

# 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

**Editores:** 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

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

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

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

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

## APRESENTAÇÃO

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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
A BICICLETA COMO “NOVO” MODO DE MOBILIDADE EM LISBOA	
João Carlos Duarte Marrana	
Francisco Manuel Camarinhas Serdoura	
DOI 10.22533/at.ed.4592029062	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
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	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
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	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
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	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>68</b>
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	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>85</b>
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**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>176</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>186</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>199</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>208</b>
PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER	
Rovane Marcos de França	
Adolfo Lino de Araújo	
Flavio Boscatto	
Cesar Rogério Cabral	
Carolina Collischonn	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>221</b>
TIJOLO SOLO CIMENTO: ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	
Ândeson Marcos Nunes de Lima	
Karen Niccoli Ramirez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>233</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>244</b>
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**

<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>308</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>320</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>326</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290627</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>332</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>333</b>

## O PLANETA URBANO: A PELE QUE HABITAMOS E A CIDADE DENTRO DA CIDADE – *SMART CITIES*

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de Submissão: 13/03/2020

**Adriana Nunes de Alencar Souza**

UniCEUB  
Brasília-DF

**RESUMO:** O artigo tem como objeto a cidade. O objetivo é apresentar os dilemas entre a crescente urbanização, a criação de novas cidades, por vezes alçadas no sonho de cidade ideal outras sem cogitar a requalificação de cidades já existentes. Apresenta-se um panorama histórico da urbanização mundial. Discorre-se sobre as cidades tradicionais e as cidades inteligentes, dando enfoque ao Brasil. O método observacional e comparativo, por meio de bibliografia, filmes e documentos, além da própria vivência da autora em Brasília-DF e experiência em Fortaleza-CE. Conclui-se que poderia ser tanto melhor fazer ajustes nas nossas cidades, transformá-las, mas não a ponto de se tornarem irreconhecíveis, não é preciso uma plástica, completa ou mesmo um implante inovador. É preciso olhá-las com novos olhos e perceber o que encanta ou já encantou em quem nelas vive. Pois, somos todos herdeiros de uma cultura contextualizada e que nos possibilita

o sentimento de pertença ao lugar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cidades Tradicionais, cidades inteligentes, urbanização

**THE URBAN PLANET: THE SKIN WE LIVE IN AND THE CITY WITHIN THE CITY - SMART CITIES**

**ABSTRACT:** The article is about the city. The objective is to present the dilemmas between the growing urbanization, the creation of new cities, sometimes elevated in the dream of other ideal city without considering the requalification of already existing cities. It presents a historical panorama of the worldwide urbanization. It is about traditional cities and smart cities, focusing on Brazil. The observational and comparative method, through bibliography, films and documents, besides the author's own experience in Brasília-DF and of your knowledge about Fortaleza-CE. It turns out that it could be so much better to make adjustments in our cities, to transform them, but not to the point of becoming unrecognizable, it is not necessary a plastic, complete or even an innovative implant. It is necessary to look at them with new eyes and to perceive what enchants or already enchanted in who lives in her. For, we are all heirs of a culture contextualized and that allows us the feeling

of belonging to the place.

**KEYWORDS:** Traditional cities, smart cities, urbanization

## 1 | INTRODUÇÃO

Na busca de uma melhor compreensão do objeto analisado, a cidade, o artigo aqui proposto focaliza um de seus dilemas, estabelecido entre a preservação da cidade já existente, de valores, cultura e memória de seus habitantes ou construção de um novo núcleo urbano com ideais contemporâneos, que conformam demandas por inovações ou será tanto melhor fazer apenas adaptações àquela já existente? De maneira geral, tais dilemas têm sido constatados em razão das carências observadas nos centros urbanos com o surgimento de novos valores emergentes na contemporaneidade que justificam reflexões e estudos sobre a temática.

Sob tal objetivo, a presente proposta de artigo se inicia por um breve contexto histórico da urbanização mundial, passando por um debate sobre as cidades, que marcaram, em suas épocas, por vezes a ruptura com as tradições e mudança de valores difundidos e outras a conservação desses mesmos valores e tradições. Nessa abordagem inicial do campo, o artigo se desdobra a partir de algumas das primeiras propostas de *smart cities* (cidades inteligentes), que, gradualmente, vêm permitindo melhor compreensão do pensamento a partir de diversas experiências dentro do Brasil, perpassando suas primeiras críticas até as crescentes propostas alternativas ao pensamento tecnológico, criativo e inovador vinculados aos valores e à memória das cidades tradicionais até aos dias de hoje expressos no campo da arquitetura e do urbanismo.

Para melhor elucidar a problematização existente, um pequeno trecho de Santos (2011, p.161) “O espaço impõe a cada coisa um determinado feixe e relações, porque cada coisa ocupa um lugar dado”. De acordo com o autor, o lugar serve para dar o valor do homem que nele vive, seja seu valor como consumidor, cidadão ou produtor, tudo dependerá de sua localização territorial. Já conforme Halbwachs (1990), o grupo é formado, principalmente, por interesses, ordem de ideias e preocupações, que ao mesmo tempo são particulares, sem deixar de refletir a personalidade de cada um dos membros, e gerais, ou ainda, impessoais para manter, assim, seu sentido e importância. Para esse autor, mantemos o equilíbrio mental porque, em parte, os objetos materiais com os quais temos contato ao longo dos dias mudam muito pouco e com isso, nos oferecem uma imagem de permanência e estabilidade. Nesse sentido, quando um acontecimento nos obriga a mudar para outro entorno material gera em nós uma incerteza, uma instabilidade, “tanto é que as imagens habituais do mundo exterior são inseparáveis do nosso eu” (HALBWACHS, 1990, p.131), por isso, a sensação de estar deixando para trás toda a nossa personalidade.

Em suma, a primeira parte do artigo traz uma passagem pela urbanização mundial, em especial no Brasil. Já na segunda parte, é abordada a cidade tradicional em paralelo com as cidades inteligentes. Na terceira, parte discorre-se sobre as cidades ideias, ou seja, aquelas “cidades dos sonhos” e por fim na quarta encontra-se o fechamento do artigo, com uma

expressão “à flor da pele”, pois é assim que acabamos sentindo e experienciando a cidade, palco de todos nossos dias, de encontros e desencontros.

A metodologia utilizada partiu da vivência da autora na cidade de Brasília, suas experiências em Fortaleza e por meio de fontes bibliográficas e documentais.

## 2 | CIDADES INOVADORAS E INTELIGENTES

Com o advento da tecnologia, onde a internet conecta os seres humanos com outros seres inclusive com o reino animal e vegetal, de outro modo, mostrando seu habitat, alimentação, modos de vida. Com esse avanço, é possível passar 24h conectados em outro universo, conhecer cidades e civilizações, muitas das quais estaremos presentes apenas de modo virtual. Mesmo as viagens que “[...] constituem nossa opção número um para escapar da máquina estressante que é a tecnologia do consumidor” servem para que nos desconectemos do novo universo que vai além desse nosso planeta urbano, “os apetrechos high tech estão disponíveis para todas as necessidades concebíveis”. (NAISBITT, 2006, p.74-76)

Curitiba, capital paranaense, que seria considerada um dos casos, não da construção de uma cidade nova, mas de adequações feitas para atender os aspectos de gestão urbana, como saúde, meio ambiente e tecnologia, de acordo com notícia publicada no jornal Gazeta do Povo (2016) teve um bom desempenho no *ranking Connected Smart Cities* e ficou em terceiro lugar depois de Rio de Janeiro e São Paulo, o prêmio leva em conta outros nove aspectos.

O prêmio avalia o potencial das cidades de tornarem-se inteligentes, ou seja, a capacidade do município de produzir respostas aos problemas urbanos. De fazer das soluções polos geradores de desenvolvimento. “Ela não vira inteligente porque comprou um sistema de rastreamento de automóvel. A cidade é um organismo vivo que busca incorporar inteligência, tecnologia para garantir qualidade de vida e sustentabilidade econômica”, explica Thomas Assumpção, presidente da Urban Systems, consultoria que elaborou o ranking em parceria com a Sator. (Piva, 2016)

Assim, uma cidade para ser considerada inteligente precisa muito mais que uma banda larga que conecte todos os pontos da mesma, ou de vídeo vigilância inteligente, com câmeras que identificam determinados comportamentos, como se a vida tentasse repetir a experiência das telas de cinema, quando em *Minority Report - A Nova Lei* de Steven Spielberg, onde é possível prever os crimes antes que aconteçam. “Estamos aqui diante de uma questão sumamente importante a respeito da rua: que oportunidades ela oferece para o crime? Uma rua movimentada consegue garantir a segurança”. (JACOBS, 2011, p. 32-35). Logo, é preciso muito mais que o apelo e todo um aparato tecnológico para se tornar uma cidade inteligente e inovadora, mas integrar os moradores e trazer qualidade de vida seja por meio de inovações high tech, ou reabilitando de modo tradicional bairros antigos. É preciso haver mobilidade facilitada entre os pontos da cidade e não sonhar com cidades ideais ou dos sonhos em um projeto, mas e, acima de tudo, no dia a dia dessa cidade em

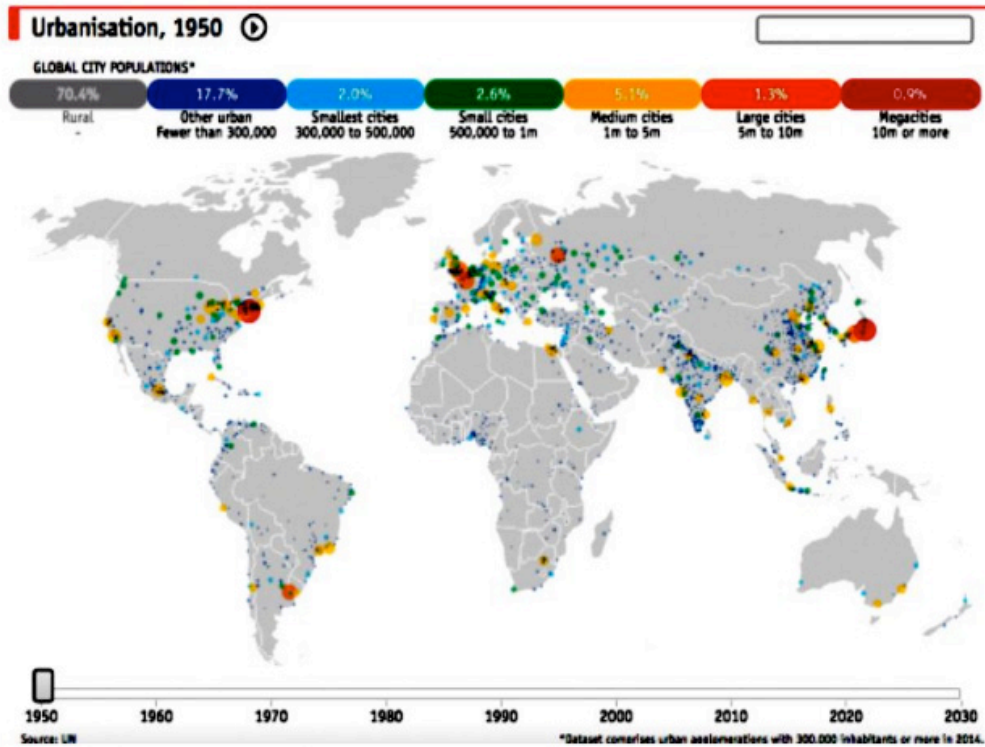
seu desenvolvimento e crescimento saudável.

## 2.1 Planeta urbano

As cidades tradicionais brasileiras nasceram de todo um contexto histórico que não deve e não pode ser desprezado. Assim é essa pele em forma de espaço urbano que habitamos, é bem como a pele que reveste todas as estruturas de um corpo que serve para proteção e guarda as memórias e marcas dos tempos vividos. Memórias essas que vêm dos antepassados, dos indígenas que aqui habitaram, e mesmo anteriores, pois “ainda é objeto das mais acirradas controvérsias a chegada do homem ao continente americano”. (WEIMER, 2014, p. 1).

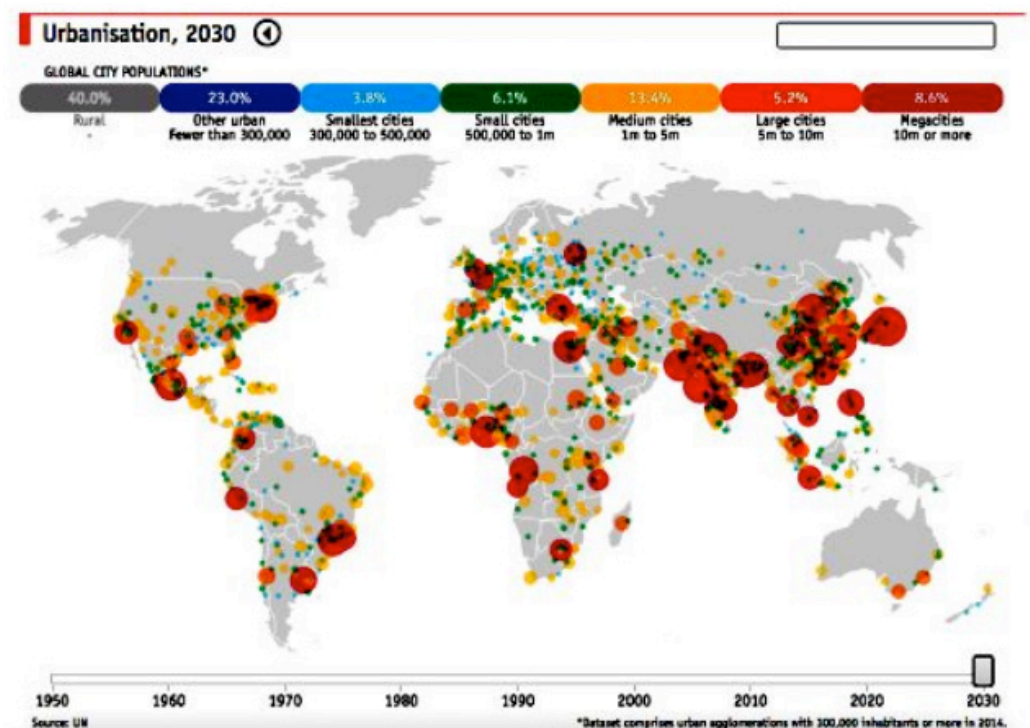
Naquelas épocas nosso planeta não era o planeta urbano que hoje vislumbramos, a seguir são apresentados dois mapas (Mapas 1 e 2), um de 1950, outro de uma previsão para 2030 demonstram a evolução da urbanização no mundo. Nas Figuras 1 e 2, também é possível verificar que os pontos em vermelho os quais representam as megacidades com 10 milhões de habitantes ou mais crescerão consideravelmente. De certo, éramos um planeta rural quase sem conexões entre os continentes do globo, hoje apresentamos as dimensões histórica, econômica, social, tecnológica, dentre outras em processo intenso de globalização, onde muitas vezes “poderia um bater de asas de uma borboleta no Brasil, causar um tornado no Texas?”(Wood Junior, 1993, p.97). Nunca estivemos tão conectados, a tecnologia nos permite vivenciar um mundo novo a cada dia e nunca estivemos tão verdadeiramente vivenciando a teoria do caos especialmente nas nossas cidades. “Cidade tornou-se uma palavra chave da tribo política, uma palavra de ordem da tribo da mídia, a palavra álibi dos clãs de urbanistas, planejadores, arquitetos, admiradores públicos e de sociólogos que a escrutinam, examinam e/ou pretendem dar-lhe forma. Mas urbanização será sinônimo de produção de uma cidade? [...]. No decorrer de pouco mais de um século, não ocorreu uma evolução banal, mas uma mutação, que mascara a permanência das palavras e topônimos” (CHOAY, 1999, v. 18, p.)





Mapa 1 - Urbanização no Mundo 1950

Fonte: Gaete, C. M. (2015)



Mapa 2 - Urbanização no Mundo 2030

Fonte: Gaete, C. M. (2015)

## 2.2 A pele que habitamos e a cidade dentro da cidade – *smart cities*

Ao que Choay chama a cidade de divindade de duas faces, quais sejam mãe castradora, para as classes menos favorecidas essa pele urbana que habitamos com naturalidade e que tratamos por vezes e noutras fechamos os olhos para suas feridas é palco de necessidades

constantes, para outras classes mais abastadas existe a possibilidade de um transplante tecnológico em forma de smart cities (cidades inteligentes).

Em 1957, o primeiro satélite era lançado na órbita da Terra. Isso nos oferecia uma posição privilegiada, a partir da qual podíamos olhar para nós mesmos e assinalar o começo de uma nova consciência global, uma mudança dramática no nosso relacionamento com o planeta. (ROGERS, 2015, p. 3)

Nós, seres humanos, sempre sonhamos com a cidade ideal para se viver. Em alguns momentos da história achamos ter atingido essa meta, a exemplo Brasília, uma cidade “monumental” nas palavras de Lúcio Costa, onde “a pureza das linhas remeteria às cidades coloniais, assim como permitiria inventar a “capital definitiva” do futuro brasileiro. (COSTA, 1986, p.93). Outras tantas cidades planejadas com a finalidade de serem adequadas ao sonho, às necessidades dos seus habitantes. Mas, conforme diz Rogers (2015, p.3) “a sobrevivência da sociedade sempre dependeu da manutenção do equilíbrio entre as variáveis de população, recursos naturais e meio ambiente”. Será que hoje ainda é essa a verdade?

Então por que não se apoderar, se é que é possível, de toda essa maravilha tecnológica criada pela inteligência humana, e levá-la ou trazê-la para as cidades e criar cidades inteligentes? Uma cidade dentro da cidade ou uma cidade que funcione por si só. Porque, talvez, considerar a cidade como uma máquina ou fábrica que trabalha o dia todo, todos os dias incessantemente para produzir os bens e serviços essenciais para vida da comunidade e não como um organismo do qual cada elemento, meio ambiente, fauna e flora, além do que criamos como: veículos, edificações. seja um dos maiores erros que possamos estar cometendo. Mais uma vez, tomamos emprestadas as palavras de Naisbitt (2006, p.197) “ para muitas pessoas acostumadas a pensar, as tecnologias genéticas são tão assustadoras quanto o desenvolvimento da energia nuclear[...]” Ou seja, por outro lado, pensar no desenvolvimento dessas *smart cities* (cidades inteligentes), pode em primeiro momento, parecer assustador, afinal no Brasil tem-se poucos parâmetros para elas.

### 2.3 “Cidade dos sonhos”

Não basta pensar em conexão e segurança tão somente, para começar dever-se-ia, talvez, pensar no modelo de cidade compacta e rejeitar-se o modelo monofuncional. Ou seja, “a questão é pensar e planejar cidades, onde as comunidades prosperam e a mobilidade aumenta[...] (ROGERS, 2015, p.38). pensar em driblar, também, “guerra dos lugares”, tão brilhantemente debatida por ROLNIK (2015), onde a mercantilização da moradia tem campo vasto e torna a habitação, especialmente social, indigna para seus moradores e aos poucos perde-se o direito à cidade.

[...]

Pois agora lá fora,

O mundo todo é uma ilha.

á milhas, e milhas, e milhas.

Nessa terra de gigantes.

Que trocam vidas por diamantes. [...]

(ENGENHEIROS DO HAVAI, Terra de Gigantes, 1987)

É certo que “cada geração precisa reinventar suas instituições públicas e criar outras novas.” (ROGERS, p.79). Por conseguinte, também, é correto afirmar que “todas as sociedades produzem estranhos. Mas cada sociedade produz sua própria espécie de estranhos [...].(BAUMANN, 1998, p. 27) As cidades, geralmente, são definidas como sendo o lugar onde estranhos se encontram, permanecem próximos sem deixar, no entanto, de serem estranhos. E compartilhar esse espaço urbano com estranhos e mesmo conviver proximamente, é “repugnante e impertinente” os habitantes das cidades tendem a considerar como uma sina da qual não podem escapar, “e, faz-se necessário encontrar um modo vivendi (modo de viver) que torne a coabitação palatável e a vida suportável”. (BAUMANN, 2004, p. 92). Com isso, “o espaço impõe a cada coisa um determinado feixe de relações, porque cada coisa ocupa um lugar dado”. (SANTOS, 2013, p. 161) De acordo com Santos (2013), o lugar serve para dar o valor do homem que nele vive, seja seu valor como consumidor, cidadão ou produtor, tudo dependerá de sua localização territorial.

As *cities without slums* (cidades sem favelas) que pode ser lido em dois sentidos: tanto como palavra de ordem para acabar com as favelas do mundo, através das remoções e reassentamentos, quanto para “incluí-las” no mercado urbano, através de sua regularização e da formalização de suas atividades econômicas. (ROLNIK, 105, p.252)

Segundo Rolnik (2015,) esses são perigos da imagem fictícia de um pensamento que aparenta ser de um crescimento incluyente, mas que em verdade busca a terra como ativo financeiro.

O fato é que a ideia de cidade inteligente vem crescendo cada vez mais, o caso mais atual no Brasil é a *smart city* Laguna que vem sendo desenvolvida em Croatá-Ceará, capital de Fortaleza-Brasil, esse é o primeiro caso de uma cidade inteligente, totalmente criada a partir do zero, por assim dizer aqui no país. Os lotes residenciais custam em média R\$ 49.000,00, apesar de parecerem baratos, não são, todavia, acessíveis a todas classes sociais.

Portanto, ainda não se sabe se essa será mais uma “cidade dos sonhos”, se depois de implantada e devidamente habitada os problemas existentes nas nossas cidades serão tão diferentes dos que serão encontrados lá. Será a mais tecnológica, entretanto será que é a mais sustentável? Será que usaremos os nossos aparelhos celulares de forma mais inteligente? Será que haverá emprego e moradia para todos? Ou será que seus moradores ainda dependerão daquela antiga pele, aquela cidade em que passou grande parte da vida, ou apenas um pequeno tempo, mas onde criou laços? Será que quem optar e tiver condições financeiras de adquirir um terreno e lá construir sua nova casa guardará as lembranças memoráveis, assim como muitos de nós, guarda de sua cidade natal e a partir desse

novíssimo e recém-criado modelo de vida formará memórias e não sentirá grande vontade de adaptar a arquitetura do lugar as suas origens, tradições e crenças? Será novo assim só o urbano e as relações com a cidade? Ou será que as relações sociais e a arquitetura mudarão também, e com isso tudo será diferente?

