e $j = 6$.

Assim, tem-se:

x_{14} = passageiros transportados entre a origem 1 e o ponto de transbordo 4;

x_{15} = passageiros transportados entre a origem 1 e o ponto de transbordo 5;

x_{24} = passageiros transportados entre a origem 2 e o ponto de transbordo 4;

x_{25} = passageiros transportados entre a origem 2 e o ponto de transbordo 5;

x_{34} = passageiros transportados entre a origem 3 e o ponto de transbordo 4;

x_{35} = passageiros transportados entre a origem 3 e o ponto de transbordo 5;

x_{46} = passageiros transportados entre o ponto de transbordo 4 e o destino final 6;

x_{56} = passageiros transportados entre o ponto de transbordo 5 e o destino final 6.

3.5 Parâmetros:

$E_{ij,k}$ = eficiência energética da origem i ao destino j passando pelo ponto de transbordo k. Com $i = 1, 2, 3$; $j = 6$ e $k = 4, 5$.

c_{ik} = consumo de energia para o transporte da origem i até o ponto de transbordo k. $i = 1, 2, 3$ e $k = 4, 5$.

c_{kj} = consumo de energia para o transporte do ponto de transbordo k até o destino j. $k = 4, 5$ e $j = 6$.

e_{ik} = emissão de CO_2 para o transporte da origem i até o ponto de transbordo k. $i = 1, 2, 3$ e $k = 4, 5$.

e_{kj} = emissão de CO_2 para o transporte do ponto de transbordo k até o destino j. $k = 4, 5$ e $j = 6$.

Ct_i = capacidade de transporte da origem i. $i = 1, 2, 3$.

d_j = demanda esperada no destino j. $j = 6$.

L_{ik} = deslocamento em km (quilômetros) da origem i ao ponto de transbordo k. $i = 1, 2, 3$ e $k = 4, 5$.

L_{jk} = deslocamento em km (quilômetros) do ponto de transbordo k ao destino final j. $k = 4, 5$ e $j = 6$.

Os deslocamentos entre os pontos de origem 1, 2 e 3 e os pontos de transbordo 4 e 5 são feitos por modo rodoviário, ônibus convencional com motor de combustão interna a diesel e capacidade para 80 passageiros. Assim como, os deslocamentos entre o ponto de transbordo 5 e o destino final 6. O deslocamento entre o ponto de transbordo 5 e o ponto final 6 é feito por veículo leve sobre trilhos (VLT) com capacidade para 225 passageiros.

3.6 Função Objetivo:

$$\min Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{k=4}^5 (c_{ik} + e_{ik}) + \sum_{k=4}^5 (c_{k6} + e_{k6}) \quad (2)$$

Em que:

$$c_{ik} = (c_{ik} * x_{ik} * L_{ik}) \text{ com } i = 1, 2, 3 ; k = 4, 5;$$

$$e_{ik} = (e_{ik} * x_{ik} * L_{ik}) \text{ com } i = 1, 2, 3 ; k = 4, 5;$$

$$c_{kj} = (c_{kj} * x_{kj} * L_{kj}) \text{ com } k = 4, 5 \text{ e } j = 6;$$

$$e_{kj} = (e_{kj} * x_{kj} * L_{kj}) \text{ com } k = 4, 5 \text{ e } j = 6.$$

3.7 Restrições:

1. A capacidade de transporte na origem deve ser respeitada:

$$\sum_{i=1}^3 (x_{ik}) = C_{ti} \quad \text{com } k = 4, 5$$

2. Toda a demanda do ponto final deve ser atendida:

$$\sum_{i=1}^3 (x_{ik}) + \sum_{k=4}^5 (x_{k6}) = d_j \quad \text{com } k = 4, 5 \text{ e } j = 6.$$

3. Conservação dos fluxos de entrada e saída:

$$\sum_{i=1}^3 (x_{ik}) = \sum_{k=4}^5 (x_{kj}) \quad \text{com } k = 4, 5 \text{ e } j = 6.$$