Será que nessa nova opção de cidade não haverá pobreza, favelas, mendigos, todos serão iguais e terão os mesmos direitos? Por enquanto são incógnitas. Só é possível dizer que “a reconstrução cultural tem limites que nenhum esforço poderia transcender”. (BAUMANN, 1998, p.29). Ainda nas palavras de Baumann (1998, p.163), dirão talvez, “esses eram os notórios pontos principais da noção de cultura na época cunhada, assim como tácitas, mas incontestáveis, pressuposições que a dotavam de sentido. Lembrando que, enquanto a mixofobia for a fonte de angústia e de insegurança, os problemas das cidades contemporâneas não podem ser resolvidos, simplesmente, reformando-se os próprios centros urbanos, ainda que seja feita uma reforma radical, pois o problema é global e não local. Assim, conforme Baumann (2004), antes das reformas urbanas deve-se proceder a uma reforma das condições de existência, caso contrário aquelas reformas serão tão somente placebos. Fato esse que deve ser considerado não para desmerecer a boa arquitetura ou planejamento urbano adequado, mas para, de alguma forma, trazer uma nova perspectiva à tarefa que inclua todos os fatores que direcionem a uma escolha mais acertada.

A seguir, as Figuras 1 e 2 que poderiam estar muito distantes de serem parecidas, pois a primeira se refere ao plano urbanístico da primeira cidade inteligente que será criada no Brasil e a segunda, diz respeito à imagem da cena de ficção do filme Pequena grande vida, na hora em que os moradores da cidade tradicional de Omaha, vão conhecer a proposta de mudar-se para uma microcidade chamada Lazerlândia. Caso optassem por ir viver nessa nova cidade teriam seus gastos reduzidos e poderiam desfrutar de toda comodidade e qualidade de vida antes impossíveis de se obter. Bastaria que reduzissem o tamanho de seus corpos para caberem no modelo de vida do lugar. E como é uma cidade com menos de 10 vezes o tamanho de uma cidade comum, então seria mais sustentável, totalmente mantida pela avançada tecnologia da época, econômica e não poluidora do meio, tendo um pequeno impacto sobre o entorno e uma grande área para crescer. Mas e o entorno qual o impacto teria sobre a cidade e a população? Destarte, a pobreza não deixou de existir fora dessa “bolha”, a marginalização e a degradação ambiental, nenhum dos problemas desapareceu ou se minimizou. “A cidade como artefato humano por excelência, portanto produto de design – no sentido amplo da palavra: desejo, desígnio, projeto -, é como o processo de um projeto mais inteligente que ela se reinventa.” (LEITE et al, 2012, p.34)

O que as duas figuras têm em comum é o que chama a atenção. Pois todas duas são ideias de criação de uma cidade que utiliza da alta tecnologia como uma forma de solução dos problemas do entorno, dos problemas existentes com o crescimento desordenado das cidades, destruição do meio ambiente, pobreza. A tecnologia pode e deve ser empregada para melhoria das condições de vida no planeta, mas será que ela, assim como pareceram ser os novos materiais após a revolução industrial, serão a “salvação”, ou será que tanto melhor seria olhar para trás, para nossa história em como eram as construções e a vida das

peças em harmonia com o meio ambiente? Será que ainda é possível fazer isso: transformar nossas cidades, favelas e construções precárias em *smart cities* (cidades inteligentes)?



Figura 1 Plano urbanístico da Smart City Laguna em Croatá-CE

Fonte: Lawson, w. (2017)



Figura 2 Cena do filme Pequena grande vida

Fonte: Payne, A. (2018)

Não podemos nos esquecer de Brasília, a cidade modernista, planejada e pensada como uma cidade à frente de seu tempo, mas com algumas feridas ainda de antes de sua inauguração, Paviani (2001), afirma que da época de sua construção, Lúcio Costa concluiu que no Plano Piloto de Brasília não poderiam ser abrigadas todas as levas de imigrantes, sobretudo os que passaram a trabalhar nos canteiros, assim foram criados núcleos distantes

do centro como Taguatinga, o fracasso da ideia de planejamento urbano se mostrou aparente na grande quantidade de núcleos esparsos que surgiram, aumentando e dando um início aterrador a apartação e exclusão social. “O registro e a análise da moradia dos trabalhadores nunca tiveram o destaque necessário, perdendo-se a memória sobre o espaço ocupado pelos pobres. (BONDUKI, p.42, 2014). Fonte de exclusão e segregação social e urbana, a Capital da República Federativa do Brasil se encontra como núcleo “fechado e acabado” sem quase nenhuma possibilidade de alteração do plano inicial de sua concepção.

## 2.4 À flor da pele

No caso da opção da escolha por adaptar a cidade já existente com toda sua riqueza histórica, social e cultural às novas possibilidades criadas pelo avanço tecnológico, sua morada/cidade deve lhes trazer segurança e familiaridade, representando os menores danos possíveis à cultura existente antes, mantendo mesmo que em dose homeopática o sentimento de pertença ao lugar, suas memórias. Optamos por sentir os sons, as cores antigas e novas, a cidade com suas importantes, mas não tão extremas contradições, passaríamos a senti-la como é viva e intensa “à flor da pele”. Apesar, de Assmann (2011, p.317), acreditar que falar em “memória dos locais” seja uma formulação um tanto quanto sugestiva por apontar para uma possibilidade de que os “locais possam tornar-se sujeitos, portadores de recordação e possivelmente dotados de uma memória que ultrapassa amplamente a memória dos seres humanos”. Ao citar Cícero - grande teórico da mnemotécnica romana – a autora diz que ele teria uma noção clara sobre o significado dos locais para a construção da memória. Serviriam como partes para construção da memória (imagens et loci - figuras e lugares) as primeiras fixariam a afetividade de determinado conteúdo do saber e os segundos a ordenação desses conteúdos e sua recuperação.

Pois, ainda que não possuam em sua essência própria uma memória imanente, os locais fazem parte da construção de espaços culturais de recordação muito significativos. “Por corporificarem uma continuidade de duração que supera a recordação relativamente breve dos indivíduos, épocas e também, culturas, que está concretizada em artefatos”. (ASSMANN, p.318, 2011)

Por fim, entende-se de acordo com o contexto assinalado que a cidade tradicional, ou seja, aquela pele que habitamos na maioria dos casos não é “ignorante”, mas foi construída sob égide das necessidades, das tradições culturais e das memórias de seus habitantes. Sendo assim, ela não estaria em oposição as cidades inteligentes com suas apropriações tecnológicas.

Tantas vezes a humanidade sonhou com cidades ideais, cidades planejadas para atender a população, gerar melhor qualidade de vida, tantas ilusões foram ao longo do tempo desfeitas. Apesar haver lugares agradáveis, seguros e com qualidade de vida adequados para habitar, essa não é a realidade da maior parte das cidades brasileiras, que se dizer no planeta.

Jane Jacobs lutou pela “renovação urbana” no West Village. Conforme a “Lei Federal de Habitação de 1949, fundos federais foram disponibilizados às cidades para demolição

ou reabilitação de áreas destruídas, e ao longo da década de 1950, o Comitê de Favelas de Robert Moses já havia feito jus ao nome, destruindo bairros inteiros de Nova York”. (LEWIN, 2017, p.1). Caso fossem derrubadas as casas, seria o fim daquela comunidade, de seu “caráter de cidade pequena, suas qualidades residenciais, sua cor local, sua rica herança e seus tons culturais”. Qualquer renovação urbana deveria respeitar a “tradição da vila”.

Moses se via como o construtor de um admirável mundo novo, onde os pobres seriam abrigados em superblocos altos, limpos e uniformes nos arredores das cidades. As favelas imundas que eles desocuparam - “crescimentos cancerígenos”, em suas palavras - seriam derrubadas para dar lugar a parques, centros de artes e vias expressas. Se os inquilinos desenraizados não quisessem se mudar, ou não gostassem das torres arejadas para qual se mudaram, como o negociador gelado afirma com calma no filme: “Nosso maior problema é a remoção do inquilino”. (LAWSON, 2017)

Ao ser excluído e ficar à margem da sociedade, o sujeito passa a sustentar uma ordem social, a qual é compelido e sofre muito com esse processo de exclusão social perversa (SAWAIA, 2009). Esses excluídos são todos aqueles que são rejeitados pelos valores da sociedade. E então fica mais uma pergunta, será que ao criar uma cidade que se encontra embutida em uma já existente não se estará criando mais um campo de exclusão social, como se fosse um mega condomínio ensimesmado? O risco que se corre é o de se ter algo como a Figura 3, a favela de Paraisópolis e ao lado o Bairro do Morumbi. Um contraste extremo onde uns tem direitos que outros não tem.



Figura 3 Favela de Paraisópolis e Morumbi: o contraditório bairro-região de São Paulo

Fonte: Vieira, T. (2012).

De acordo com Laraia (2001) a cultura influencia na criação dos modos de vida e nas formas de perceber o mundo, sendo assim, somos todos herdeiros de uma cultura contextualizada e que nos possibilita o sentimento de pertença ao lugar. Essa referência de pertencimento possibilita a construção da identidade cultural. Contudo, a constituição desse espaço simbólico perpassa a diversidade e a multiplicidade dos modos de vida de cada cidadão. É a cultura que influencia individualmente e também cria a representação identitária

coletiva. Esse espaço cultural é dinâmico e vivo, acontece no dia a dia de cada um “é a relação dos humanos com o tempo e no tempo” (CHAUI, 2000, p. 373). São as relações sociais na produção dos espaços que criam, baseados em sua cultura, os mecanismos de inclusão e exclusão socio-cultural.

Em suma, não seria tanto melhor fazer ajustes nas nossas cidades, transformá-las, mas não a ponto de se tornarem irreconhecíveis, não é preciso uma plástica completa. É preciso olhá-las com novos olhos e perceber o que encanta ou já encantou em quem nela vive. Manter a custo as relações sociais criadas, muitas vezes, a custo pelos moradores. Pois, “as relações entre os corpos humanos no espaço é o que determinam suas reações mútuas, como se vêem e se ouvem, como se tocam ou se distanciam.” (SENNETT, 2008, p.15) Assim é a cidade, criamos com ela nossas relações e para que nos apaixonemos novamente é preciso torná-la novamente uma fonte de inspiração, encontros e redescobertas, para que sejam “as cidades dos sonhos”, não dos sonhos ingênuos, aqueles de criação de uma cidade perfeita como em contos de fada, e criou-se a cidade e lá foram felizes para sempre e ela também repousa sobre toda mansidão, não! Para que sejam cidades inteligentes e inovadoras ao trazerem para todos seus habitantes condições de nela terem uma boa qualidade de vida, sejam eles felizes ou sofram de vez em quando, seja a cidade feliz ou sofra de vez em quando, segundo Sennett (2008, p. 321) “é obvio que primeiras impressões sobre lugares tranquilos e povos felizes são enganosas...e frequentemente preferíveis. De qualquer forma, apesar de falsas, elas nos instruem”.

## REFERÊNCIAS

- Assmann, A. (2011), Espaço da Recordação: Formas e transformações da memória cultural, Unicamp, Campinas, SP.
- Bauman, Zt. (1998), O mal-estar da pós-modernidade, Zahar, traduzido por Mauro G. e Gama, C. M., Rio de Janeiro, RJ.
- Bauman, Z. (2004), Amor líquido: sobre a fragilidade dos laços humanos, Zahar, Rio de Janeiro, RJ.
- Bonduki, N. (2012), “Os pioneiros da habitação social: cem anos de política pública no Brasil”, Ensaios Sobre o Conceito de Cultura, Zahar, Rio de Janeiro, RJ.
- Cavalcanti, L. P. (2006), Moderno e brasileiro: A história de uma nova linguagem na arquitetura, Zahar, Rio de Janeiro, RJ.
- Chauí, M. (2000), “O mundo da prática, a cultura” in *Ática* (Ed.), Convite à filosofia, São Paulo, SP, pp. 367-78.
- Choay, F. (1999) “O reino do urbano e a morte da cidade”, Traduzido de Kavakama, E. B., Proj. História, São Paulo, SP, No. 18, maio, pp. 67-89.
- Costa, L. (1986), “Registo de uma vivência”, in: COSTA, Maria Elisa, *Aeroplano*, Rio de Janeiro, RJ.
- Halbwachs, M. (1990), A memória coletiva, traduzido por Beatriz S., Centauro, São Paulo, SP.
- Jacobs, J. (2011), Morte e Vida de Grandes Cidades, 3. ed., Wmf Martins Fontes, São Paulo, SP.



- Laraia, R.B. (2001), "A cultura condiciona a visão de mundo do homem" in Laraia, R.B. (Ed.), *Cultura: um conceito antropológico*, 14. ed., Zahar, Rio de Janeiro, RJ, pp. 67-74.
- Lawson, w. (2017), "The woman who saved New York City from superhighway hell", Disponível em: [www.vanityfair.com/culture/2017/04/jane-jacobs-citizen-jane-documentary](http://www.vanityfair.com/culture/2017/04/jane-jacobs-citizen-jane-documentary) (Consultado em 22 Abril 2018)
- Leite, C. e Awad, J. D. C. M.(2012), *Cidades sustentáveis, cidades inteligente: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*, Bookman, Porto Alegre, RS.
- Lewin, j. (2017), "How Jane Jacobs fought 'urban renewal' in the West Village and won", Disponível em: <http://beta.nydailynews.com/new-york/jane-jacobs-fought-urban-renewal-west-village-article-1.2962679> (Consultado em 23 Abril 2018)
- Naisbitt, J. (2006), *High tech, high touch: a tecnologia e a nossa busca por significado*, 3rd Ed., Cultrix, traduzido por Eichenberg, N. R., São Paulo, SP.
- Paviani, A. (2003), "Brasília no contexto local e regional: urbanização e crise", *Revista Território*, Ano VII, No. 11, 12 e 13, set./out., pp.
- Piva, N. (2016), Curitiba fica em terceiro em ranking das cidades inteligentes, Disponível em: [www.gazetadopovo.com.br/curitiba/curitiba-fica-em-terceiro-em-ranking-das-cidades-inteligentes-0969jr35coecf3kokxdkt6ipk](http://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/curitiba-fica-em-terceiro-em-ranking-das-cidades-inteligentes-0969jr35coecf3kokxdkt6ipk) (Consultado em 22 abr 2018)
- Rogers, R. e Gumuchdjan, P. (2015), *Cidades para um pequeno planeta*, Gustavo Gili, traduzido por Anita R. D. M., São Paulo, SP.
- Rolnik, R. (2015), *Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças*, Boitempo, São Paulo, SP.
- Santos, M. (2011), *O espaço da cidadania e outras reflexões*, Fundação Ulysses Guimarães, Porto Alegre, RS.
- Santos, M. (1998), *Metamorfoses do espaço habitado*, Hucitec, São Paulo, SP.
- Sawaia, B.B. (2001), "O sofrimento ético-político como categoria de análise da dialética exclusão/inclusão" in Sawaia, B.B. (Ed.), *As artimanhas da exclusão: análise psicossocial e ética da desigualdade social*, 11. ed., Vozes, Petrópolis, RJ, pp. 97-118.
- Sennett, R. (2008), *Carne e pedra: o corpo e a cidade na civilização ocidental*, Bestbolso, traduzido por Marcos A. R., Rio de Janeiro, RJ.
- Vieira, T. (2012), *Favela de Paraisópolis*, Disponível em: [www.tucavieira.com.br/A-foto-da-favela-de-Paraisopolis](http://www.tucavieira.com.br/A-foto-da-favela-de-Paraisopolis)(Consultado em 23 Abril 2018)
- Weimer, G. (2014), "Evolução da arquitetura indígena", 20 Congresso de Arquitetos do Brasil, Fortaleza, CE.
- Wood Junior, T. (1993), "Caos: a criação de uma nova ciência? As aplicações e implicações da Teoria do Caos na Administração de Empresas. in *Revista de Administração de Empresas*, Bimensal, São Paulo, SP, v. 4, n. 33, p.94-105.

## A BICICLETA COMO “NOVO” MODO DE MOBILIDADE EM LISBOA

Data de aceite: 23/06/2020

### João Carlos Duarte Marrana

**CiAUD** – Centro de Investigação em  
Arquitetura, Urbanismo e Design

Faculdade de Arquitetura, Universidade de  
Lisboa

Rua Sá Nogueira, Pólo Universitário, Alto da  
Ajuda, 1349-063 Lisboa, Portugal

ORCID ID: [orcid.org/ 0000-0002-6413-8784](https://orcid.org/0000-0002-6413-8784)

### Francisco Manuel Camarinhas Serdoura

**CiAUD** – Centro de Investigação em  
Arquitetura, Urbanismo e Design

Faculdade de Arquitetura, Universidade de  
Lisboa

Rua Sá Nogueira, Pólo Universitário, Alto da  
Ajuda, 1349-063 Lisboa, Portugal

ORCID ID: [orcid.org/0000-0002-9840-6177](https://orcid.org/0000-0002-9840-6177)

**RESUMO:** Há várias décadas que a cidade é pensada em função do automóvel e pouco em função das pessoas que nela residem e trabalham. Nos últimos anos, em reação a este modo “carro-dependente” de fazer cidade, novas abordagens têm vindo a ser implementadas para reduzir a presença e o impacto que o automóvel nelas detém. Nova Iorque e Amsterdão, são algumas das cidades que adotaram a bicicleta como

modo seguro e sustentável, de mobilidade urbana. Será sobre esta (r)evolução ciclável, a decorrer um pouco por todo o mundo, que este trabalho irá incidir. Proceder-se-á à apresentação de um enquadramento teórico sobre a temática e de um caso de estudo que retrata o processo de evolução da rede ciclável de Lisboa, entre 2000 e 2020, caracterizando-a quanto à sua classificação e tipologia. Desta forma, espera-se contribuir para a compreensão desta nova forma de pensar, desenhar e circular em Lisboa, mas também na maioria das cidades do século XXI.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Bicicleta, Rede Ciclável, Mobilidade Urbana, Lisboa.*

### THE BICYCLE AS A “NEW” MOBILITY MODE IN LISBON

**ABSTRACT:** For several decades, the city has been designed for the car, and little for the needs of the people who live and work there. In recent years, in response to this “car-dependent” way of doing city, new approaches have been fulfilled to reduce the presence and impact that the car has on them. New York and Amsterdam are some of the cities that have adopted the bicycle as a safe and sustainable way of urban sustainable mobility. It will be on this cycling

(r)evolution, taking place all over the world, that this work will focus. The research will proceed to the presentation of a theoretical framework on the subject and a case study that portrays the evolution process of the Lisbon cycling network, between 2000 and 2020, characterizing it in terms of its classification and typology. In this way, the paper hope to contribute to the understanding of this new way of thinking, designing and circulating in Lisbon, but also, in most cities of the 21st century.

**KEYWORDS:** Cycling, Cycle Network, Urban Mobility, Lisbon.

## 1 | INTRODUÇÃO

Desde 1940 que a cidade tem sido pensada e desenhada em função do automóvel e não das pessoas que nela residem, trabalham ou simplesmente a visitam. Nos últimos cinco anos, em reação a este modo “*carro-dependente*” de fazer cidade, e às consequências danosas que daí advieram, novas abordagens têm vindo a ser implementadas a uma escala global, com o intuito de reduzir a presença e conseqüentemente o impacto do automóvel nas nossas cidades, introduzindo assim novos modos de circulação mais suaves, sustentáveis e ecologicamente mais responsáveis.

Cidades como Nova Iorque, Madrid, Londres, Copenhaga, Amsterdão, Bogotá, e Montreal, são, entre muitas outras, algumas daquelas que criaram ou estão em processo de criar condições para a utilização da bicicleta como modo, eficaz e seguro, de mobilidade urbana. Será sobre esta (r)evolução ciclável, a decorrer presentemente um pouco por todo o mundo, que este artigo irá incidir. No capítulo seguinte proceder-se à apresentação de um enquadramento teórico sobre a temática, contextualizando-a a nível histórico; demonstrando a pertinência e importância da utilização da bicicleta como meio de transporte urbano (recorrendo a conceitos, modelos e recomendações reconhecidas internacionalmente); e apresentando dois exemplos de sucesso, claramente distintos ao nível da conceptualização, implementação e evolução (Nova Iorque e Amsterdão).

No capítulo 3, será apresentado o caso de estudo que retrata o processo de implementação/expansão da rede ciclável em Lisboa, descrevendo a sua evolução (2000-2020) e caracterizando-a quanto à sua classificação e tipologia, recorrendo a informação quantitativa e qualitativa cedida pelo Município. A análise efetuada permite concluir que a evolução da rede decorre em dois momentos distintos, e que quando da sua conclusão Lisboa contará com 153 km de percursos cicláveis, um crescimento de sensivelmente 140%, em apenas 5 anos.

## 2 | A (R)EVOLUÇÃO DO CICLÁVEL

Neste capítulo começaremos por abordar o percurso histórico da utilização da bicicleta como meio de transporte urbano, passaremos de seguida a identificar alguns dos conceitos e objetivos presentes no processo de “*re-humanização*” das cidades e por fim descreveremos algumas medidas já implementadas e/ou em implementação em cidades que já abraçaram a bicicleta como modo sustentável de transporte em meio urbano.

## 2.1 O Passado, o Presente, que Futuro?

Em 1890, a população, em particular mulheres e classes sociais menos favorecidas celebraram o aparecimento da bicicleta, vista como a “*força libertadora*” da expressão da liberdade individual e de uma tão esperada emancipação social (Smethurst, 2015). No entanto este “*veículo de mudança*” tardou em assumir o papel que dele era esperado. O seu aparecimento acabaria por ser associado às classes sociais mais favorecidas, as únicas que à data dispunham de condições para adquirir estes “*veículos da moda*”.

Desde então a bicicleta passou a ser vista como um símbolo de estatuto e de riqueza, mas sobretudo como o reflexo de um espírito futurista e progressivo tão representativo do período áureo da revolução industrial. Com o decorrer dos anos, o progressivo crescimento na procura deste veículo conduziu à sua produção em massa possibilitando o seu acesso a classes sociais menos favorecidas, dando-lhes a tão esperada oportunidade de estenderem os seus horizontes, sociais e geográficos (Smethurst, 2015). No entanto a história deste veículo desenrolou-se de forma diferente pelos diferentes continentes, reflexo não só de processos evolutivos distintos, mas sobretudo de identidades culturais diferenciadas.

De acordo com Young (2013), a bicicleta foi introduzida nos Estados Unidos da América (EUA) no final do século XIX, e tornou-se de tal forma popular que rapidamente foram construídos percursos cicláveis protegidos dispostos ao longo de estradas rurais (Longhurst, 2015). Enquanto meio de transporte urbano apresenta um percurso idêntico e coincidente com a história da utilização do automóvel. Para Herlihy (2004) e Guroff (2016), terá mesmo sido a utilização da bicicleta que “abriu” o caminho para a utilização do automóvel nas cidades americanas. O crescimento e desenvolvimento da indústria ciclável americana é caracterizado por uma colaboração e competição constante com a indústria automóvel (Young, 2013).

Na década de 1920, a redução nos custos de produção do automóvel associada à crescente atração do público americano por estes veículos, conduziu à anunciada ascensão do automóvel como meio de transporte preferencial da nação. A bicicleta passa a ser publicitada e comercializada quase exclusivamente como veículo de recreio, sobretudo junto de uma população juvenil. Com o envolvimento dos EUA na 2ª guerra mundial, a bicicleta voltou a registar uma maior procura como veículo de transporte, devido a uma acentuada redução na produção automóvel, resultado da restrição no acesso às matérias-primas necessárias ao seu fabrico (Young, 2015).

Com o fim do conflito e a implementação de um novo modo de pensar e viver a cidade, assiste-se à deslocação das famílias dos centros urbanos para as suas periferias. Esse foi o momento em que o automóvel assumiu definitivamente o seu papel de transporte de eleição na cultura americana, para não mais o perder. Apenas na década de 70 se voltaria a assistir ao “*ressurgir*” da bicicleta, quer como meio de transporte quer como veículo de recreio e lazer. A crise energética de 1973, o despertar da consciência ambiental, o crescente interesse pelo conceito de mobilidade ativa e a evolução tecnológica foram alguns dos fatores que contribuíram de forma determinante para tal. Na década de 90, uma nova mentalidade

urbanística começa a ser implementada, recomendando a construção de cidades mais densas e sustentáveis, mas sobretudo cidades (re)desenhadas a pensar nas pessoas e não no automóvel.

O planeamento urbano americano do século XXI, tem sido marcado por essa linha de pensamento, visível não só na forma como algumas das suas principais cidades estão presentemente a “reinventar” o seu espaço público, mas também resultado de uma maior consciência ambiental, o que tem contribuído para uma redução do número de quilómetros percorridos por automóvel e uma redução na emissão de licenças de condução junto dos jovens americanos (Longhurst, 2015). Na Europa, em particular na Holanda, deparamo-nos com uma história semelhante ainda que com momentos chave diferentes.

De acordo com Ebert (2012), a bicicleta foi introduzida na Holanda no final do século XIX como um bem de luxo, orientado para uma classe média-alta e alta. No entanto, e ao contrário do verificado em outros países vizinhos, a bicicleta foi sobretudo direcionada para uma utilização turística (Ebert, 2012), permitindo que residentes e visitantes usufríssem da paisagem holandesa. Era então necessário criar uma rede de percursos que possibilitasse a deslocação adequada destes veículos. Para tal muito contribuiu a participação ativa de várias associações cicláveis que iam sendo criadas. Com o início da 1ª guerra mundial, apesar de a Holanda ter mantido uma posição neutra, o País foi sujeito a sucessivos bloqueios e ao encerramento das suas fronteiras. Com receio de que tais ações produzissem um impacto mais negativo na população, reforçou-se a construção de percursos cicláveis, a uma escala local e regional, com o propósito de promover o bem-estar físico e mental da população. Com o decorrer do tempo, dado o seu custo cada vez mais reduzido, a bicicleta torna-se acessível a todos os estratos sociais e passa a ser o meio de transporte preferencial da população. No entanto também aqui a “*cultura*” do automóvel se começou a fazer sentir.

O final da década de 20 e a década de 30 são marcadas por um crescendo na procura destas viaturas chegando mesmo a sua utilização a comprometer a circulação partilhada entre bicicletas e automóveis. Em 1927, o governo holandês manifesta a intenção de reorganizar e expandir a rede viária nacional com o intuito de acolher o automóvel. Para financiar tal operação, o governo recorre a fundos provenientes de uma taxa ciclável criada no início do século XX, altura em que a bicicleta era ainda vista como um artigo de luxo. Esta intenção encontrou forte oposição por parte das associações, que apesar de não conseguirem inverter a situação conseguiram negociar que com as novas estradas fossem construídos novos percursos cicláveis, separados do tráfego automóvel.

De facto, apesar de socialmente injusta, esta taxa possibilitou que os interesses dos ciclistas fossem salvaguardados, reconhecendo-os como parte integrante do sistema de tráfego nacional (Ebert, 2012). Com a ocupação, durante a 2ª grande guerra, a taxa ciclável seria abolida e não voltaria a ser introduzida. Apesar de entre 1950 e 1970 se assistir ao rápido crescimento da taxa de motorização do País, o uso da bicicleta continuou a subir. A década de 70 foi marcada por uma inversão da mentalidade “*carro-dependente*” de planeamento que vinha sendo seguida no País. Tal deveu-se à crise petrolífera de 1973, mas sobretudo ao crescimento no número de acidentes rodoviários e ao crescimento de fatalidades, em

particular de uma população muito jovem (Wardlaw, 2014). Esta tomada de consciência motivou alterações nas políticas públicas passando a bicicleta a deter novamente um papel determinante na mobilidade urbana holandesa. No espaço de sensivelmente 35 anos não só foram acrescentados 20.000 km de percursos cicláveis à rede existente, como o modelo de planeamento territorial foi ajustado de modo a considerar restrições ao uso do carro e reforçar o uso do transporte ciclável como sistema complementar da rede de transportes coletivos.

## 2.2 A bicicleta como modo de vida

Nas últimas décadas a cidade tem sido pensada e desenhada em função do automóvel e não das pessoas que nela residem, trabalham ou simplesmente a visitam. A Carta de Atenas (1933) contribuiu de forma decisiva para esse novo paradigma urbano, que rapidamente se disseminou pelo mundo. Na Europa em particular, a recuperação de um extenso período de guerra tornou-a no laboratório perfeito para a implementação dessa “*nova doutrina*” urbana, que associada ao crescente desenvolvimento tecnológico, nomeadamente da indústria motorizada e a um recurso aparentemente ilimitado de combustíveis fósseis, contribuíram para a existência de elevados índices de motorização nas cidades, que ainda perduram e estão na origem de alguns dos maiores desafios com que as nossas cidades presentemente se deparam.

Anualmente, resultado de acidentes rodoviários, 1.200.000 de pessoas morrem em todo o planeta, um valor ligeiramente inferior ao número de fatalidades verificadas pelo vírus da SIDA (Welle, 2015). A Agência Europeia do Ambiente (AEA) revela que uma grande percentagem da população Europeia reside em territórios, nomeadamente cidades, onde os valores de poluentes atmosféricos excedem o limite estipulado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Nos Estados Unidos da América enfermidades crónicas como a diabetes, obesidade e doenças cardíacas correspondem a 70% da taxa de mortalidade anual e têm um custo de triliões de dólares (Russel, 2015). As sociedades modernas, ainda que mais plurais e dinâmicas são também cada vez mais exclusivas e segregadas, orientadas para o lucro rápido e para o crescimento económico. As cidades dispersam-se pelo território conduzindo à sua utilização ineficaz, resultado de níveis de ocupação territorial reduzidos, segregação de usos e excessiva dependência do automóvel.

Recentemente, em resposta a estes desafios, um evento organizado pela OMS e pela Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE), promoveu a apresentação e adoção da Declaração de Paris “*City in motion: People first*”, que define as principais prioridades estratégicas para futuros projetos nas áreas interligadas dos sectores de transporte, saúde e meio ambiente. Essa declaração sublinha a importância de promover políticas centradas nas pessoas com o objetivo de facilitar o acesso a sistemas de mobilidade inclusivos, sustentáveis e saudáveis. Uma descrição que, subentenda-se, abre caminho para a implementação da bicicleta como parte integrante dos sistemas de transportes em meio urbano. Presentemente, são muitas as cidades que criaram ou estão em processo de criar condições para a utilização da bicicleta como meio, eficaz, seguro e saudável, de

mobilidade. Em Bogotá, na Colômbia, concluiu-se que a ampliação da rede ciclável (2003-2013) contribuiu para uma redução de aproximadamente 50% no número de óbitos e para um aumento na utilização da bicicleta como meio de transporte, passando de 3% para 6% do valor total de deslocamentos na cidade. Em Londres, registaram-se em 2014, 645.000 viagens diárias de bicicleta, o que representa um aumento de 10,3% em relação ao ano anterior, e de 69,6% desde 2004. Perante tais factos, e de acordo com Speck (2012), o crescimento no uso da bicicleta como meio de transporte em meio urbano é possivelmente a maior revolução que está a decorrer no planeta, o que por si, justifica uma análise mais detalhada. Para tal, recorre-se à decomposição das componentes a ela associadas.

Ao nível do **planeamento territorial**, verifica-se que mais do que fatores culturais ou ambientais, os agentes determinantes para a criação de uma cidade ciclável são sobretudo de natureza física, nomeadamente a existência de um planeamento e desenho urbano adequado aliados à criação de condições de circulação para que as viagens de bicicleta se realizem de forma segura (Speck, 2012). O objetivo central de qualquer plano ciclável deverá ser o de garantir o acesso de bicicletas a todos os locais e edifícios de uma cidade, podendo estas decorrer em vias separadas (preferencial), em faixas cicláveis ou mesmo em vias partilhadas, no caso de ruas com menor fluxo de tráfego (Speck, 2012 e Gehl, 2010). Em termos **sociais**, a existência de uma rede ciclável passa a mensagem de que a cidade inclui e apoia modos ativos, sustentáveis e saudáveis de circulação e considera bem-vindas as pessoas que privilegiam estes modos de deslocação, que correspondem, por regra, a uma classe jovem, dinâmica, criativa e empreendedora (Speck, 2012). No entanto, para haver a transição de uma cultura “*car-oriented*” para outra “*bicycle-oriented*”, é necessário dar especial atenção às denominadas “*soft measures*”, que incluem a formação e treino sobre a utilização e circulação em bicicleta, campanhas de comunicação, e realização de eventos que aliciem as pessoas a partilhar desta nova forma de mobilidade (Gehl, 2010).

De um ponto de vista estritamente **económico**, a construção de percursos cicláveis tem contribuído para o aumento do valor de propriedade estando parte desse valor associado a um ligeiro aumento de impostos sobre o imobiliário, valor esse que deveria ser aplicado na manutenção e construção de mais percursos cicláveis e pedonais (Speck, 2012). De acordo com um estudo desenvolvido em 2015 pelo Instituto de Indiana, desde 2008, quando da requalificação de uma área central da cidade, onde foram melhorados os percursos pedonais e construídos percursos cicláveis, o valor de propriedade dos imóveis localizados a uma distância de 150 metros deste espaço público aumentou aproximadamente 148%, ou seja, uma valorização de aproximadamente 1.000.000.000 de dólares (Russel, 2015). Invariavelmente os proprietários de unidades comerciais defendem que a perda de lugares de estacionamento se traduz numa redução considerável das suas receitas, dado entenderem que os automobilistas não só são mais ricos e conseguem transportar mais artigos, como a maioria dos seus clientes se desloca de carro.

Em Bristol, Inglaterra, foi conduzido um estudo junto de comerciantes e seus clientes com o objetivo de determinar o perfil do consumidor e seu modo de deslocação. Os comerciantes indicaram que 41% dos seus clientes se deslocava de carro tendo o estudo

demonstrado que apenas 22% realmente o faziam. Os comerciantes foram também inquiridos sobre a percentagem de clientes que se deslocavam de bicicleta. O valor apontado pelos comerciantes, 6%, é também diferente do indicado pelo estudo que determina que o número real de clientes que se deslocavam de bicicleta era de 10% (Jaffe, 2015).

Em termos de **saúde pública**, uma grande percentagem de adultos e crianças têm excesso de peso ou são obesas, resultado de uma má nutrição e de ausência de prática desportiva. Neste campo os arquitetos e urbanistas têm um importante contributo a dar, pensando e desenhando espaços públicos que encorajem a utilização da bicicleta e outros modos de mobilidade ativa, como simplesmente caminhar. Estudos recentes demonstram que nas cidades com redes cicláveis bem desenhadas e dimensionadas, em que as pessoas utilizam mais a bicicleta, as taxas de obesidade são mais reduzidas que em cidades onde o modo ciclável é quase inexistente.

Para Gehl (2010), a preocupação crescente com as alterações climáticas, a **sustentabilidade ambiental** e a saúde pública levarão a que cada vez mais cidades redobrem os seus esforços na implementação de uma nova mentalidade urbana, onde os modos de mobilidade ativa sustentáveis terão papel de destaque. A União Europeia (2015) refere que se considerarmos os “*custos ambientais*” associados à produção, manutenção e consumo energético dos modos de transporte existentes, o modo ciclável é de todos (inclusive caminhar), o que tem menor emissão de gases com efeito de estufa (21g CO<sub>2</sub>/Km). Se a isto somarmos o facto de que metade das viagens feitas de automóvel correspondem a percursos inferiores a 5 km, podemos facilmente constatar que a bicicleta se prefigura como uma alternativa muito credível e bastante desejável para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> nas nossas cidades.

Em termos de **mobilidade e acessibilidade**, é importante que o tráfego ciclável seja integrado no sistema de transportes coletivos das cidades como sistema complementar, devendo estes ajustar-se de modo a possibilitar o transporte da bicicleta, combinando assim a sua utilização com o transporte público nomeadamente o sistema ferroviário, ligeiro e pesado, autocarros e mesmo táxis (Gehl, 2010). A segurança e conforto na utilização da bicicleta como sistema de transporte é crucial tendo em vista a sua implementação e futura utilização por parte da população. Para tal, sempre que possível deverão ser considerados percursos protegidos, bem dimensionados, interseções com boa visibilidade e devidamente sinalizadas. Ainda que resumida, esta análise permite-nos constatar que, conforme afirmou Gehl (2010), a utilização da bicicleta poderá eventualmente ser a resposta para muitos dos problemas com que as cidades do século XXI se deparam.

## 2.3 Cidades Cicláveis

Cidades como Nova Iorque e Amsterdão, são, algumas das cidades que, por motivos diferentes e a um ritmo diferenciado, têm vindo a criar condições para a utilização da bicicleta como meio, eficaz e seguro, de mobilidade urbana. **Nova Iorque**, cidade com 8.336.697 habitantes e 788 km<sup>2</sup> de área, só em 1997 viu ser desenvolvido o seu 1º plano ciclável. De acordo com este documento existiam aproximadamente 190 km de infraestruturas cicláveis



(vias partilhadas com automóvel, vias partilhadas com o peão e vias segregadas), distribuídas pelos 5 bairros da cidade. Nesse mesmo documento, dados referentes a 1995, apontavam para um crescimento de 124% no número de utilizadores desde 1980. No entanto, apesar de tal acréscimo, a taxa de utilização da bicicleta era de apenas 0,9% (censos 1990). Na última década, a cidade foi palco de um processo de requalificação e revitalização urbana bastante intenso, com o intuito de reclamar mais espaço para o peão em detrimento do automóvel.

Um “*novo*” território onde todos, peões, bicicletas e viaturas motorizadas, podem coexistir de forma pacífica. Recorrendo sobretudo a pintura de pavimentos, sinalização e balizas cilíndricas de proteção, a rede ciclável foi aumentando (Dille, 2014). Durante esse período, aproximadamente 650 km de novos percursos cicláveis foram construídos dos quais pouco mais de 55 km são percursos separados do tráfego automóvel (Lindsey, 2015). Estas ações contribuíram para que a taxa de utilização da bicicleta quadruplicasse, o risco de ferimentos baixasse 35% e o excesso de velocidade reduzisse 74%. A este respeito, Jaffe (2014) dá o exemplo de *Columbus Avenue*. Em 2010-2011 esta avenida teve o seu perfil redimensionado de modo a implementar faixas cicláveis protegidas, espaço esse que foi ganho ao automóvel. O que se verificou foi que em vez de o congestionamento de tráfego aumentar, os tempos de viagem melhoraram.

De acordo com dados do departamento de transportes da cidade, antes da intervenção um veículo ligeiro demorava aproximadamente quatro minutos e meio a fazer o percurso e atualmente demora apenas 3 minutos. Também Speck (2012) refere que desde 2006 o número de percursos cicláveis criado foi de 362 km e que o número de utilizadores subiu de 8.650 para 18.800. Presentemente, mais de 96.000 pessoas, subscrevem anualmente o sistema local de bicicletas partilhadas (*City Bike*) e periodicamente realizam-se eventos em que ruas são vedadas ao tráfego motorizado e as pessoas são convidadas a nelas circular livremente (Dille, 2014). Diversas organizações sem fins lucrativos têm também dado formação gratuita a 16.000 nova-iorquinos, de regras e boas práticas de circulação em bicicleta, em particular em vias partilhadas com o automóvel. No entanto, a cidade continua a apresentar uma taxa de utilização relativamente baixa, com apenas 1% de todas as viagens a serem realizadas de bicicleta, valor esse que a cidade pretende ver subir para 6% até 2020 (Dille, 2014).

**Amsterdão**, cidade com 790.000 habitantes e 219 km<sup>2</sup> de área, é desde há muitos anos vista como modelo de referência. As elevadas taxas de circulação em bicicleta na Holanda resultam de uma forte convicção no modo ciclável como parte integrante e importante do sistema de transporte nacional (Osberg, 1998). Políticos e técnicos tomaram a decisão consciente, racional e fundamentada de promover o uso da bicicleta como meio de transporte em detrimento de veículos motorizados. Estas foram algumas das orientações estratégicas vertidas no plano ciclável de 1990 para a cidade de Amsterdão (Osberg, 1998). Entre 1991 e 1995, este documento considerava um investimento de aproximadamente 119.000.000 de euros (240.000.000 de *guilders*) na construção de percursos cicláveis e parqueamentos para bicicletas, na implementação de sinalização de trânsito para reforço da segurança e proteção do ciclista, e na formação e educação da população.

Dados recentes, registam um total de 810.000 bicicletas, uma média de aproximadamente 2 bicicletas por habitação. A cidade conta hoje com uma rede ciclável de aproximadamente 1.000 km de extensão, hierarquizada entre rede principal e local (Van der Horst, 2014). A população local, consciente das infraestruturas existentes e de que a bicicleta é o modo de transporte local mais eficiente, realiza diariamente cerca de 493.000 viagens, sendo de destacar que o progressivo aumento na utilização deste modo de transporte foi feito em detrimento da utilização do carro e não de outros modos de transporte (Van der Horst, 2014). As normas de utilização e circulação local estruturam-se em quatro pilares: segurança, infraestruturas, estacionamento e educação/comunicação. Destes pilares a educação/ comunicação destaca-se.

A extensa e intensa formação sobre segurança viária que é dada à população, independentemente da sua idade ou modo de transporte, é determinante para o baixo valor de acidentes rodoviários registados. Presentemente Amsterdão está num momento de viragem, resultado de um crescimento bastante acentuado no uso da bicicleta (40% em 15 anos). Um novo plano ciclável foi desenvolvido com o objetivo resolver problemas específicos com que a cidade se tem deparado como a reduzida oferta de estacionamento para bicicletas, que conduziu ao surgimento de zonas informais de estacionamento; à reduzida largura dos percursos cicláveis face ao volume de tráfego existente; e à resolução de algumas interseções com o intuito de aumentar a segurança na circulação. Para tal a cidade prevê investir até 2020 um total de 120.000.000 de euros (Van der Horst, 2014).

### **3 | A BICICLETA COMO “NOVO” MODO DE MOBILIDADE EM LISBOA**

Lisboa encontra-se presentemente a ampliar e melhorar a sua rede ciclável de forma a assegurar que a bicicleta figure como uma alternativa de mobilidade real e credível na cidade. Esta aposta no modo ciclável visa a melhoria da segurança na circulação; a redução dos consumos energéticos, das emissões poluentes e do nível de ruído; e a promoção do modo ciclável como indutor na melhoria de qualidade de vida na cidade, tornando-a mais acessível, atrativa e inclusiva. No presente capítulo descreve-se e explica-se o processo de evolução da rede ciclável, caracterizando-a quanto à sua hierarquia e tipologia.