4. Respeitar a não negatividade de todas as variáveis de decisão:

$$x_{ik}, x_{kj} \geq 0, i = 1, 2, 3 ; k = 4, 5 \text{ e } j = 6.$$

4 | RESULTADOS

Utilizando a função Solver do programa Excel (Microsoft, 2014) para solucionar o

problema, e os dados fornecidos nas Tabelas 4 e 5, foi calculada a eficiência energética para cada rota, calculando-se as emissões de CO₂ (gCO₂/pass.km) e o consumo de energia (kj/pass.km) como mostrado na Tabela 6:

Cálculo da Eficiência Energética por trecho: (calculados através dos dados das Tabelas 4 e 5)							
Cálculo de emissões de CO ₂ (gCO ₂ /pass.km)				Cálculo do consumo de energia (kj/pass.km)			
Transbordo	x4	x5	x6	Transbordo	x4	x5	x6
x1	576	576	0	x1	9.576	9.576	0
x2	400	400	0	x2	6.650	6.650	0
x3	480	480	0	x3	7.980	7.980	0
Ponto Final	x4	x5	x6	Ponto Final	x4	x5	x6
x4	0	0	56	x4	0	0	5.124
x5	0	0	448	x5	0	0	7.448

Tabela 6 – Cálculo das emissões de CO₂ e do consumo de energia para cada rota

Fonte: Elaborado pelo autor

A Função Objetivo (2) foi calculada através da função SOMARPRODUTO do excel, em que, as matrizes das variáveis de decisão foram multiplicadas pelas respectivas matrizes de consumo de energia e emissões de CO₂, respeitando as propriedades de multiplicação de matrizes.

Os resultados obtidos foram: $x_{14} = 180$; $x_{15} = 0$; $x_{24} = 250$; $x_{25} = 0$; $x_{34} = 200$; $x_{35} = 0$; $x_{46} = 630$; $x_{56} = 0$. Em que toda a capacidade nos PO (1,2,3) destinou-se ao PT (4) e desse para o PF (6), resultando os valores ótimos de 5.949.300 kj de energia desprendida e 198.960 gCO₂ emitidos na atmosfera, considerando toda a demanda de 630 passageiros, com ótima eficiência energética. O Relatório de sensibilidade mostrou que para cada passageiro cuja rota fosse alterada, o Reduzido Custo (*reduce cost*) seria de 392 gCO₂ e 2.324 kj, totalizando um custo de eficiência energética de 2.716 u.e. (unidade de energia).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral pôde-se concluir que, investimentos no transporte urbano sobre trilhos, se devidamente planejados e gerenciados, são favoráveis ao deslocamento mais sustentável de passageiros. Na questão da eficiência energética, a rede intermodal aqui simulada mostrou que a integração entre os modos rodoviário, por ônibus, e ferroviário, por VLT, podem ser vistos como soluções mais eficientes quanto ao consumo de energia. O modo rodoviário sendo o alimentador de modos de maior capacidade, como o VLT, os quais podem ser alocados de modo a fazer os deslocamentos mais longos, por exemplo.

Tendo outro parâmetro aqui também apresentado, a capacidade dos veículos, e

considerando, por exemplo, a substituição modal do transporte individual motorizado para o VLT, pelos dados aqui apresentados (Tabelas 2 e 4), em um percurso de 28 km, estima-se a redução de 504 quilograma equivalente de petróleo (kep) no consumo de energia para o transporte, além da redução aproximada de 307 carros nesse mesmo percurso (considerando 1,0 kep para cada quilômetro (km) percorrido, e a substituição modal do automóvel compacto (1,3 passageiros por veículo) para o VLT (400 passageiros para os 7 módulos do trem). Se essa tendência se confirmar em outras 10 capitais do Brasil, por exemplo, multiplicaríamos por dez a economia de energia.