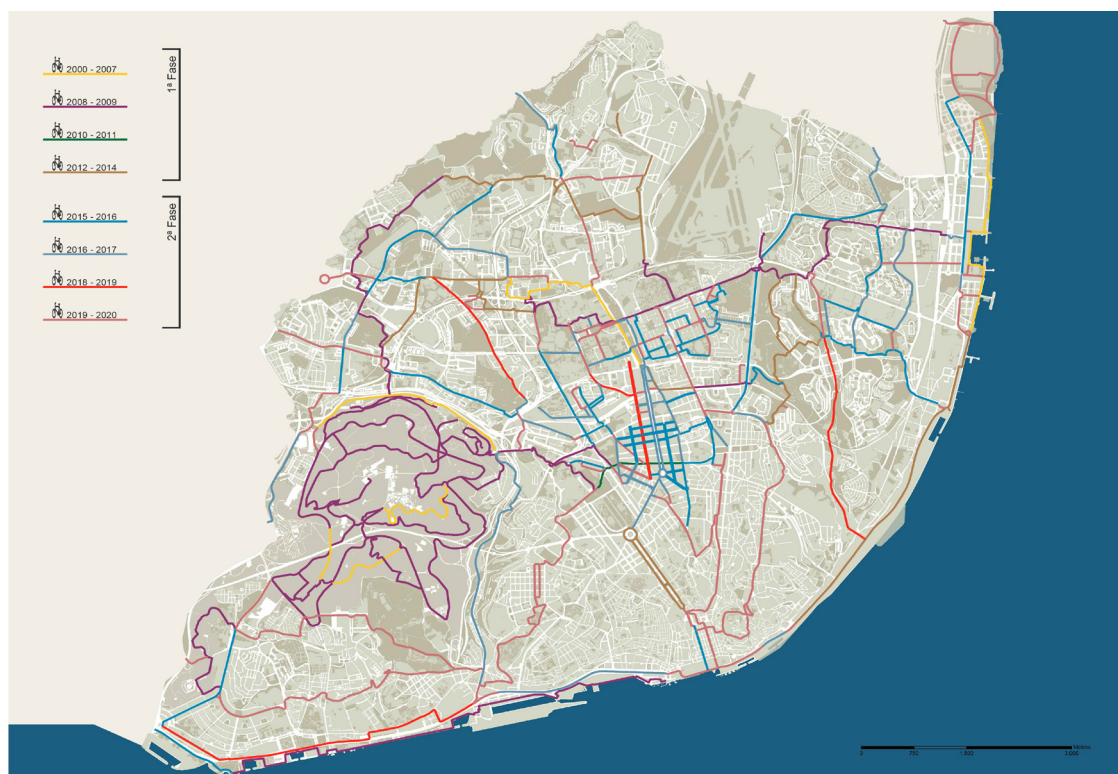
#### **3.1 Evolução da Rede 2000 - 2020**

Lisboa, cidade com 547.773 habitantes e 100 km<sup>2</sup> de área, apresenta uma ampla área planáltica e uma extensa frente ribeirinha de aproximadamente 15 km de extensão, para além de inúmeros percursos ao longo de vales e cumeadas (CML, 2013). O processo de implementação da rede ciclável na cidade desenvolve-se em duas fases distintas. A primeira, iniciada no ano 2000, foi um processo moroso e complexo. Em 7 anos foram construídos apenas 14 km de percursos, tendo como áreas de implementação preferenciais o Parque Natural de Monsanto, na zona ocidental da cidade; o Jardim do Campo Grande, localizado na zona central de Lisboa; e o Parque das Nações na zona oriental.

Em 2007, Lisboa era uma cidade sem ciclistas apesar dos (poucos) percursos até ai

construídos, o que dificultava justificar o porquê de uma aposta continuada neste tipo de infraestrutura pública para a cidade (CML, 2013). Prevalendo a aposta na continuidade do desenvolvimento da rede, reforça-se a dinâmica no processo de implementação e entre 2008 e 2009 Lisboa ampliou a sua rede em aproximadamente 24 km, um crescimento de 170% em relação aos sete anos decorridos. Entre 2010 e 2011, verifica-se que foram adicionados à rede apenas 1,5 km de novos percursos. Apesar desta reduzida extensão, tratou-se de uma obra emblemática para a cidade, sendo reconhecida internacionalmente quer pela introdução de um percurso na zona central da cidade quer pelo contributo para a valorização e dignificação do espaço público.

De 2012 a 2014, foram adicionados mais 24,7 km à rede ciclável da cidade, sendo de destacar a ligação ribeirinha entre o Parque das Nações e a zona da Baixa Lisboeta, bem como a implementação de percursos na Avenida da Liberdade. Ao todo, durante estes 14 primeiros anos, foram construídos pouco mais de 63 km de rede. Esta primeira fase, procurou sobretudo ligar zonas verdes existentes, aproveitando sempre que possíveis trajetos que ligassem equipamentos de referência, como interfaces de transportes coletivos e os polos universitários (CML, 2013). A segunda fase de ampliação da rede, que irá de 2015 até 2020, prevê adicionar 90 km cicláveis distribuídos por 142 ruas, dos quais 70% estarão concluídos e em funcionamento ainda durante o ano de 2017 (Fig.1). Dadas as características físicas das zonas central e oriental da cidade, nomeadamente o seu declive suave, é aqui que a maioria das intervenções serão efetuadas. Proceder-se-á ainda à renovação da rede existente, quando justificado, bem como à construção de 250 novas bolsas de estacionamento, e à implementação de um sistema de bicicletas partilhadas, com uma oferta de 1410 bicicletas.



**Fig. 1:** Evolução da rede ciclável: 2000 - 2020

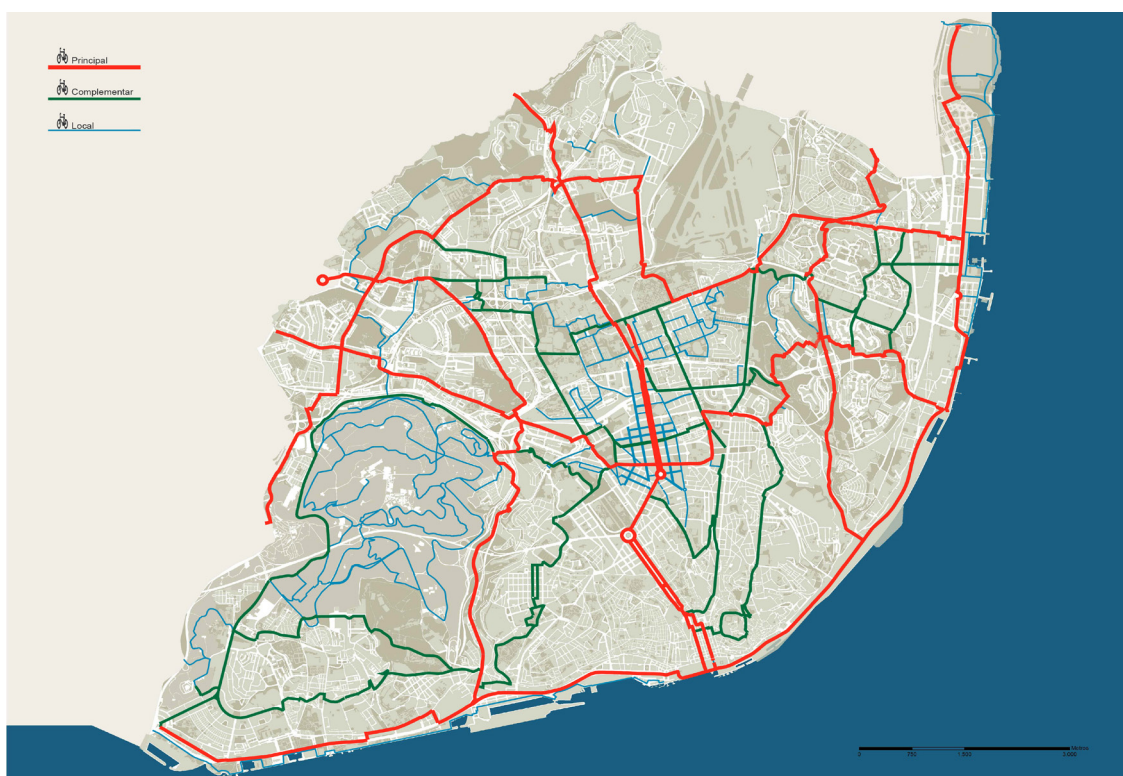
Fonte: CML, 2016 (Adaptado)

## 3.2 Caracterização da Rede

A rede ciclável de Lisboa apresenta dois momentos diferenciados. O **primeiro momento** destaca-se pelo facto de os percursos cicláveis então desenvolvidos terem uma ocupação preferencial do espaço pedonal. Da rede proposta e implementada entre 2000 e 2012, apenas 28% dos percursos foram implantados em espaço viário (vias e zonas de estacionamento), sendo os restantes 72% implantados em espaços verdes e espaços pedonais (passeios).

Tal situação ainda que não sendo desejável, não é de estranhar considerando que nessa 1ª fase a rede foi desenvolvida a pensar num utilizador conservador, pouco habituado a circular de bicicleta num sistema dominado pelo automóvel. Entre 2013 e 2014, a rede construída considerou já um modelo de implantação diferente, prevendo uma maior ocupação dos percursos cicláveis à cota dos espaços viários (63%), consequentemente reduzindo a sua presença à cota de passeios (13%) e nos espaços verde (24%). Sempre que tecnicamente viável, foram criados percursos segregados, à cota de faixa de rodagem, particularmente em vias com maior intensidade de tráfego, onde as velocidades praticadas são mais elevadas (CML 2013). Apesar da ausência de contagens oficiais, no final de 2014, ao circularmos pela cidade, em particular durante a primavera e verão, verifica-se que a bicicleta passou a integrar, ainda que de forma discreta, a imagem urbana da cidade (CML 2013).

O **segundo momento**, que corresponde à rede a implementar entre 2015 e 2020, caracteriza-se sobretudo pela sua hierarquização, passando esta a estruturar-se entre rede principal, rede complementar e rede local (Fig.2).



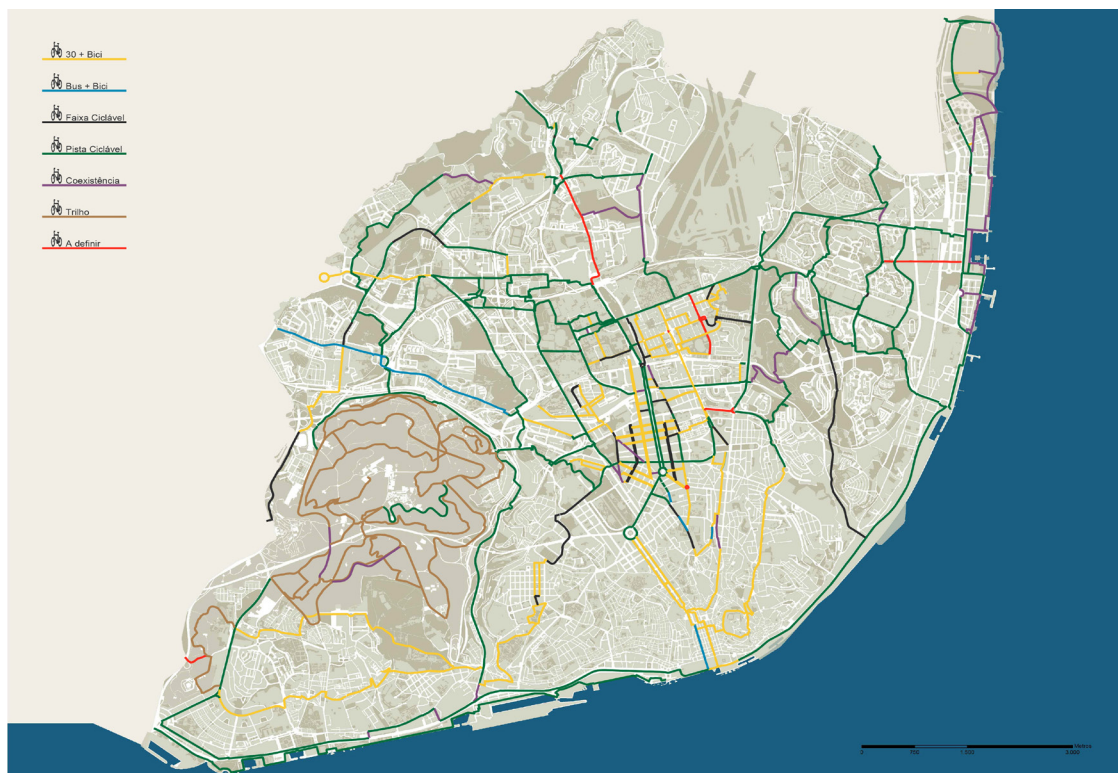
**Fig. 2:** Hierarquia da rede ciclável

Fonte: CML, 2016 (Adaptado)

A rede principal, pretende-se que se constitua como uma infraestrutura segura, abrangente e funcional que possibilite que as deslocações pendulares diárias, entre os diferentes “centros” da cidade e com os Municípios vizinhos (Amadora, Odivelas, Oeiras, Loures e Almada) sejam feitas de forma rápida, eficiente e eficaz. A rede complementar, de conceito semelhante à anterior, visa assegurar a ligação da rede principal com a rede local, garantindo ainda a ligação com equipamentos de referência (interfaces de transportes públicos, polos universitários e equipamentos culturais, entre outros) bem como com grandes áreas sociais, comerciais e de prestação de serviços. A rede local procura assegurar a ligação porta a porta no trajeto casa-trabalho, possibilitando ainda acesso facilitado ao comércio e a serviços de apoio local. A hierarquização da rede ciclável tem um papel determinante dado contribuir para a criação de rotas seguras, rápidas e confortáveis, de porta a porta, por toda a cidade (Gehl, 2010). Relativamente à sua tipologia, o modelo preferencialmente adotado é o de **pista ciclável** (percurso segregado) que representa 52% da rede ciclável. Esta tipologia corresponde a um canal segregado do tráfego motorizado com recurso a separação física e com um ou dois sentidos de circulação - bidirecional/unidirecional (CML, 2015).

A solução bidirecional é dominante com uma representatividade de 84% do universo das pistas cicláveis. A segunda tipologia mais representada é a de via partilhada (**30 + bici**) com 25%. Aqui as bicicletas partilham o espaço rodoviário com os veículos motorizados, estando a sua velocidade limitada aos 30 km/h e estando obrigados a dar prioridade à circulação de bicicleta. Nestes casos é possível que a bicicleta circule em contrassentido desde que sejam garantidas condições de segurança adequadas (CML, 2015).

As **faixas cicláveis**, com 10% de representatividade da rede, não apresentam uma separação propriamente física com os espaços rodoviários sendo essa diferenciação sobretudo visual, assegurada com recurso a sinalização e balizas cilíndricas de proteção. É um percurso que não é segregado, mas também não é partilhado, podendo à semelhança do que acontece com as pistas cicláveis, deter um ou dois sentidos de circulação - bidirecional/unidirecional (CML, 2015). A tipologia **coexistência**, com 9% do total dos percursos, é um caso particular em que as bicicletas partilham o espaço de circulação com veículos motorizados e com o peão. Nestes casos onde não é autorizada uma velocidade de circulação superior a 20 km/h sendo a prioridade dos modos mais suaves de circulação - pedonal e ciclável (CML, 2015). O modelo **bus + bici** com 4% de representatividade na rede, corresponde à partilha de vias de circulação de transportes coletivos (bus e táxis) com a bicicleta. Por fim, à tipologia identificada como **trilhos** correspondem percursos recreativos e desportivos integrados no Parque Florestal de Monsanto, não integrando por esse motivo a rede ciclável apesar dos seus quase 40 km de extensão (Fig. 3).



**Fig. 3:** Tipologia da rede ciclável

Fonte: CML, 2016 (Adaptado)

## 4 | CONCLUSÃO

A intenção da cidade de Lisboa em melhorar e expandir a sua rede ciclável advém de problemas devidamente identificados e que são transversais à maioria das cidades mundiais, alguns deles enunciados no enquadramento teórico. A utilização da bicicleta como modo de transporte em meio urbano é conforme demonstrado, uma forma credível de mitigar tais problemas, sendo para tal necessário enquadrar tal utilização à realidade cultural, social e económica local. Conforme pudemos constatar, a evolução da rede ciclável de Lisboa foi construída em dois momentos distintos.

Um primeiro momento claramente exploratório (2000-2014), que se caracteriza por uma evolução “tímida” da rede e onde se identificam alguns lapsos, quer pelo desenho, na descontinuidade da rede e ausência de um modelo hierárquico claro e orientador; quer ao nível dos modelos tipológicos a implementar, em que para além de uma indefinição clara dos mesmos a implementação foi conseguida conquistando área aos espaços de circulação pedonal e não aos espaços de circulação viária; e quer ao nível do seu faseamento arritmico, revelador de que a construção de uma rede ciclável para a cidade ainda não constituía um objetivo claro por parte do município.

O segundo momento (2015-2020), não só considera a evolução da rede existente, mas reconhece e aprende com os erros passados, recorrendo a novas soluções estratégicas e a modelos tipológicos comprovados como as pistas cicláveis, que, pelas condições de conforto e segurança que introduzem à circulação, são vistos como a tipologia de referência. Quando da sua conclusão em 2020, a rede ciclável de Lisboa contará com um total de aproximadamente

153 km, um crescimento de aproximadamente 140% em apenas 5 anos, fator revelador da determinação do município em fazer da rede ciclável um projeto emblemático para a cidade.

Ainda que bastante distante da realidade de Amsterdão, onde a “*cultura ciclável*” para além de perfeitamente enraizada continua a ser uma forte aposta do governo local, a “*futura*” realidade de Lisboa poderá aproximar-se de outras realidades mundiais como a Nova-Iorque, em particular se compararmos a relação entre área/população/dimensão da rede nas duas cidades. De facto, tal relação se associada ao modelo tipológico de eleição para a rede de Lisboa, as pistas cicláveis, permite-nos perspetivar que a taxa de utilização da bicicleta como meio de transporte poderá evoluir de forma muito favorável. Este trabalho, que se entende como uma abordagem de carácter predominantemente teórico que, provavelmente, levantará tantas questões como aquelas a que responde, representa o primeiro passo de um extenso processo de análise à rede ciclável da cidade de Lisboa. De momento, os autores esperam que o mesmo contribua de forma positiva para uma melhor compreensão desta nova forma de pensar, desenhar e circular nas cidades no século XXI.

Madanipour (2014) refere que as cidades detêm como grande desafio perceber de que forma o espaço público deve ser pensado e desenhado de modo a dar resposta às necessidades e exigências dos seus cidadãos, interessando-nos em particular o papel que as redes cicláveis irão deter nesse processo.

## 5 | . AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Lisboa, em particular aos pelouros do Urbanismo e Espaço Público, e, da Estrutura Verde e Energia, pela informação cedida para a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

Câmara Municipal de Lisboa (2015) Lisboa: O Desenho da Rua – Manual de Apoio a Projeto e Obra de Espaço Público, Loures Gráfica, Loures

Department of City Planning and Transportation (1997) NYC Bicycle Master Plan, 4-11

Directorate-General for Passenger Transport (1999) The Dutch Bicycle Master Plan: Description and evaluation in an historical context, 47-65

Ebert, A.-K. (2012). When cycling gets political: Building cycling paths in Germany and the Netherlands, 1910-40. *The Journal of Transport History*, 33(1), 115–137. <http://doi.org/10.7227/TJTH.33.1.8>

Gehl, J. (2010) *Cities for People*, Island Press, Washington.

Jaffe, E. (2015) *The Complete Business Case for Converting Street Parking Into Bike Lanes*. Retrieved April 12, 2016, from <http://www.citylab.com/cityfixer/2015/03/the-complete-business-case-for-converting-street-parking-into-bike-lanes/387595/>

Longhurst, J. (2015) *Bike Battles: A History of Sharing the American Road*, The University of Washington Press, Washington.

Madanipour, A., Kniebert, S. e Degros, A. (2014) *Public Space and the Challenges of Urban Transformation in Europe*, Routledge, New York

Osberg, J. S., & Stiles, S. C. (1998) Bicycle use and safety in Paris, Boston, and Amsterdam. *Transportation Quarterly*, 52, 61–76.

Sá Fernandes, J., Castro, J., Mata, D. e Camolas, J. (2011) *Lisbon's Green Cycle Strategy 2007-2010: How strong public commitment made it possible*, Câmara Municipal de Lisboa.

Smethurst, P. (2015) *The Bicycle - Towards a Global History*, Palgrave Macmillan, Hampshire.

Speck, J. (2012) *Walkable City: How Downtown can Save America One Step at a Time*, North Point Press, New York.

Transportation for America (n.d.) *Urban bike trails in cities like Indianapolis, Dallas and Atlanta are proving to have rich economic benefits to city neighborhoods*. Retrieved from <http://t4america.org/2015/08/31/urban-bike-trails-in-cities-like-indianapolis-dallas-and-atlanta-are-proving-to-have-rich-economic-benefits-to-city-neighborhoods/>

Van der Horst, I. (2014) *Cycling Culture in Amsterdam: A New Approach to Mobility*. *Plan Amsterdam* (20), 4-15.

Wardlaw, M. J. (2014) *History, risk, infrastructure: perspectives on bicycling in the Netherlands and the UK*. *Journal of Transport & Health*, 1(4), 243–250. <http://doi.org/10.1016/j.jth.2014.09.015>

Young, A., & Farrell, J. (n.d.) *Cycling Through Time: Media Characterizations of Bicycle Culture in American History*. Retrieved from <http://pages.stolaf.edu/cis-ayoung/files/2013/10/Cycling-Through-Time.pdf>



## REDE CICLOVIÁRIA DO MUNICÍPIO DE AVEIRO: O QUE É E O QUE PODERIA SER

Data de aceite: 23/06/2020

Data de submissão: 06/03/2019

### **José Otávio Santos de Almeida Braga**

Universidade de Aveiro, Departamento de  
Ciências Sociais, Políticas e do Território  
Aveiro – Portugal

[http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/  
visualizacv.do?id=K8265520D5](http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K8265520D5)

### **Vanessa dos Santos Passos**

Universidade de Aveiro, Departamento de  
Ciências Sociais, Políticas e do Território  
Aveiro – Portugal

<https://orcid.org/0000-0003-3068-3044>

**RESUMO:** O presente artigo resulta de um estudo promovido na disciplina de Planeamento da Mobilidade do Mestrado em Planeamento Regional e Urbano da Universidade de Aveiro, onde se teve por objetivo a realização de uma proposta de rede cicloviária aplicável ao município de Aveiro a partir do diagnóstico da malha existente para reconhecimento de problemas e oportunidades. O objeto de estudo nomeadamente tem a intenção de refletir acerca da capacidade de potencializar o uso da bicicleta como alternativa de mobilidade urbana a partir da elaboração de sua infraestrutura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aveiro; Bicicleta; Mobilidade; Rede Ciclável; Tipologias Cicloviárias

### **AVEIRO'S CYCLING NETWORK: WHAT IT IS AND WHAT IT COULD BE**

**ABSTRACT:** The present article is the result of an investigation project developed on the Master Program in Urban and Regional Planning in Aveiro's University. The main goal consists in a proposal for a possible cycling network for Aveiro's municipality through the diagnostics and understanding of the existent cycling grid and its problems and opportunities. The study object namely has the intention to reflect about the strategy to potentialize the use of the bike as an alternative of urban mobility through its infrastructure development.