Quanto a metodologia, considera-se satisfatória e pertinente para problemas como este simulado nessa pesquisa – cálculo da eficiência energética no transporte intermodal, podendo, inclusive, ser utilizado para redes maiores e reais.

Como dificuldades, cabe ressaltar, o fato de não se ter encontrado uma equivalência nas unidades consideradas para as parcelas que compuseram a equação de Eficiência Energética, fazendo com que o resultado obtido seja a soma de parcelas de unidades diferentes. Assim, foram também calculadas, pela mesma modelagem do Solver, as parcelas isoladamente, através da separação dessas parcelas na função objetivo ($FO-1 \text{ kj} + FO-2 \text{ gCO}_2$), para análise individual dos resultados.

Como continuidade a essa pesquisa, pretende-se aprofundar os conceitos sobre eficiência energética em transportes, indicadores, metodologias desenvolvidas, e principalmente, encontrar uma alternativa (método) para converter os consumos de energia e emissões de CO_2 , em custo financeiro (R\$), a fim de direcionar as receitas obtidas dessas economias energéticas, em investimentos para o setor. Com esse propósito, já está em desenvolvimento uma contribuição metodológica para o planejamento de transporte sustentável aplicado a uma rede urbana de transportes de passageiros (MPTS-URB).

REFERÊNCIAS

- Arenales, M.; Armentano, V.; Morabito, R.; Yanasse, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2007.
- Associação Nacional dos Transportes de Passageiro sobre Trilhos. **Anuário metroferroviário 2013-2014**, Brasília.
- Bortolazzo, S. A. **O VLT como alternativa de transporte urbano sustentável**. Especialização em Gestão estratégica do Território Urbano. Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Porto Alegre, 2012.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2007**. São Paulo, 2007.
- D'Agosto, M. A. **Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória** – 1.ed. – Rio de Janeiro. Elsevier, 2015.
- De Andrade, C. E. S.; Bittencourt, I. A. **Emissões de CO₂ em Sistemas Metroviários: abordagem da energia de tração dos trens**. ANPET (2014)
- Fleury, P.; Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Logística no Brasil: situação atual**

e transição para uma economia verde. Rio de Janeiro: FBDS, 2012. 43 p. (Coleção de estudos sobre diretrizes para uma economia verde no Brasil).

Gonçalves, J. A. M., Portugal, L. da Silva, Nassi, Carlos D. **A revitalização do sistema de trens de passageiros do Rio de Janeiro com base em dois sistemas ferroviários bem-sucedidos.** II Rio de Transportes, RJ, 2004.

Gonçalves, J. A. M., Portugal, L. da Silva, Nassi, Carlos D. **Proposta metodológica de apoio a tomada de decisões em um processo de revitalização de sistemas de trens metropolitanos.** XII Rio de Transportes, RJ, 2015.

Herdy, R. R.; Malburg, C. H. R.; Santos, R. T. **Transporte urbano: O papel do BNDES no apoio à solução dos principais gargalos de mobilidade.** In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p. 310-346.

IEA (2012) **Key World Energy Statistics 2012.**

Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética. **A matriz de transporte e o desenvolvimento sustentável.** São Paulo, 2012.

Ministério dos Transportes, **Banco de informações e mapas de transportes – BIT**, Brasília: Secretaria de Política Nacional de Transportes (SPNT) [citado em 2015 Ago 11]. Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/03-ferro/ferro.html>

Souza, C. G. **Gargalos a serem superados.** Anuário metro ferroviário 2013-2014, Brasília, p. 23-25, 2013/2014.

Supervia. **Seminário BNDES**, Rio de Janeiro, 2005.