**KEYWORDS:** Aveiro; Bicycle; Mobility; Cycling Network; Cycling Typologies

### **1 | INTRODUÇÃO**

O atual contexto que se vive nos transcreve um planeamento urbano quase que inteiramente orientado ao automóvel, uma vez que esse tornou-se sinónimo de mobilidade e permite atingir maiores distâncias, mas que no entanto em sua

origem, ainda não se aplicavam preocupações ou a existência de grandes congestionamentos (BARBACOVİ, 2015).

A bicicleta se propagou na Europa na época da Revolução Industrial em razão de seu preço acessível, baixo custo de manutenção, compactidade, segurança, conforto e acessibilidade em ruas menores. Entretanto, após a Segunda Guerra Mundial a mesma sofreu um grande desestímulo com o aumento da produção de automóveis e, conseqüentemente, o surgimento de um estigma quanto a sua utilização: a bicicleta como meio de transporte da classe operária em prol da crescente disparidade entre classes sociais (BARBACOVİ, 2015).

Gehl (2013) fala que, devido à produção excessiva de automóveis, as políticas de mobilidade passaram a priorizar esses em detrimento das bicicletas, que se tornou um meio de transporte “perigoso ou totalmente impossível” (GEHL, 2013, p. 182). Não obstante, muitos problemas surgiram devido à essa opção política: poluição, acidentes de trânsito, diminuição de áreas verdes e espaços humanos. A mobilidade é um fator essencial à saúde urbana, ao ponto de considerar que “os automóveis são meios de transporte perigosos e totalmente inapropriados para a cidade” (GUARNACIA, 2015, p. 78).

A priorização do meio de transporte automóvel prejudica a vida urbana, o encontro, a caminhada e a socialização, por isso “precisamos desenhar as nossas cidades para que o espaço do pedestre seja determinante e que outros modos leves de deslocamento, como a bicicleta, também sejam favorecidos” (GEHL, 2013, p. XII).

Desde o último quarto do século XX, diversos lugares ao redor do mundo lançam objetivos em função da retomada do uso da bicicleta. Há mesmo quem afirme que “o grau de civilização de um país é diretamente proporcional ao respeito que ele tem pelos próprios ciclistas” (GUARNACIA, 2015, p. 78). O Instituto de Energia e Meio Ambiente, no livro “A Bicicleta e as Cidades: Como inserir a Bicicleta na política da mobilidade urbana” (2009), afirma que a bicicleta pode ser um importante elemento de reordenação e reconfiguração do espaço urbano e da lógica social, além de ser um vetor de melhoria ambiental.

Um dos objetivos centrais do planejamento urbano, nomeadamente no que tange o planejamento da mobilidade, deve ser a busca pela qualidade de vida nas cidades de forma que os seus habitantes vivam e contemplem os espaços urbanos. Mas afinal, como a forma de planejamento que temos desenvolvido pode incentivar a mobilidade ciclável?

O planejamento cicloviário confere uma abordagem diferente para cada cidade, pois são distintos os condicionantes relacionados a este - ambientais, opções de deslocamento, transporte em massa eficiente, etc. (IEMA, p.22, 2009). Esse planejamento para uma cidade sustentável deve investir em “mobilidade verde” (GEHL, 2013, p. 7). A bicicleta, como parte dessa opção garante benefícios à economia, ao meio ambiente e à saúde humana (GEHL, 2013, p. 7). O comércio se beneficia porque “quem anda de bicicleta anda devagar e por isso consegue enxergar não só a via, mas também a fachada das lojas pelo caminho (CICLOCIDADE, 2015, p. 1), enquanto que a vida social se aproveita desse meio de transporte “socialmente responsável, sem desperdício de recursos, não estressante e, como se não bastasse, divertido” (GUARNACIA, 2015, p. 75), além de “acessível à população independentemente da faixa de renda” (IEMA, 2009, p. 18). Para isso, a resposta está em

investir na infraestrutura ciclável, uma vez que quanto melhores as condições para os ciclistas, mais pessoas serão atraídas para pedalar (GEHL, 2013, p. 19).

A cidade de Aveiro, em Portugal, é uma cidade média (à escala portuguesa), com 80.000 habitantes (sendo ao redor de 30.000 na sua zona urbana consolidada). Enquanto Portugal tem várias cidades conhecidas por suas colinas e relevo acidentado, Aveiro desfruta de um território bastante plano e de curtas distâncias. Apesar disso, não conta com grande quantidade de infraestrutura ciclável, o que é algo ainda em vias de se tornar realidade por todo o país, sendo que Portugal está entre os países com menos utilizadores de bicicleta da Europa ocidental. Todavia, de olho nessas potencialidades, o presente trabalho faz um exercício sobre a reflexão de uma proposta de rede cicloviária integrada urbana e todas as vantagens que essa poderia trazer, de forma a propiciar melhores condições para o tráfego de bicicletas, e convidar mais pessoas a pedalar. Acerca das infraestruturas cicláveis Gehl enfatiza:

“À medida que melhoram as condições para os ciclistas, surge uma nova cultura da bicicleta. Crianças e idosos, homens e mulheres de negócios e estudantes, pais com crianças pequenas, prefeitos, realeza, todos andam de bicicleta. Andar de bicicleta tornou-se a forma de se locomover na cidade. É mais rápido e mais barato que outras opções de transporte, é mais saudável e é bom para o meio ambiente.” (GEHL, 2013, p. 11)

## 2 | PROPOSTA DE REDE CICLOVIÁRIA PARA O MUNICÍPIO DE AVEIRO

Aveiro é uma cidade com uma importante representatividade acadêmica, a Universidade de Aveiro (UA); uma associação ativa de ciclistas, a Ciclaveiro; e muitas pessoas interessadas na promoção do uso da bicicleta (que organizadamente enviaram 52 sugestões para a mobilidade ciclável e sustentável em Aveiro [CICLAVEIRO, 2016]). Por outro lado, Aveiro não conta ainda com um plano cicloviário e as pistas cicláveis formam uma malha desconectada, insegura e desconfortável, com menos de 6km de infraestrutura dedicada a esse modo.

Como suporte ao programa U-Bike e dentro do trabalho investigativo desenvolvido no Mestrado em Planejamento Regional e Urbano da Universidade de Aveiro, os autores deste estudo analisaram as rotas da cidade e propuseram uma rede ciclável aplicável ao contexto exposto.

### 2.1 Objetivos

O objetivo geral da proposta se concentra no desenvolvimento do desenho de uma rede ciclável para a região urbana de Aveiro, que mantenha conexões com a sua envolvente a fim de promover a diversidade de usos e fazer da bicicleta uma alternativa relevante na realização dos deslocamentos.

O trabalho se subdivide em quatro objetivos específicos, onde pretende-se: realizar a conexão ciclável do miolo urbano com a sua envolvente por meio da ampliação da infraestrutura; criar uma rede ciclável bem conectada e segura, a fim de negar descon continuidades ou quaisquer trechos que coloquem o ciclista em ameaça; atrair pessoas para aderir à bicicleta como meio

de transporte diário, aliado ao incentivo de iniciativas cicloativistas e programas bike-sharing; e induzir o desenvolvimento de uma cultura ciclável no município, despertando o hábito de utilização da bicicleta para as mais diversas finalidades (trabalho, estudos, lazer, etc.).

## 2.2 Metodologia

Para o desenvolvimento da proposta primeiramente foram determinados os limites de intervenção e análise da mesma, adotando um raio de influência de 5km a partir do centro de Aveiro como margem de entendimento destes limites. Num segundo momento foram mapeadas as infraestruturas cicláveis já existentes na área com o intuito de verificar suas possíveis conexões e condições de uso. A partir disso, os trechos foram reconhecidos e avaliados a fim de identificar sua tipologia, dimensões métricas, velocidade máxima permitida, volume de tráfego, e os níveis de estresse.

O reconhecimento de espaços relevantes - próximos a pontos de interesse - e em áreas adensadas do município também torna-se eficaz para a proposição de um desenho de rede ciclável conectada e adequada. Estes pontos de concentração também auxiliam na determinação de uma rota estruturante, e que possibilita a distribuição para outros destinos. Foi também levado em consideração a determinação de uma rota ecológica, que salienta e engloba os valores naturais e turísticos que o município dispõe.

Com a estrutura já desenvolvida, foram avaliadas as tipologias mais aplicáveis a cada trecho da malha ciclável, dentre ruas compartilhadas, ciclofaixas ou ciclovias, e assim, foram desenvolvidos estudos de perfis viários em conformação com as propostas, a fim de mostrar sua viabilidade e aplicabilidade.

O resultado final conta ainda com a elaboração de um plano de desenvolvimento e execução, apresentando diferentes fases de implementação da rede cicloviária no intuito de garantir sua viabilidade construtiva.

## 2.3 Desenvolvimento da proposta

A elaboração da proposta teve seu início a partir da identificação da rede ciclável já existente no município de Aveiro. Este reconhecimento não só se deu ao nível do traçado, mas também na identificação da hierarquia apresentada na rede - ciclovia, ciclofaixa ou via compartilhada. A Figura 1 ilustra o resultado desta etapa inicial, que resultou em uma dimensão total de 5,2 km.

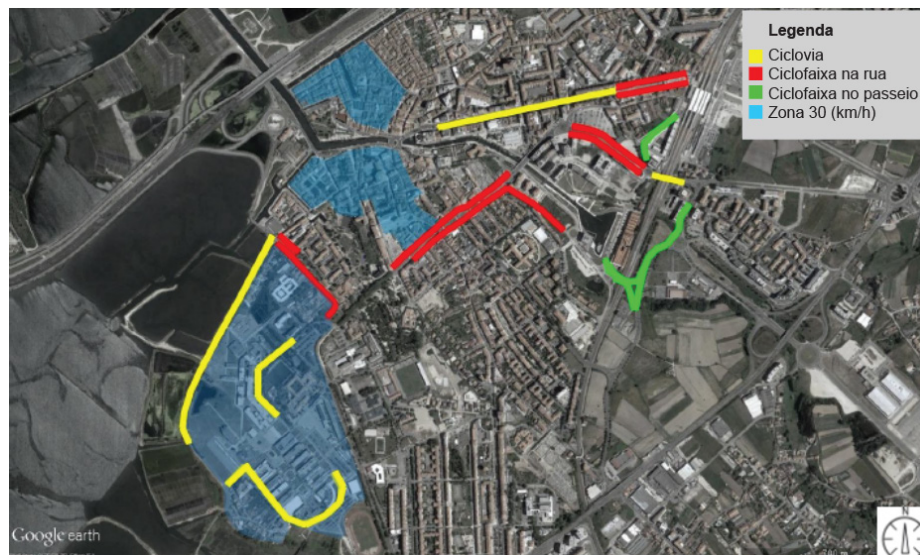


Fig. 1: Mapa da rede ciclável existente e sua hierarquia. Fonte: autoral

Depois de identificada a infraestrutura existente, delimitou-se a área de intervenção. Para isto, foi aplicado um raio de 5km de alcance - sendo esta dimensão considerada uma distância confortável às pedaladas (nem muito perto nem muito longe), tendo como ponto central a Universidade de Aveiro, uma vez que a instituição não só está diretamente associada à maior parte dos deslocamentos realizados em Aveiro, mas também devido sua localização favorável e integrada ao miolo urbano.

A Figura 2 representa o raio de abrangência de 5 km sob olhar da rede ciclável existente (e uma proposta inicial nossa, em ciano), o qual permitiu identificar conexões e reforçar a viabilidade de propor o deslocamento para áreas do entorno imediato e até mesmo para outros municípios, como por exemplo Ílhavo (localizado ao sul de Aveiro).

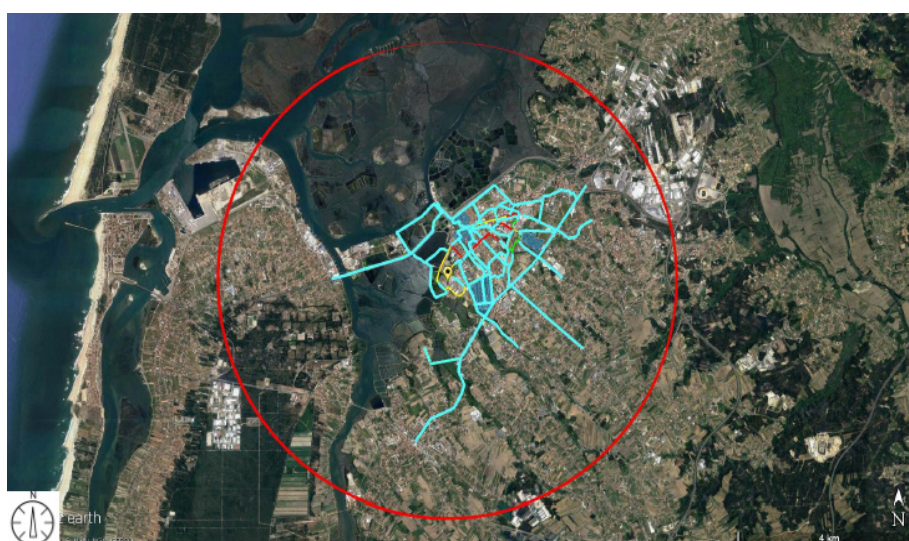


Fig. 2: Mapa com raio de abrangência de 5 km. Fonte: autoral

Em seguida, foram analisadas a hierarquia das vias urbanas (Figura 3) e o comportamento delas no que diz respeito aos níveis de estresse percebidos e na identificação

dos principais pontos de conflito - entroncamentos, rotundas, áreas com alto fluxo veicular ou de paragem de transporte coletivo - (Figura 4).

Nomeadamente no que confere aos níveis de estresse, utilizou-se os dados produzidos no relatório de caracterização e diagnóstico do Plano Municipal de Mobilidade de Aveiro (WAY2GO, 2012), que traz uma escala de 1 a 5, sendo o coeficiente 1 equivalente a um reduzido nível de estresse e o coeficiente 5 a um elevado nível de estresse. A mesma graduação foi aplicada na análise dos principais pontos de conflito, subdividido como intenso, moderado e leve.

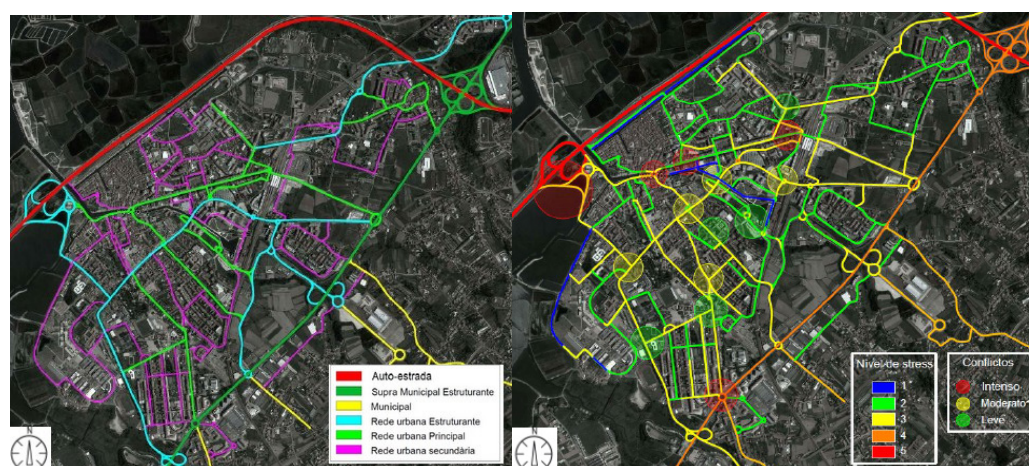


Fig. 3: Mapa com hierarquia das vias urbanas. Fonte: autoral

Antes de dar início à elaboração do desenho urbano da proposta, foram estipulados critérios para a implementação da nova rede cicloviária. Estes serviram como diretrizes para atender os objetivos específicos traçados e, designadamente, cumprir com a visão principal de incentivar o uso da bicicleta como alternativa prioritária na realização dos deslocamentos diários. As regras definidas consistem:

- a. Implementação de um design que corresponda a soluções seguras para as vias urbanas, principalmente no que diz respeito aos nós de conflitos;
- b. Optar por soluções de vias compartilhadas, ou então emprego de “zona 30” em ruas com tráfego moderado e limites de velocidade reduzidos;
- c. Melhorar os níveis de segregação relativos aos limites máximos de velocidades e níveis de estresse;
- d. Garantir que veículos não estarão aptos a ultrapassar a velocidade de 50km/h na área compreendida pela rede ciclável, por meio de desenho urbano e sistemas de monitoramento;
- e. Abdicar de áreas de estacionamento na priorização de rotas cicláveis;
- f. Não abdicar de espaços pedonais. No caso de vias compartilhadas, garantir que haja espaço suficiente para que pedestres e ciclistas possam se deslocar confortavelmente e com segurança.

Com a coleta dos dados obtidos até então, desenvolveu-se uma tabela de análise de viabilidade, como apresenta a Tabela 1, que tornou possível a realização de estudos específicos para cada rota identificada, atrelados às dimensões obtidas, em metros, na intenção de verificar a melhor tipologia a ser aplicada em cada via. É importante ressaltar, no entanto, que a tabela apresenta somente o estudo de vias principais da cidade. Os indicadores avaliados dizem respeito à tipologia da via urbana, seu nível de estresse e suas dimensões.

Rua / Avenida	Tipologia viária	Velocidade Máxima (km/h)	Nível de Estresse	Secção (m)	Tipologia de Pista Ciclável
Avenida de Araújo e Silva	Rede urbana principal	50	3	15	Ciclofaixa
Rua dos Santos Martires	Rede urbana secundária	50	2	15.5	Via compartilhada
Rua Magalhães Serrão	Rede urbana secundária	50	2	11	Via compartilhada
Rua da Liberdade	Rede urbana secundária	50	2	11	Via compartilhada
Avenida 5 de outubro	Rede urbana estruturante	50	3	18	Ciclofaixa
Avenida Artur Ravara	Rede urbana estruturante	30	3	24	Via compartilhada
Rua do Batalhão dos Caçadores	Rede urbana principal	50	2 e 3	9	Via compartilhada
Rua Mário Sacramento	Rede urbana principal	50	3	17.5	Ciclofaixa
Rua João Alfonso	Rede urbana estruturante	50	2	9.5	Ciclofaixa
Rua de Viseu	Rede urbana estruturante	50	3	11	Via compartilhada
Rua Luis G. Carvalho	Rede urbana estruturante	50	3	11	Via compartilhada
Rua do Primeiro Visconde da Granja	Rede urbana estruturante	50	2	19.5	Via compartilhada
Rua Conselheiro L. Magalhães	Rede urbana estruturante	50	2	8.5	Via compartilhada
Rua da Fábrica de Cerâmica	Rede urbana principal	50	1	21.5	Via compartilhada
Alameda Silva Rocha	Rede urbana estruturante	50	3	6.6	Ciclovía
Avenida da Universidade	Rede urbana estruturante	50	3	21.1 - 38.9	Ciclovía
Avenida 25 de abril	Rede urbana principal	50	3	14.9 - 20.9	Ciclofaixa
Rua Borges	Rede urbana principal	50	3	13.6 - 19.4	Ciclovía
Rua do Dr. Bernardino Machado & Cais de São Roque	Rede urbana secundária	50	1 e 2	9.0 - 14.9	Ciclofaixa
Avenida Dr. Sá Carneiro (Centro Exposição)	Rede urbana principal	50	3	22.7 - 26.0	Ciclovía
Rua de Viseu	Rede urbana estruturante	50	3	19.2 - 20.5	Ciclovía
Estrada de São Bernardo (N335)	Estruturante municipal	50	4	13	Ciclofaixa

Tabela 1: Estudos de dados obtidos na etapa de diagnóstico e resultados referentes a melhor tipologia a ser adotada em cada caso.

As noções de segurança, velocidade e larguras de cada via foram os condicionantes relevantes para a resposta de qual tipologia mais adequada a ser adotada. Ruas com maior fluxo de veículos, nível de estresse e maiores larguras seriam atendidas por ciclovia. Algumas situações de tráfego e velocidade moderados teriam suas áreas de estacionamento retiradas para promover dimensões suficientes na aplicação de infraestruturas cicláveis.

Casos com reduzido fluxo de veículos e predominância pedonal seriam convertidos em espaços compartilhados, com redução do papel dos veículos e com as preocupações referente ao critério da alínea f., para garantir que haja espaço suficiente para que pedestres e ciclistas possam deslocar-se confortavelmente e com segurança.

Um a um, os trechos passaram por rigorosa avaliação no estudo de previsão dos perfis viários de acordo com as tipologias sugeridas. Com isto, as seções remodeladas levantaram conclusões relativamente à viabilidade da tipologia adotada. Um dos casos aqui exemplificados é a proposta para a Avenida Oita (Figura 5), uma via secundária com alto nível de estresse e um perfil viário que resulta numa dimensão total de 19,70m, que divide-se em passeios, linhas de tráfego (via dupla) e áreas de estacionamento.