Valente, A.M.; Passaglia, E.; Novaes, A.G. **Gerenciamento de Transporte e Frotas.** 2ª ed. rev. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

UNEP - United Nations Environment Programme, 2011, **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication.**

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 58, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 112, 113, 115, 116, 117, 160, 162, 163, 164, 165, 169, 171, 177, 178, 181, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 191, 194, 201, 221, 222, 223, 224, 226, 232, 235, 236, 237, 238, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 253, 254, 257, 262, 263, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 276, 277, 278, 297

Ar 66, 147, 148, 149, 151, 152, 158 83, 86, 139, 145, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 204, 238, 272

Aveiro 29, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 39

B

Bicicleta 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39

C

Cadastro 208, 209, 210, 212, 213, 215, 217, 219, 220, 299, 302, 304, 305, 306, 307

Cidades inteligentes 1, 2, 6, 9, 10, 12, 13

Cidades tradicionais 1, 2, 4

Computadores 120, 129, 319

Construção civil 9, 85, 86, 87, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 112, 198, 221, 222, 231, 232, 234, 244, 247, 286, 294

D

Desenvolvimento 3, 4, 6, 13, 16, 18, 23, 31, 32, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 86, 91, 93, 103, 127, 129, 176, 179, 180, 181, 187, 200, 222, 266, 267, 268, 279, 281, 297, 306, 307, 321, 326, 327, 328, 329, 331

Diesel 63, 85, 94, 95, 96, 97

E

Educação ambiental 99, 103, 105, 106, 109, 327

Empresas 48, 86, 89, 91, 99, 110, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 224, 297

Estabilização 195, 233, 234, 235, 237, 243

G

Geração de Resíduos 98

Gestão Territorial 53, 208, 209

L

Lava-rodas 85, 94, 95

Lisboa 14, 15, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 39, 59, 294, 319

Logística Reversa 119, 120, 129

M

Mapeamento 98, 99, 105, 106, 108, 109, 299, 300, 301, 310

Mobilidade 14, 29, 34, 39, 151

Mobilidade urbana 14, 15, 18, 20, 29, 30, 39, 55

O

Óleo 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97

P

Parcelas 66, 72, 133, 135, 136, 208, 210, 211, 214, 216, 217, 218

Passageiros 10, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 282

Pavimentação 109, 233, 234, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 252, 253, 254, 266, 268, 271, 273

Planejamento 8, 10, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 54, 56, 58, 66, 101, 103, 121, 148, 177, 217, 299, 309, 310

Q

qualidade 3, 8, 10, 12, 22, 30, 38, 56, 86, 103, 120, 148, 149, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 180, 185, 200, 217, 221, 223, 224, 230, 234, 258, 259, 264, 268, 278, 281, 289, 292, 294, 298, 299, 300, 309, 313, 320

Qualidade 66, 85, 148, 151, 223, 278, 332

R

Rede ciclável 14, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 38

Regional 13, 17, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 72, 96, 294, 295

Resíduos 9, 86, 92, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 187, 188, 196, 222, 231, 232, 245, 247, 269

S

Separador 85, 94, 95

SINTER 12, 208, 209, 210, 211, 217, 218, 219

Suporte 233, 237, 239, 243, 320, 321, 322

Sustentabilidade 98, 129, 222, 232, 308, 319

T

Tecnologia 11, 12, 51, 85, 96, 97, 110, 112, 119, 147, 199, 221, 232, 265, 294, 319, 332

Tierra 135, 145

Tijolo solo-cimento 222, 225

Tipologias Cicloviárias 29

Tráfego 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 91, 148, 153, 157, 158, 233, 243, 252, 268, 270, 276, 283, 285, 288, 289, 292, 293, 294, 313, 317

Transporte Ferroviário 51, 54

Transportes 18, 20, 21, 23, 25, 40, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 66, 67, 95

Tratamento de Esgoto 199, 204

U

Urbanização 1, 2, 4, 5, 13

Urbano 10, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 75, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 148, 150, 158, 175, 211, 217, 220, 231, 294, 309

V

Veículos 6, 16, 17, 21, 25, 34, 35, 36, 41, 50, 55, 58, 60, 65, 88, 92, 94, 147, 148, 150, 153, 157, 158, 285, 310, 311, 313, 318

 **Atena**
Editora

2 0 2 0