O novo perfil viário proposto para a Avenida Oita (Figura 6) não altera a dimensão existente dos passeios, sobretudo retira um lado das faixas de estacionamento e reduz a

área de transição de veículos. Por meio disto, permite a implantação de ciclofaixa dupla - uma de cada lado da via, cada qual com a dimensão de 1,50m (espaço livre confortável mínimo, de acordo com o IMTT, 2011). A proposta de adotar ciclofaixas neste trecho se refere à intenção de promover maior segurança e conforto ao ciclista numa importante rota de deslocamento, mas que, sobretudo, apresenta alto nível de estresse e insegurança devido à presença dos veículos.



Fig. 5: Perfil viário existente da Avenida de Oita.

Fonte: Autoral

Fig. 6: Proposta de novo perfil viário para a Avenida de Oita, com ciclofaixas.

Fonte: autoral

Outro caso digno de nota diz respeito à Rua Eng. Oudinot, uma importante via da cidade que, assim como a Avenida Oita, apresenta grande fluxo de veículos e elevado índice de estresse. Entretanto, diferentemente da Av. Oita, esta tem uma dimensão ligeiramente reduzida, resultante em 12,00m. Seu perfil (Figura 7) é composto por linhas de passeio e três vias de tráfego de sentido único.

A proposta para a Rua Eng. Oudinot (Figura 8) se deu através da manutenção das dimensões das linhas de passeio e da conversão de uma das vias de tráfego em ciclovia de 1,50m com o objetivo de reduzir o espaço e utilização do carro para garantir maior segurança e conforto para a bicicleta.

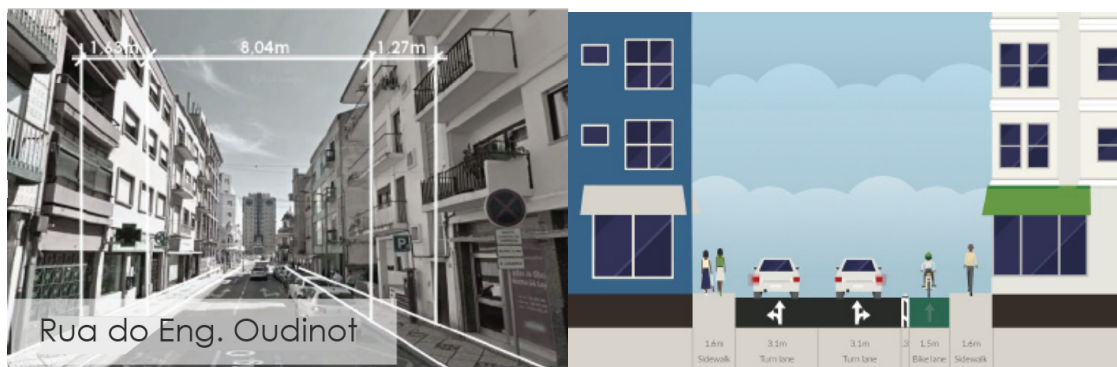


Fig. 7: Perfil viário existente da Rua Eng. Oudinot.

Fonte: autoral;

Fig. 8: Proposta de novo perfil viário para a Rua Eng. Oudinot, com ciclovias.

Fonte: autoral.



Depois de analisadas todas as rotas que compõem a proposta de rede cicloviária, também foi elaborada uma rota ecológica (Figura 9). Esta levou em consideração a beleza natural existente na cidade, resumida nos canais que distribuem a Ria de Aveiro por espaços da cidade e agregam valor à paisagem urbana. A rota ecológica não visa somente alimentar o setor turístico que é crescente em Aveiro, mas também enfatizar o uso da bicicleta para além dos deslocamentos cotidianos, como também na tentativa de reforçar a cultura da bicicleta como prática de lazer, exploração e redescoberta da cidade. Um meio de reforçar a vida na cidade (GEHL, 2013).



Fig. 9: Rede cicloviária ecológica.

Fonte: autoral

O diagnóstico e estudos realizados propiciaram uma proposta final de rede com 46,90 km - uma considerável extensão a partir da existente malha de 5,3m km. A Figura 10 apresenta a hierarquia sugerida pela proposta desenvolvida, sendo 22,90 km para ciclovias, 12,80 km para ciclofaixas, e 5,90 km para vias compartilhadas.



Fig. 10: Proposta de rede cicloviária para o município de Aveiro.

Fonte: autoral

Como complemento e tentativa de reforçar a viabilidade da proposta, foi desenvolvido um programa com fases de implementação que esta poderia vir a receber, como representado na Figura 11. A primeira fase (em verde) é dedicada às rotas de integração da infraestrutura já existente; a segunda fase (em amarelo) constitui-se pelas rotas de extensão a outras partes do centro urbano de Aveiro; e por fim, a terceira fase (em vermelho) destinada a implementação das rotas destinadas a conexões externas (freguesias e outros municípios).



Fig. 11: Fases de implementação para a rede ciclovária proposta.

Fonte: autoral

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aveiro é uma cidade com uma topografia bastante favorável, com maior parte do território plano e sem grande declividade. Além disso, seu miolo urbano é livre de volume intenso de tráfego. As características já aqui expressadas reforçam a possibilidade de criar uma rede ciclovária de boa qualidade, confortável e bem conectada. A proposta aqui delimitada permite tirar partido de rotas de desejo com otimização da relação tempo e distância, mas que, acima de tudo, leva em consideração importantes pontos de aglomeração de pessoas e a paisagem urbana - que é potencializada por meio da rota ecológica.

A proposta preza pela viabilidade ao fazer uso de etapas de implementação, o que dispensaria custos elevados imediatos e tornar-se-ia possível a conclusão de sua execução em um prazo até o ano de 2025. Sobretudo, a implantação no município como um todo ainda permitiria conexões com freguesias e cidades vizinhas, resultando numa grande rede ciclável a nível de concelho.

Propor uma rede ciclovária para o município de Aveiro permitiu diferentes dinâmicas e interpretações acerca da forma com que podemos criar uma percepção do município. Para além disto, a elaboração da proposta também serviu como uma ferramenta de aproximação e interesse no que diz respeito à utilização da bicicleta como meio de transporte e deslocamento

urbano e, sobretudo, despertou satisfação e encorajamento à participação nas políticas públicas em prol do uso da bicicleta.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS CICLISTAS URBANOS DE SÃO PAULO (CICLOCIDADE). **MANUAL BICICLETA E COMÉRCIO**. São Paulo, 2015. Disponível em::

<https://www.ciclocidade.org.br/biblioteca/file/107-manual-bicicleta-e-comercio>.

BARBACOVÍ, Piero Oliveira. **BICICLETA E DIREITO À CIDADE: como as políticas públicas em ciclomobilidade afetam o direito à cidade dos cidadãos de Fortaleza**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CICLAVEIRO. **PARA UMA MOBILIDADE AGRADÁVEL E SUSTENTÁVEL EM AVEIRO**. Aveiro, 2016. Disponível em:

[http://ciclaveiro.pt/wp-content/uploads/2016/01/Para-uma-Mobilidade-Ciclavel-e-Sustentavel-em-Aveiro\\_versaopublica.pdf](http://ciclaveiro.pt/wp-content/uploads/2016/01/Para-uma-Mobilidade-Ciclavel-e-Sustentavel-em-Aveiro_versaopublica.pdf).

GEHL, Jan. **CIDADES PARA PESSOAS**. 1ª ed., São Paulo: Perspectiva, 2013. Disponível em: <http://books.google.pt/books?id=IBNJoNILqQcC>.

GUARNACIA, Matteo. **PROVOS: Amsterdam e o nascimento da contracultura**. 1ª ed., São Paulo: Veneta, 2015.

INSTITUTO DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES TERRESTRES (IMTT). **REDE CICLÁVEL: Princípios de Planeamento e Desenho**. Lisboa, 2011. Disponível em: <http://www.imt-ip.pt>.

Instituto de Energia e Meio Ambiente et al. **A BICICLETA E AS CIDADES: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana**. São Paulo, 2010. Disponível em:

<http://www.energiaeambiente.org.br/index.php/bibliotecas/download/35?arq=A-bicicleta-e-as-cidades.pdf>.

WAY2GO. **PLANO MUNICIPAL DE MOBILIDADE DE AVEIRO: relatório de caracterização e diagnóstico**. Aveiro, 2012. Disponível em:

<http://files.cm-aveiro.pt/XPQ5FaAXX42842aGdb9zMjjeZKU.pdf>.

## A INTERAÇÃO ENTRE AS CIDADES E O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE ALTO DESEMPENHO À LUZ DE EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 08/04/2020.

### Marne Lieggio Júnior

Agência Nacional de Transportes Terrestres  
(ANTT)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/2679066605460692>

### Brunno Santos Gonçalves

Empresa de Planejamento e Logística S. A.  
(EPL)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/6843542585733083>

### Sérgio Ronaldo Granemann

Universidade de Brasília (UnB)  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/3935415679260682>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa exploratória acerca da interação entre as cidades e o transporte ferroviário de alto desempenho, tomando-se por base experiências internacionais. O arcabouçoteórico de referência abordada desde os conceitos fundamentais de trens de alto desempenho, passando pelo planejamento do transporte ferroviário de passageiros, até os impactos dos modelos de solução europeu e asiático. A metodologia utilizada na confecção do trabalho teve caráter

exploratório, alicerçando-se em revisão bibliográfica e nas práticas observadas ao redor do mundo. Os resultados da pesquisa permitiram a aplicação do novo conceito para transporte ferroviário de passageiros de alto desempenho (TFAD); averiguar os impactos efetivos de experiências verificadas na França e no Japão; e discutir as potencialidades ao caso brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** planejamento de transportes; transporte ferroviário de passageiros; desenvolvimento urbano e regional.

### THE INTERACTION BETWEEN CITIES AND THE HIGH PERFORMANCE RAIL TRANSPORT UNDER THE LIGHT OF INTERNATIONAL EXPERIENCES

**Abstract:** The aim of this paper is to conduct an exploratory research on the interaction between cities and the railway high-performance, taking based on international experiences. The theoretical reference framework covers everything from the basic concepts of high-performance trains, through the planning of rail passenger transport, to the impact of European and Asian solution models. The methodology used in the preparation work was exploratory in nature, basing on literature review and practices observed around the world. The

survey results allowed the implementation of the new concept for railway high-performance passenger (TFAD); ascertain the actual impact of experience in France and Japan; and discuss the potential for the Brazilian case.

**KEYWORDS:** transportation planning; rail passenger transport; urban and regional development.

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante da problemática da latente demanda de transporte sobre trilhos e os vários empecilhos à necessária expansão da rede, deve-se somar, ao contexto em tela, os efeitos nefastos ocasionados pela imutabilidade da atual conjuntura, quais sejam: tempos de viagem cada vez maiores nas metrópoles brasileiras, tendo em vista os congestionamentos provocados pelo uso excessivo do automóvel; aumento dos acidentes nas vias públicas; incremento dos custos operacionais dos veículos; crescimento das emissões de gases de efeito estufa; necessidade de investimentos em rodovias e aeroportos; e acréscimo das concentrações urbanas (LIEGGIO JÚNIOR, 2015a).

Dessa forma, em cenário de recursos financeiros escassos e demandas de transporte cada vez maiores, torna-se imprescindível o estudo de experiências internacionais acerca da implantação de sistemas de transporte ferroviário de passageiros por meio de trens de alto desempenho (TFAD), a fim de se poderem observar quais os reais efeitos e as lições advindas dessas implantações.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa exploratória acerca da interação entre a cidade e o transporte ferroviário de alto desempenho, tomando-se por base as experiências internacionais da França, na Europa, e do Japão, na Ásia. Em seguida, propõe-se um exame das potencialidades do caso brasileiro – o TAV Rio de Janeiro-Campinas – o qual, como os exemplos tratados, também apresenta a capacidade de provocar alterações no tecido urbano e regional por onde serpenteará.

A contribuição à literatura reside no fato de se poder averiguar o real impacto da implantação de sistemas ferroviários de alto desempenho em outras nações, o que permite aos planejadores e decisores de transporte no Brasil: subsídios para o estabelecimento de uma política pública baseada na responsividade, bases para um planejamento do setor, proposição de estudos mais avançados e melhor suporte ao processo de tomada de decisão.

O artigo está dividido em seis itens. O item 1 corresponde à introdução. No item 2, é apresentada uma visão essencial sobre trens de alto desempenho. No item 3, discorre-se acerca da interação entre as cidades e o transporte ferroviário de alto desempenho. O item 4 aborda as experiências internacionais francesas e japonesas. No item 5, retratam-se as potencialidades para o caso brasileiro concernente ao TAV Rio de Janeiro – Campinas, e, finalmente, no item 6, têm-se as conclusões e recomendações finais.

## 2 | TRENS DE ALTO DESEMPENHO

De acordo com a EPL (2016), trens de alto desempenho, para fins de planejamento de

transportes, são aqueles caracterizados pela alta capacidade de transporte, regularidade, alta pontualidade, segurança, tempo de viagem competitivo em relação aos serviços prestados por outros modos de transporte, tarifas atrativas e sustentabilidade.

Nessa classificação, incluem-se os trens que operam a alta velocidade (TAV), bem como aqueles que circulam abaixo da alta velocidade, apresentando os requisitos de operação de alto desempenho.

No que tange especificamente a TAV, de acordo com a Diretiva nº 96/48 da União Europeia e suas alterações, define-se a infraestrutura ferroviária de alta velocidade como aquela que inclui alguma das três características seguintes (EU, 1996): (i) linhas ferroviárias projetadas e construídas exclusivamente para trens capazes de desenvolver velocidades iguais ou superiores a 250 km/h; (ii) linhas ferroviárias convencionais, preparadas e reequipadas para trens cuja velocidade se situe em torno de 200 km/h; ou (iii) linhas ferroviárias convencionais preparadas para uma maior velocidade, mas que, por suas circunstâncias topográficas especiais ou por encontrar-se em áreas próximas a núcleos urbanos, sua velocidade se reduz.

Todavia, há que se ressaltar que a velocidade não é o único indicador para definir uma ferrovia de alta velocidade. Outros indicadores como, por exemplo, sistemas de sinalização e controle, de comunicação, de eletrificação, material rodante e exploração comercial dos serviços são distintos em relação à ferrovia convencional (Méndez *et al.*, 2009).

Quanto aos principais benefícios dos sistemas ferroviários de alto desempenho, de acordo com Angoiti (2006), Rus and Nombela (2006), Nuworsoo (2009), UIC (2020), OECD (2020), ANTT (2020) e EPL (2020), além da redução dos tempos de viagem, a implantação de ferrovias de alta velocidade agrega outros benefícios, tais como: (a) indução ao desenvolvimento urbano e regional, por meio de política pública baseada em responsividade; (b) redução de gargalos dos subsistemas de transporte aeroportuário, rodoviário e urbano; (c) postergação de investimentos na ampliação e construção de aeroportos e de rodovias; (d) menor uso do solo comparado à construção ou ampliação de rodovias; (e) redução de impactos ambientais e emissão de gases poluentes em decorrência do desvio da demanda dos transportes aéreo e rodoviário para a ferrovia de alta velocidade; (f) redução dos tempos de viagem associados à baixa probabilidade de atrasos; (g) aumento do tempo produtivo para os usuários; (h) geração de empregos diretos e indiretos durante a construção e operação do sistema; (i) redução do número de acidentes em rodovias; e (j) regeneração das áreas ao redor das estações e valorização dos terrenos em suas proximidades.

### **3 | A INTERAÇÃO ENTRE AS CIDADES E O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE ALTO DESEMPENHO**

Manheim (1997) e Ortega *et al.* (2012) asseveram que o planejamento do sistema de transporte ferroviário de passageiros deve encerrar o conjunto de todos os componentes físicos, sociais, econômicos e institucionais relacionados com o deslocamento das pessoas em um dado, e bem definido, contexto.

E em cenário de demandas reprimidas e contingenciamento de recursos financeiros, o planejamento de transportes – principalmente o relacionado ao ferroviário de passageiros - ganha uma importância acentuada, uma vez que é necessário estudar as melhores estratégias de intervenção nos espaços urbanos cortados pela implantação de uma linha férrea (LIEGGIO JÚNIOR, 2015b; HODAS, 2014).

Campos (2013) apregoa sobre o denominado ciclo dos transportes, que expressa a interação entre transporte e uso do solo, isto é, a dinâmica das relações de causa e efeito de mudanças que ocorrem nesses elementos. Ou seja, a pressão por demanda de transporte induz o aumento da oferta, permitindo o crescimento da acessibilidade e mobilidade. Com isso, novas áreas passam a ser ocupadas e exploradas, alterando o seu valor, o que exige a definição de uma política de uso e ocupação do solo. E, por fim, com novas áreas atendidas pelos sistemas de transporte, haverá novas necessidades de deslocamento, que, por sua vez, darão origem a novas demandas.

Para o transporte ferroviário de passageiros, se a intensidade dessas relações não for acompanhada de prévio planejamento da estrutura urbana e regional (p. ex.: adequação da legislação do uso e ocupação do solo) e dos demais sistemas de transportes, pode-se desembocar em situação caótica, oriunda do desequilíbrio entre a oferta e a demanda, produzindo congestionamentos intensos e dificuldades na circulação de pessoas e até das cargas (MONZÓN *et al.*, 2013; PITA *et al.*, 2010, 2008).

A título de exemplo, examinam-se, na sequência, o caso de um país europeu – a França - e de outro asiático – o Japão. A França foi escolhida por ser um dos países pioneiros no continente europeu na implantação de TFAD. Já o Japão, por ser o pioneiro na implantação desse tipo de transporte no mundo, também apresentando elevado índice de densidade de malha de trens de alto desempenho.

#### 4 | AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

De acordo com a União Internacional de Ferrovias (UIC, 2011), que conduziu estudos abrangentes em parceria com a *Deutsche Bahn International GmbH*, a implantação de sistemas de transporte ferroviários de alto desempenho de passageiros está, intrinsecamente, relacionada ao desenvolvimento urbano e regional das áreas de influência direta e indireta do empreendimento, produzindo impactos no incremento populacional, no Produto Interno Bruto (PIB), nas taxas de desemprego, na economia, no turismo, na valorização das terras e nas viagens habituais ou padrões de deslocamento.

A metodologia empregada para os aludidos estudos proporcionou a observação da realidade para cinco países, a saber: Alemanha, França, Espanha, Japão e Itália. Foram realizados tanto da ótica qualitativa quanto quantitativa. Os estudos iniciam com uma descrição fundamental e definição do campo de investigação, que inclui os impactos esperados designados nos cinco países escolhidos, bem como as cidades selecionadas. A seleção das cidades contemplou, para fins de comparação, as que possuem um transporte ferroviário de alto desempenho de passageiros (TFAD) e as correspondentes que não possuem um

TFAD (cidades gêmeas). Ao realizar a seleção, uma ferramenta apropriada para apurar os impactos foi usada para escolher os pares de cidades comparáveis.

A apreciação qualitativa serviu como uma breve descrição das cidades e suas áreas adjacentes, com também auxiliou a preparar e compreender a análise quantitativa. Já a análise quantitativa - parte principal dos estudos – concentrou, por um lado, na comparação do desenvolvimento de pares de cidades, utilizando séries temporais e correlação de coeficientes e, por outro lado, no uso da Análise de Componentes Principais (PCA), bem como na ferramenta de Análise de Regressão.

Corroborando com os estudos da UIC (2011), somar-se-ão às experiências internacionais os estudos também conduzidos por aquela instituição, focando o microcosmo de inserção urbanística das estações no tecido urbano (UIC, 2010).

#### 4.1 A experiência da França

Em consonância com a UIC (2011, 2010), a análise do caso francês baseou-se no estudo de onze cidades selecionadas: seis com a implantação do TFAD – Lyon, Le Creusot, Le Mans, Nante, Lille e Metz - e cinco que não contaram com o sistema - Moulins-sur-Allier, Amiens, Clermont-Ferrand, Limoges e Caen. Os dados foram fornecidos pelo órgão nacional de estatística e o período dos estudos para as principais séries temporais é de 1968 a 2010.

Em seguida, são discutidos os impactos ocorridos na população, nas taxas de desemprego, no PIB, no número de estudantes e no turismo.

Para a variável *população*, dentro do grupo de cidades contempladas com o TFAD, o número de habitantes das cidades aumentou, em alguns casos, durante os oito anos após o comissionamento das estações de passageiros, conforme mostra a Tabela 1.

A comparação dos pares de cidade leva aos exemplos seguintes para os coeficientes de correlação: Lille / Limoges = 0,9; Le Creusot / Moulins-sur-Allier = 1,0; Le Mans / Amiens = 0,8. A maioria das cidades equipadas com o TFAD tiveram um aumento maior da população do que aquelas não dotadas do sistema, considerando-se o período de tempo dos estudos.

	Commissioning											
	Year											
	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Lyon	1.045	1.030	1.015	1.000	0.985	0.986	0.987	0.987	0.988	0.989	0.989	0.990
Le Creusot	1.016	1.011	1.005	1.000	0.995	0.982	0.970	0.957	0.945	0.932	0.919	0.907
Le Mans	1.006	1.004	1.002	1.000	0.998	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.001	1.001
Nantes	0.993	0.995	0.998	1.000	1.002	1.014	1.025	1.037	1.048	1.060	1.071	1.083
Lille	0.977	0.985	0.992	1.000	1.008	1.015	1.023	1.030	1.038	1.045	1.055	1.064
Metz	1.005	1.006	1.007	1.000								
Twin city (n/a)												
Moulins-sur-Allier	1.015	1.010	1.005	1.000	0.995	0.983	0.972	0.960	0.948	0.937	0.925	0.913
Amiens	0.998	0.999	0.999	1.000	1.001	1.004	1.007	1.010	1.013	1.016	1.019	1.022
Clermont-Ferrand	1.030	1.020	1.010	1.000	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.994	0.995	0.995
Limoges	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002	1.005	1.008
Caen	1.016	1.012	1.007	1.000								

Tabela 1: Mudanças na população – a nível das cidades (taxas de crescimento).

Fonte: UIC (2011).

No que concerne às *taxas de desemprego*, embora nem todos os dados estivessem



disponíveis para algumas cidades, foi possível verificar a correlação entre os pares das seguintes cidades gêmeas: Lille / Limoges = 0,9; Le Creusot / Moulins-sur-Allier = 0,6; Le Mans / Amiens = 0,9; Nantes / Clermont-Ferrand = 0,9. Isso demonstra que as cidades beneficiadas pela instalação de um TFAD tiveram redução nas taxas de desemprego.

Quanto ao *PIB*, os dados disponíveis compreenderam o período entre 1990 e 2007 para as cidades consideradas. O primeiro ano de análise referiu-se ao 9º ano após o comissionamento das estações de passageiros, a fim de se ter um período comparável, consoante apresentado na Tabela 2.

No que tange ao *número de estudantes* nas cidades, foram usados dados de dez anos, correspondendo ao período entre 2000 e 2009. Tendo-se em conta os dados existentes para 2000 e a abertura antecipada do sistema em diferentes datas, com exceção das cidades de Metz e Caen (2007), as taxas de crescimento de cada localidade considerada somente puderam ser comparadas com as cidades que tiveram a mesma data de comissionamento. Com isso, os seguintes coeficientes de correlação foram encontrados: Lille / Limoges = 0,8 e Le Mans / Amiens = 0,8. Percebe-se que o número de estudantes aumentou em algumas cidades contempladas com o sistema de TFAD.

	Year											
	-3	-2	-1	0 (9)	10	11	12	13	14	15	16	17
Lyon				1.000	1.034	1.068	1.068	1.105	1.165	1.211	1.271	1.332
Le Creusot				1.000	1.022	1.041	1.017	1.044	1.078	1.093	1.123	1.161
Le Mans				1.000	1.029	1.085	1.127	1.153	1.175	1.213	1.244	1.279
Nantes				1.000	1.040	1.105	1.159	1.195	1.228	1.278	1.322	1.371
Lille				1.000	1.039	1.087	1.138	1.207	1.265			
Metz				1.000								
Twin city (n/a)				n/a								
Moulins-sur-Allier				1.000	1.009	1.021	1.017	1.052	1.094	1.115	1.159	1.226
Amiens				1.000	1.018	1.040	1.070	1.095	1.114	1.146	1.174	1.204
Clermont-Ferrand				1.000	1.015	1.050	1.077	1.112	1.140	1.189	1.226	1.273
Limoges				1.000	1.013	1.040	1.082	1.128	1.184			
Caen				1.000								

Tabela 2: Mudanças no PIB – a nível das cidades (taxas de crescimento).

Fonte: UIC (2011).

Acerca do *turismo*, a análise das possíveis mudanças pôde ser realizada por meio do número de pernoites e estadias médias. Os dados abrangeram o período entre 2003 e 2008, a nível regional (departamentos franceses). Além desses valores mencionados, uma estatística sobre a parcela de viajantes a negócios foi utilizada, embora apenas a nível regional.

Comparando-se os pares de cidades gêmeas, foi possível observar as seguintes correlações: Lille / Limoges = 0,4; Le Creusot / Moulins-sur-Allier = 0,9; e Le Mans / Amiens = 0,4. Com isso, evidencia-se que as cidades dotadas de sistema de TFAD puderam incrementar suas atividades relacionadas ao turismo.

A título de exemplificação, a Figura 1 ilustra a inserção urbana da estação ferroviária de Lille.

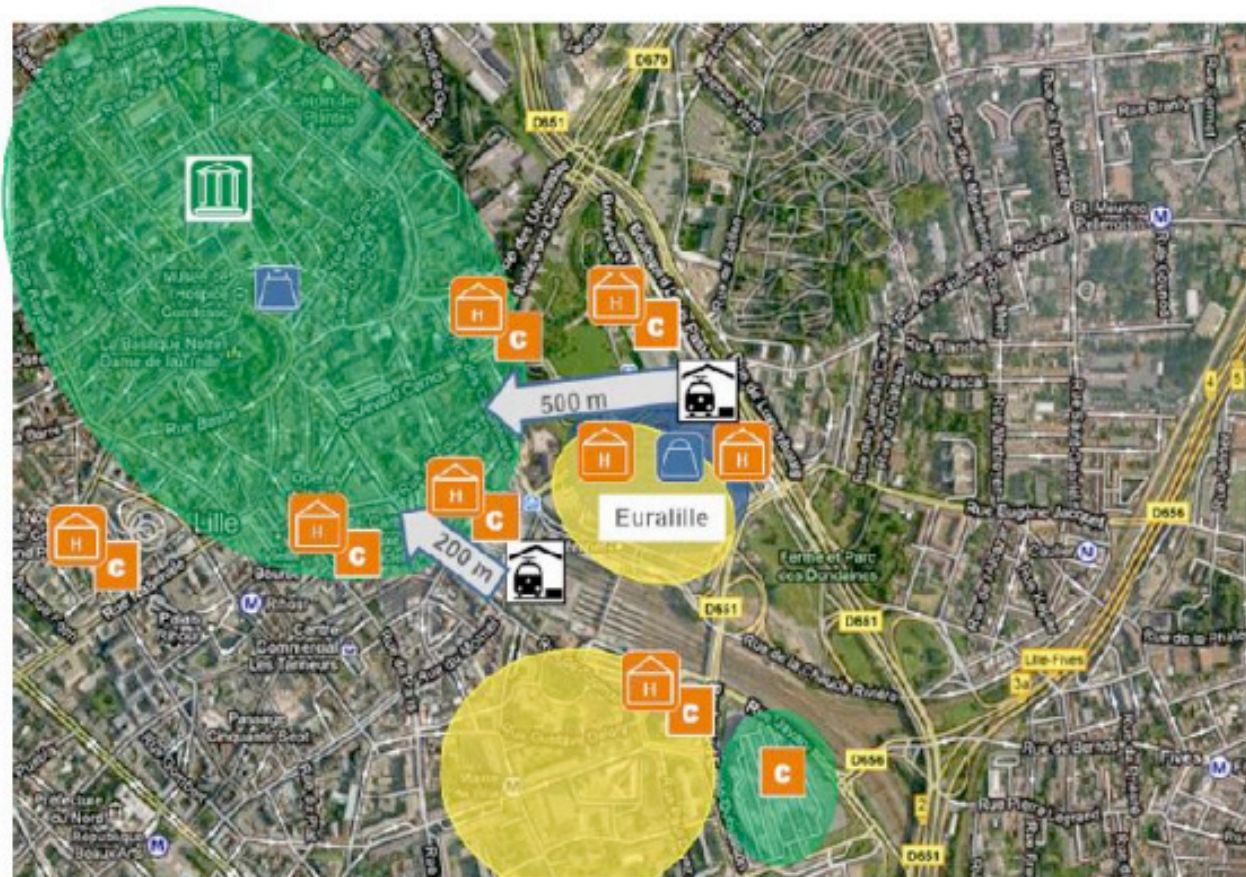


Figura 1: Inserção urbana da estação de Lille, na França.

Fonte: UIC (2011).

A cidade de Lille possui duas estações ferroviárias, que estão próximas uma da outra: a estação de Lille-Europa, que serve, principalmente, trens de alta velocidade e serviços internacionais (Eurostar), e a histórica estação de Lille-Flandres, que serve, sobretudo, trens regionais e alguns trens de alta velocidade. Ambas as estações estão ligadas pelo *Euralille*, um negócio de exploração imobiliária, com 70 hectares, contando com bairro residencial, escritórios, apartamentos, hotéis e um shopping center. O projeto *Euralille* foi desenvolvido em conjunto com a estação Lille-Europa, para os serviços de TFAD em alta velocidade.

Um projeto semelhante é a combinação de um centro de convenções e a arena para eventos denominada *Lille Grand Palais*, junto à estação de Lille-Flandres. Além disso, a conexão da cidade de Lille ao sistema de TFAD francês tem atraído um grande número de hotéis - estabelecidos na área adjacente às estações - com capacidade para receber congressos. As estações ferroviárias são integradas aos outros modos de transporte público (VLTs, ônibus, táxis) e dispõem de elevado número de estacionamentos nos arredores.

#### 4.1 A experiência do Japão

Tendo por base os estudos da UIC (2011, 2010), é possível afirmar que, em comparação com outros países, o Japão teve uma boa base de dados para a abordagem quantitativa. Os dados para as seis cidades em que se implantou o TFAD – Mishima, Koriyama, Kitakami,

Kakegawa, Karuizawa e Saku, bem como para as seis cidades gêmeas correspondentes - Komatsu, Aomori, Yokote, Handa, Hakui e Shibata, foram fornecidos pelo órgão nacional de estatística. O período dos estudos para as principais séries temporais é de 1980 a 2010.

Na sequência, são discutidos os impactos ocorridos na população, no PIB, nas taxas de desemprego, no número de estudantes, na economia e nas viagens habituais.

Para a variável *população*, verificou-se que o grupo de cidades que teve a implantação do TFAD apresentou taxas de crescimento da população positivas para todas as localidades.

Comparando-se os pares de cidades, os seguintes coeficientes de correlação foram encontrados: Kakegawa /Handa = 1.0; Saku / Shibata = -0,9; Karuizawa / Hakui = -1,0; Koriyama /Aomori = -0.7; e Kitakami /Yokote = -0,9. As cidades equipadas com o TFAD tiveram um aumento maior da população do que aquelas não dotadas do sistema, considerando-se o período de tempo dos estudos.

No que tange ao *PIB*, a Tabela 3, abaixo, mostra as mudanças ocorridas no PIB para as cidades japonesas consideradas nos estudos.

	Commissioning											
	Year											
	-3	-2	-1	0 (27, 14, 8)	1 (28, 15, 9)	2 (29,16,10)	3 (30, 17,11)	4 (31,18,12)	5 (32,19,13)	6 (33,20,14)	7 (34,21,15)	8 (35, 22,16)
Mishima*				1.000	1.005	1.001	0.989	1.041	0.989	1.012	1.007	1.011
Koriyama*				1.000	1.002	0.988	0.983	0.995	0.955	0.939	0.920	0.946
Kitakami*				1.000	0.998	1.000	1.007	1.028	0.961	0.956	0.949	0.954
Kakegawa*				1.000	1.005	1.001	0.989	1.041	0.989	1.012	1.007	1.011
Karuizawa			0.999	1.000	0.987	0.992	1.027	0.969	0.937	0.933	0.931	0.954
Saku			0.999	1.000	0.987	0.992	1.027	0.969	0.937	0.933	0.931	0.954
Komatsu*				1.000	0.996	1.003	1.009	1.012	0.987	0.973	0.961	0.961
Aomori*				1.000	0.983	0.983	0.985	0.998	0.974	0.953	0.945	0.929
Yokote*				1.000	0.992	0.988	0.978	0.969	0.954	0.934	0.926	0.921
Handa*				1.000	0.983	0.979	0.970	0.965	0.965	0.982	0.979	1.002
Hakui			1.004	1.000	1.007	1.013	1.016	0.991	0.978	0.965	0.966	0.978
Shibata			1.003	1.000	1.005	0.979	0.982	0.959	0.941	0.937	0.944	0.954

\* The comparison of Mishima and Komatsu starts 27 years after commissioning, Koriyama, Kitakami, Aomori and Yokote 14 years, Kakegawa and Handa 8 years.

Tabela 3: Mudanças no PIB – Nível regional (taxas de crescimento).

Fonte: UIC (2011).

De forma geral, a Tabela 3 revela valores crescentes e decrescentes no tempo para o período considerado. Devido à disponibilidade tardia de dados e as diferentes datas de abertura dos sistemas TFAD, a análise somente incidiu sobre a comparação dos pares de cidades da mesma base de dados. Os seguintes coeficientes de correlação foram verificados para o desenvolvimento do PIB: Kakegawa/ Handa: 1.0; Saku / Shibata = 0,9; e Karuizawa / Hakui = 0.9.

Quanto às *taxas de desemprego*, a comparação entre as cidades dotadas ou não de TFAD oito anos após o comissionamento dos sistemas leva a resultados semelhantes, uma vez que o número de pessoas desempregadas aumentou - principalmente devido a fatores macroeconômicos internos e regionais - à exceção de alguns desvios ocasionais. Em resumo, os pares de cidades desenvolveram relação positiva com base no ano de inauguração do sistema. Foram encontrados os seguintes quocientes: Koriyama / Aomori = 1.0; Kitakami / Yokote = 1.0; Kakegawa / Handa = 1.0; Karuizawa / Hakui = 0.9; e Saku /Shibata = 1,0.

No que tange à *economia*, verificam-se, na Tabela 4, seguinte, os dados concernentes às mudanças na economia para as cidades japonesas consideradas nos estudos.

	Commissioning											
	Year											
	-3	-2	-1	0 (13)	1 (14)	2 (15)	3 (16)	4 (17)	5 (18)	6 (19)	7 (20)	8 (21)
Mishima*				1.000	0.994	0.988	0.947	0.956	0.965	0.976	0.976	0.976
Koriyama				1.000	0.998	0.995	0.977	0.980	0.984	1.023	1.023	1.024
Kitakami				1.000	0.991	0.983	0.948	0.961	0.973	0.946	0.946	0.947
Kakegawa	0.944	0.955	0.966	1.000	1.000	1.000	1.001	0.993	0.985	0.961	0.955	0.950
Karuizawa	0.923	0.897	0.872	1.000	1.005	1.223	1.190	1.157	1.287	1.288	1.407	1.312
Saku	1.051	1.045	1.039	1.000	1.001	1.039	1.031	1.023	0.965	0.965	0.939	0.916
Komatsu*				1.000	0.994	0.989	0.943	0.951	0.959	0.877	0.877	0.877
Aomori				1.000	0.998	0.996	0.952	0.955	0.958	0.874	0.874	0.874
Yokote				1.000	0.996	0.992	0.933	0.939	0.945	0.913	0.913	0.913
Handa				n/a								
Hakui	1.091	1.072	1.054	1.000	1.003	1.014	0.991	0.967	0.934	0.935	0.877	0.808
Shibata	1.055	1.050	1.044	1.000	1.001	0.996	0.989	0.982	0.923	0.923	0.889	0.870

\* The comparison of Mishima and Komatsu starts 13 years after commissioning.

The data between the available years is interpolated.

Tabela 4: Mudanças na economia – Número de empresas nas cidades (taxas de crescimento).

Fonte: UIC (2011).

Ao concentrar-se a análise nos anos após o comissionamento do TFAD, nota-se um aumento, bem como uma diminuição do número de empresas. Isso porque o desenvolvimento de várias cidades está sujeito a variações próprias, motivadas por políticas locais e regionais. Por exemplo, a cidade de Saku mostra um aumento com a abertura do TFAD, mas o número de empresas diminuiu quatro anos depois. Em contraste, as cidades não contempladas com o TFAD mostram uma diminuição geral tanto depois do marco de comparação, assim como antes. Isso é confirmado pelos coeficientes de correlação, os quais mostram valores positivos: Koriyama / Aomori = 0.7; Kitakami / Yokote = 1.0; e Saku / Shibata = 0.9.

Quanto ao *número de estudantes* nas cidades, na comparação entre as cidades dotadas de TFAD, ao longo dos anos após o comissionamento, pode ser observado um comportamento diferente. Por um lado, o número de alunos aumentou, por exemplo, para Koriyama e Kitakami. Por outro lado, houve a diminuição do número, por exemplo, no caso de Saku, Karuizawa e Kakegawa. Portanto, o coeficiente de correlação não é positivo para todos os pares de cidades, dependendo, possivelmente, da política educacional adotada para as localidades e regiões. Com isso, resultados diferentes são esperados quando se comparam os pares de cidades: Koriyama / Aomori = - 0,1; Kitakami / Yokote = -0,7; Kakegawa/ Handa = 0,7; Karuizawa / Hakui = 1,0 e Saku / Shibata = 1,0.

No que diz respeito às *viagens habituais*, ao serem comparadas as cidades equipadas com TFAD, exceto para Mishima, um aumento geral pode-se notar. No entanto, Saku teve um forte decaimento em comparação com outras dotadas do mesmo sistema. As seguintes relações puderam ser estabelecidas: Koriyama / Aomori = 1.0; Kitakami / Yokote = 1.0; Kakegawa / Handa = 1.0; e Karuizawa / Hakui = 0.9.

## 5 | POTENCIALIDADES PARA O CASO BRASILEIRO

Gradualmente resgatado no Brasil, examina-se, de forma sucinta, em seguida, um caso de estudo para a implantação de TFAD no território nacional: o TAV Rio de Janeiro – Campinas.

### 5.1 O TAV Rio de Janeiro - Campinas

A implantação da ferrovia de alta velocidade entre o Rio de Janeiro – Campinas apresenta, em seu traçado referencial, 511 km de extensão e atravessará 38 municípios, sendo 23 no Estado de São Paulo e 15 no Estado do Rio de Janeiro, abrangendo o maior corredor logístico, que concentra mais de 36 milhões de habitantes e mais de 40% do PIB brasileiro (ANTT, 2016).

A Figura 2 ilustra os principais deslocamentos e interações no eixo do TAV entre Rio de Janeiro – São Paulo e Campinas, de acordo com os dados da pesquisa de Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil (IBGE, 2015).



Figura 2: Arranjos populacionais e concentrações urbanas no eixo do TAV Rio de Janeiro - Campinas.

Fonte: IBGE (2015)

Consoante o IBGE (2015), a Região Metropolitana de São Paulo possui 19.613.759 de habitantes e um PIB de R\$ 700,96 bilhões. E a Região Metropolitana do Rio de Janeiro apresenta 11.946.398 habitantes, com PIB de R\$ 277,07 bilhões. As duas regiões metropolitanas constituem os maiores arranjos populacionais e concentrações urbanas do território brasileiro (IBGE, 2015; SILVA e VERSIANI, 2012).

Somente o trecho entre São Paulo – SP e Guarulhos – SP representa o maior fluxo de pessoas a trabalho e estudo. De acordo com a ANTT (2016), diante da dinâmica do desenvolvimento socioeconômico apresentada pela região constituída ao longo do eixo compreendido entre as cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas e por suas

perspectivas de crescimento, há pelo menos três décadas, o governo brasileiro vem avaliando as condições de transporte nesse corredor mediante a realização de diversos estudos, abrangendo as modalidades destinadas à movimentação, tanto de passageiros como de cargas.

Esses estudos, no que se refere ao deslocamento de passageiros, têm apontado para a implantação de um sistema de TFAD, em complementação ao transporte rodoviário e aéreo, como a melhor alternativa para equacionar o atendimento à crescente demanda por esse serviço de transporte no aludido corredor, opção alinhada às soluções tecnológicas adotadas nos principais países da Europa e Ásia.

Mais recentemente, foram levadas a efeito pelo governo brasileiro ações para a realização de estudos acerca da implantação do TFAD. Estes compreenderam principalmente: (i) estudos denominados TRANSCORR RSC; (ii) estudos analisados pelo Grupo de Trabalho do Ministério dos Transportes; e (iii) estudos elaborados pelo consórcio Halcrow/Sinergia.

O TAV Rio de Janeiro – Campinas, além de exercer a função transporte, é potencial indutor do desenvolvimento urbano e regional. Focando-se, especificamente, nas potencialidades dos benefícios decorrentes do empreendimento, de acordo com os testes de sensibilidade e dos cenários dos estudos de viabilidade, os resultados da análise estimaram os benefícios socioeconômicos em mais de R\$ 103 bilhões de reais. Nesses cálculos, estão inclusos: tempo de viagem poupado, redução dos custos operacionais de veículos, redução de acidentes nas vias, benefícios do descongestionamento, emissões de carbono poupadas, custos de investimentos evitados e demanda induzida / desenvolvimento regional.

Todavia, de acordo com a ANTT (2016), os estudos dos potenciais benefícios econômicos relativos ao empreendimento em tela são ditos conservadores, uma vez que: (i) apresentam uma abordagem conservadora para estimar os benefícios de descongestionamento, assumindo níveis médios em todo o período de avaliação; (ii) excluem valores residuais em relação ao ativos com vida útil remanescente; (iii) excluem os benefícios devido ao tempo de trabalho produtivo para os viajantes capturados do modo ônibus ou carro para o TAV; (iv) não quantificam os benefícios econômicos mais amplos, tais como os de produtividade de aglomeração no corredor do TAV; (v) não assumem qualquer receita proveniente de empreendimentos imobiliários associados.

## 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou uma pesquisa exploratória acerca da interação entre a cidade e o transporte ferroviário de alto desempenho, tomando-se por base as experiências internacionais da França e do Japão.

Os resultados da pesquisa exploratória mostraram os impactos causados pelo TFAD no desenvolvimento urbano e regional dos países investigados. A análise sobre os aspectos do incremento populacional, no produto interno bruto, nas taxas de desemprego, na economia e no turismo permitiram arrematar que, sem contradita – embora em meio à crise econômica que permeou a colheita dos dados estrangeiros e questões de política interna – a implantação

de TFAD exerce o papel de vetor desenvolvimentista.

Discutiram-se as potencialidades e as perspectivas para a ligação nacional, consistindo no caso do TAV Rio de Janeiro – Campinas. No caso do primeiro sistema TAV brasileiro, além de mencionar os aspectos de valoração das potenciais benefícios socioeconômicos, não se pode descurar do esforço já depreendido pelo governo brasileiro, no sentido de outras externalidades positivas, tais como: o estabelecimento de acordos de cooperação técnica com instituições brasileiras e estrangeiras, permitindo o escorvamento do processo de absorção e transferência de conhecimento, que resultaram na criação de modelagens de corredores de transporte com ferramentas automatizadas; modelagens digitais e de elevação de terreno; identificação e caracterização de áreas contaminadas; elaboração de estudos multidisciplinares, englobando desde questões operacionais até a inserção urbana das estações de passageiros. Como sugestão de futuros estudos, cabe elencar a consolidação de metodologias para averiguação e quantificação de externalidades positivas para sistemas de TFAD.

## REFERÊNCIAS

ANGOITI, I. B. *Alta Velocidad: Servicios Regionales e Interconexión de Redes*. Revista Ingeniería y Territori, Barcelona, España, 2006.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br>> Acesso em: 07 abr. 2020.

CAMPOS, V. B. G. **Planejamento de Transportes**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CHUST, B. D. **Alta velocidad y desarrollo urbano. 30 Años de experiencias**. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2012.

EPL. Empresa de Planejamento e Logística S. A. **Seminário de Planejamento Estratégico**. Brasília, 2016.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.epl.gov.br>> Acesso em: 07 abr. 2020.

EU. Directive 1996/48. Interoperability of the Trans European High Speed Rail System. Disponível em <<http://europa.eu>>, acessado em 07 abr. 2020.

HODAS, S. Design of Railway Track for Speed and High-speed Railways. Procedia Engineering n. 91, pp. 256 – 261, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil. Rio de Janeiro: 2015.

LIEGGIO JÚNIOR, M. Transporte Ferroviário de Alto Desempenho de Passageiros como Elemento Indutor do Desenvolvimento Urbano e Regional. Rio de Janeiro: Revista Síntese TCE-RJ, 2015a.

\_\_\_\_\_. Transporte Ferroviário de Passageiros: A Retomada do Planejamento como Elemento Catalisador da Implantação. 21<sup>a</sup>. Semana de Tecnologia Metroferroviária da CBTU. São Paulo:

CBTU, 2015b.

MÉNDEZ, J. C; MENDOZA, G. R.; ANGOITI, I, B. **El Transporte Ferroviario de Alta Velocidad – Una Visión Económica**. España: Fundación BBVA, 2009.

MONZÓN, A., *et al.*. Efficiency and spatial equity impacts of high-speed rail extensions in urban areas. *Journal Cities*, vol. 30, pp. 18-30, 2013.

NUWORSOO, C.; DEAKIN, E. Transforming High-Speed Rail Stations to Major Activity Hubs: Lessons for California. Transport Research Board, 88<sup>th</sup> Annual Meeting, 2009.

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. Disponível em <<http://www.oecd.org>>. Acessado em 07 abr. 2020.

ORTEGA, E., *et al.* Territorial cohesion impacts of high-speed rail at different planning levels. *Journal Transport Geography*, vol. 24, pp. 130-141, 2012.

PITA, A. L. **Temas de Transporte y Territorio – Alta Velocidad en el Ferrocarril**. Barcelona: Comgrafic, 2010.

PITA, A. L. *et al.* Alta Velocidad y Ordenación del Territorio. Centro de Innovación del Transporte. España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2008.

RUS, G. de; NOMBELA, G. Is Investment in High Speed Rail Socially Profitable? Department of Applied Economic Analysis. University of Las Palmas, Spain, 2006.

UIC. International Union of Railways. Disponível em <<http://www.uic.org>>. Acessado em 07 abr. 2020.

\_\_\_\_\_. **High Speed Rail as a Tool for Regional Development**. Paris: UIC, 2011.

\_\_\_\_\_. **High Speed and the City**. Paris: UIC, 2010.



## 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.

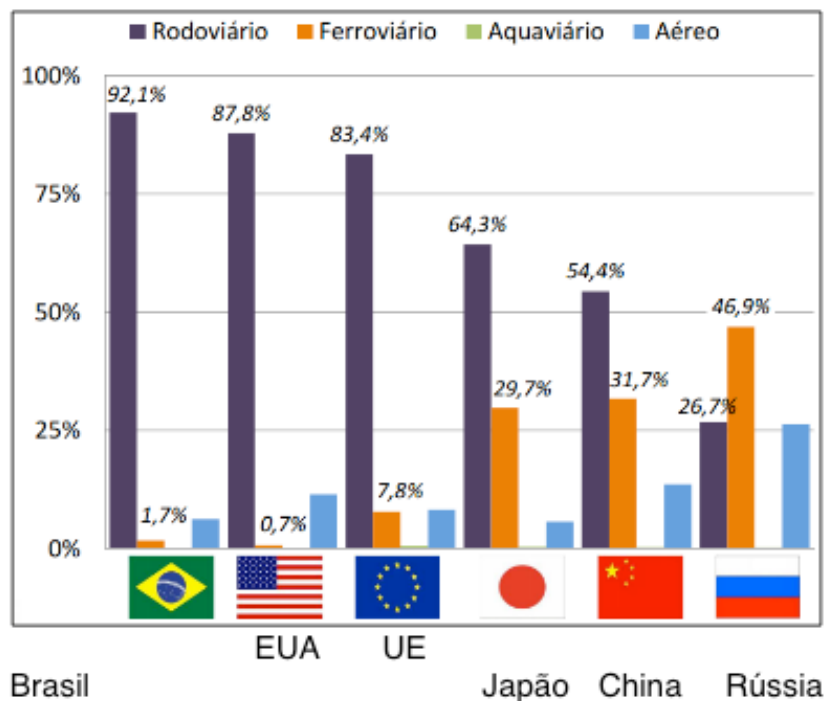


Fig. 1 – Distribuição modal do transporte de passageiros. Um comparativo entre o Brasil e outros países (bilhões de passageiros/ km).

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 - CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	Total
Coletivo	0,1	9,5	9,6
Individual Motorizado	1,5	16,3	17,8
<b>Total</b>	<b>1,6</b>	<b>25,8</b>	<b>27,4</b>

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 (NO<sub>x</sub>) e os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>). 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
<b>Individual Motorizado</b>	<b>0,055</b>	<b>0,55</b>	<b>5,5</b>

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 <sup>(1)</sup> 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)

<sup>(1)</sup> 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 CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> (gCO <sub>2</sub> /pass.km) <sup>(1)</sup>	Energia média consumida <sup>(2)</sup> (kj/pass.km)	Capacidade de Transporte <sup>(3)</sup> (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; <sup>(1)</sup> DE ANDRADE, C. E. S. (2014); BITTENCOUT, I. A. (2014); <sup>(2)</sup> Energia necessária por pessoa, por modo em kj. Adaptado de Revista BNDES 60 anos – Perspectivas Setoriais (2015); <sup>(3)</sup> 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

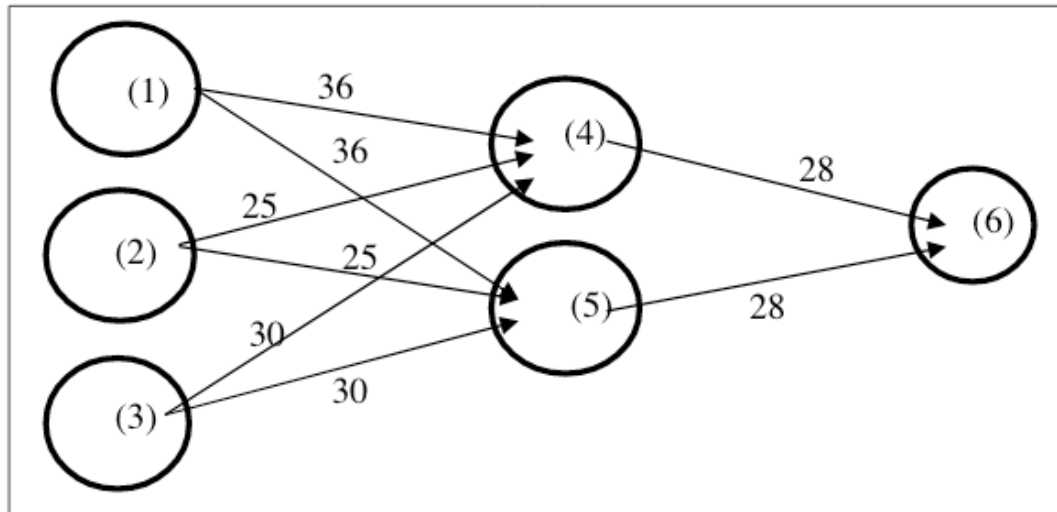


Fig. 2 – Rede Teórica de Transporte Intermodal Integrado

Fonte: elaborado pelo autor

### 3.3 Cálculo da Eficiência Energética

Esta pesquisa considera para o cálculo da eficiência energética ( $E$ ) o consumo de  $\text{CO}_2$  desprendido para realizar determinado trabalho em uma determinada distancia ( $c_{ij}$  em  $\text{kJ/pass. km}$ ) e a quantidade em  $\text{gCO}_2$  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:

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

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 Exel (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 CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>/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 <sub>2</sub> (gCO <sub>2</sub> /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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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 gCO<sub>2</sub> 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 gCO<sub>2</sub> 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  $\text{CO}_2$ , 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.**

## DEL EDIFICIO AL ÁREA URBANA. ANÁLISIS MULTIESCALAR DE LA DEMANDA DE ENERGÍA RESIDENCIAL Y SU IMPACTO ECONÓMICO-AMBIENTAL

Data de aceite: 23/06/2020

Fecha de sumisión: 06/03/2020

### Graciela Melisa Viegas

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

La Plata- Argentina.

ORCID 0000-0001-6248-4678

### Gustavo Alberto San Juan

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

La Plata- Argentina.

0000-0001-8924-9918

### Carlos Alberto Discoli

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

La Plata- Argentina.

0000-0002-6944-5492

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene por objetivo comparar los efectos de la demanda de energía del sector residencial

en diferentes escalas de intervención, a partir de la construcción de indicadores morfológicos-constructivos, energéticos y económico-ambientales. La metodología se desarrolla a partir de: la detección de edificios y sectores urbanos representativos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina; la realización de simulaciones térmicas de edificios; y el cálculo de indicadores que luego son extrapolados a la ciudad a partir de sistemas de información geográfica. Los resultados demuestran que los impactos de las condiciones energéticas, económicas y ambientales de las viviendas son diferentes y sustantivos en la escala barrial y urbana y así deben ser considerados para lograr mayor efecto sobre la mejora de la calidad edilicia de las ciudades.

**PALABRAS-CLAVE:** Calidad térmica edilicia- Escalas de intervención--Sectores urbanos representativos

**FROM THE BUILDING TO THE URBAN AREA. MULTI-SCALE ANALYSIS OF RESIDENTIAL ENERGY DEMAND AND ITS ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACT**

**ABSTRACT:** The purpose of this work is to compare the effects of the energy demand of the residential sector at different scales of intervention, based on the construction



of morphological-constructive, energetic and economic-environmental indicators. The methodology is developed from: the detection of buildings and urban sectors representative of the city of La Plata, Buenos Aires, Argentina; the realization of thermal simulations of buildings; and the calculation of indicators that are then extrapolated to the city from geographic information systems. The results show that the impacts of the energetic, economic and environmental conditions of the houses are different and substantive in the neighborhood and urban scale and thus should be considered to achieve greater effect on the improvement of the building quality of cities.

**KEYWORDS:** Building thermal quality - Intervention scales-Representative urban sectors

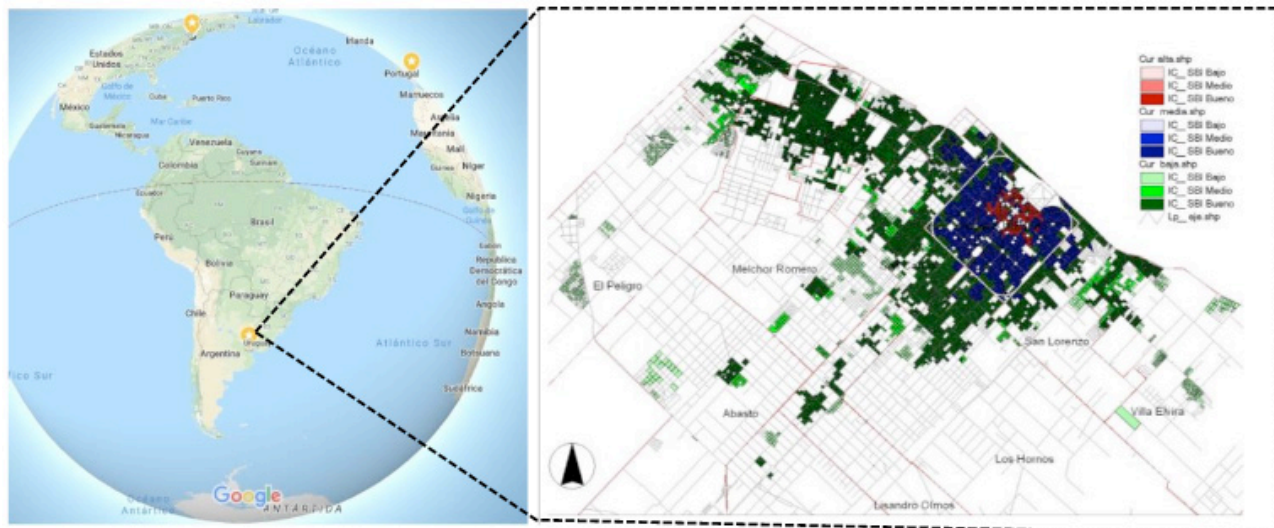
## 1 | INTRODUCCIÓN

La dispersión sub-urbana se conoce como el fenómeno de desarrollo urbano del siglo XXI en el cual la ciudad extiende sus límites sobre el suelo rural. Trae aparejadas dificultades relacionadas con problemáticas ambientales, ya que se produce mayor explotación de suelo, mayor consumo de agua, mayor demanda de energía, y por consiguiente mayor emisión de contaminantes a la atmosfera.

Su forma está caracterizada por la baja densidad, y sus características ambiental y socialmente impactantes, son altamente negativas para el territorio. En Latinoamérica, se reconoce la opción de la compacidad como una alternativa sustentable, si se considera el ahorro energético, la economía de la infraestructura y los beneficios económicos asociados a los desarrollos compactos (Instituto Cerdá, 1999; Edwards, 2008; Diputación de Barcelona, 2000; Poelmans y Rompaey, 2009; Rueda, 1997; Hasse y Lathrop, 2003; Mesa y De Rosa, 2005). A nivel mundial, se considera que se ha intentado frenar esta dispersión y aumentar la densidad a partir de políticas de planeamiento urbano, que indicaron densidades mínimas para el desarrollo de nuevas edificaciones y barrios con lo cual tender a desarrollos más sustentables a largo plazo (Kosak, 2012). Sin embargo estos lineamientos no resuelven de manera lineal el problema debido a que además debería considerarse la calidad de las envolventes edilicias.

En este contexto, la ciudad de La Plata (Bs. As., Argentina), caso de estudio de esta investigación, es reflejo de las problemáticas enunciadas previamente. Por un lado, la mayor extensión poblacional y de viviendas se localiza con un modelo urbano disperso. Por el otro, la calidad de la envolvente de dichos edificios no responde a modelos de ahorro energético, ya que no se cumplen los niveles mínimos que establecen las normativas de acondicionamiento térmico. Para visualizar este fenómeno, la figura 1 muestra la representación del indicador “consolidación urbana residencial- CUR” que integra la densidad edilicia (DE) con la cobertura de servicios básicos de infraestructura (SBI). La consolidación alta, de mayor compacidad, representa el 2% del total del área; la consolidación media representa el 17% y la consolidación baja, de tejido disperso, representa el 81% del territorio. Las áreas de baja consolidación alojan al 60% de las viviendas, al 70% de la población y a su vez muchos barrios de esta área presentan menores recursos económicos, no cuentan con cobertura de gas natural por red, y en consecuencia deben abastecerse con gas envasado que en general

tiene alto costo, o suplementar la climatización con energía eléctrica.



Por otro lado, el consumo energético en las ciudades es muy significativo, implicando dos tercios de la energía total consumida en el mundo. Dentro de ellas, los edificios son los que se hacen cargo del 50% de esa energía. En la Unión Europea por ejemplo, los edificios son responsables de más del 40% del consumo de energía total (Rodríguez Alvarez, 2016). Esto verifica el impacto que tienen las ciudades en relación al consumo de energía. En particular el sector residencial en Argentina en 2018 (último balance energético publicado) consumió el 25,8% (14,1 Mtep) del total de energía generada, el segundo mayor consumidor luego del sector transporte (31,7%). El 62,4% corresponde a gas distribuido, el 8,5% a gas licuado y el 27,08% a electricidad (Balance Energético Nacional, 2020). Y por otro lado, esta energía consumida deriva en un importante impacto con respecto a las emisiones de dióxido de carbono sobre el ambiente ya que el sector energético emite más del 60% del total de CO<sub>2</sub> del país, las cuales son las principales causantes del calentamiento global en nuestro planeta.

Como respuesta a esta situación diversos ejemplos nacionales e internacionales permiten definir medidas que mitigan los impactos negativos que nuestra ocupación en el territorio está provocando. En cuanto al sector de los edificios, las medidas abarcan la eficiencia energética y el reemplazo de energías fósiles por renovables (Gauzin Müller, 2002; Ruano, 1999). Sin embargo, la gran mayoría de los estudios y avances se refieren a la escala de los edificios individuales y no abordan la escala masiva que es la que podría proporcionar mayores reducciones del consumo energético y del impacto ambiental, debido a su complejidad. Asimismo, abordarla permitiría mejorar la calidad de vida de la población urbana.

### Modelos urbanos de abordaje del problema energético residencial

A nivel internacional se han desarrollado modelos que tienen por objetivo analizar la

performance energética de sectores urbanos y ciudades y permiten evaluar la aplicación de estrategias de intervención para mejorar las condiciones actuales, reducir el consumo de energía y el impacto ambiental.

En Li C. et al (2018) se demuestra a partir de un modelo urbano que la densidad edilicia del vecindario podría influir significativamente en el consumo de electricidad del hogar durante los meses de verano. Egusquiza et al (2018) desarrollan un modelo **ágil** que analiza el valor energético de áreas urbanas históricas, utilizando mapas urbanos para evaluar estrategias de eficiencia energética. El modelo establece un índice que relaciona el ahorro de energía con los costos de su realización. El trabajo de Li (2018) resulta de interés ya que se aboca a determinar, a través de técnicas de agrupamiento sobre imágenes satelitales, grupos de edificios representativos de la demanda de energía para calefacción y refrigeración. Se verifica su factibilidad a través de simulaciones detalladas de los edificios determinando un nivel de error de estimación muy bajo (entre 0,03 y 3%). Van der Hoeven y Wandl (2015) analizan la relación entre la isla de calor urbana y las necesidades de enfriamiento y calentamiento de los edificios en pos de mejorar el confort térmico de las personas, y advierten los riesgos futuros que sufrirían ciertos sectores de la ciudad si esto no es considerado.

Finalmente en Rodriguez Alvarez (2016) se realiza una síntesis de los modelos energéticos urbanos a escala mundial (*EEP- energy and environmental prediction model; LT model; Ursos; SunTool; Climate Lite; GDR-energy model; UMI- urban modeling interface*) para desarrollar uno específico que combina aspectos observados. En el trabajo se observa que en general la diversidad de modelos trabaja a partir de clasificaciones tipológicas de edificios, simulaciones térmicas estacionarias o dinámicas de los mismos (en algunos casos recurriendo a programas como el Energy Plus), e integración de la información a través de Sistemas de Información geográfica, para visualizar los impactos a nivel urbano. Asimismo recurren al procesamiento digital de imágenes y a modelos digitales de elevación para obtener información detallada de la geometría urbana. El modelo final desarrollado por el autor es el Urban Energy Building Index (UEBI), que se basa en algunos de los analizados (LT model y el Energy Index), y considera la influencia de la morfología en la performance energética de la ciudad, a través de simplificarla en un patrón regular que toma los promedios geométricos de la actual morfología. Establece parámetros de especificaciones de materiales y ocupación y no considera situaciones micro-climáticas.

El análisis de las diferentes investigaciones así como la síntesis de los modelos urbanos permiten concluir que: existe una necesidad de generar información muchas veces inexistente a nivel urbano para evaluar el impacto energético de la ciudad; es necesario encontrar metodologías de análisis que permitan generalizar resultados en distintas regiones; es fundamental simplificar variables para abordar la problemática; es necesario abordar a la densidad urbana ya que plantea problemáticas asociadas a la isla de calor y por consiguiente a la demanda de energía para calefacción y refrigeración; y es necesario desarrollar herramientas simplificadas que permitan evaluar el impacto del consumo energético urbano para poder establecer lineamientos y políticas de acción para revertirlo.

En función de los antecedentes, la presente investigación avanza en el desarrollo de

un modelo metodológico aplicable a ciudades intermedias, basado en el análisis de la ciudad de La Plata como caso de estudio, a partir de abordar las diferentes escalas de intervención: los edificios, los sectores urbanos y la ciudad. El objetivo es analizar y comparar el efecto de la demanda de energía del sector residencial en la escala edilicia, barrial y urbana, a partir de la construcción de indicadores urbano-edilicios que definen la potencialidad de la ciudad para recibir mejoras energético-ambientales. Se desarrolla un estudio regional que establece una metodología replicable en otras regiones con características similares. Se funda en la necesidad de evaluar las diferencias obtenidas al analizar los edificios individualmente, integrados a un sector urbano, o integrados a la ciudad para determinar cuáles son las escalas de intervención críticas.

## 2 | METODOLOGÍA

La metodología se desarrolla a partir de la definición de edificios y sectores urbanos representativos de la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina, la realización de simulaciones térmicas de los edificios y a partir de ellas, la definición de indicadores que luego son extrapolados al sector urbano y a la ciudad a partir de sistemas de información geográfica.

A los sectores urbanos representativos los denominamos mosaicos urbanos. Se trata de sectores reducidos cuyos componentes principales son las unidades de edificios asociadas a tipologías arquitectónicas conocidas, localizadas en parcelas, formando manzanas o cuadras. La disposición de estos componentes sobre el territorio conforma un tipo de mosaico característico, que determinará la compacidad urbana del sector. La figura 3 muestra dos sectores urbanos seleccionados para este análisis que representan a las áreas de consolidación baja (baja compacidad edilicia) y media (media compacidad edilicia) de la figura 2.

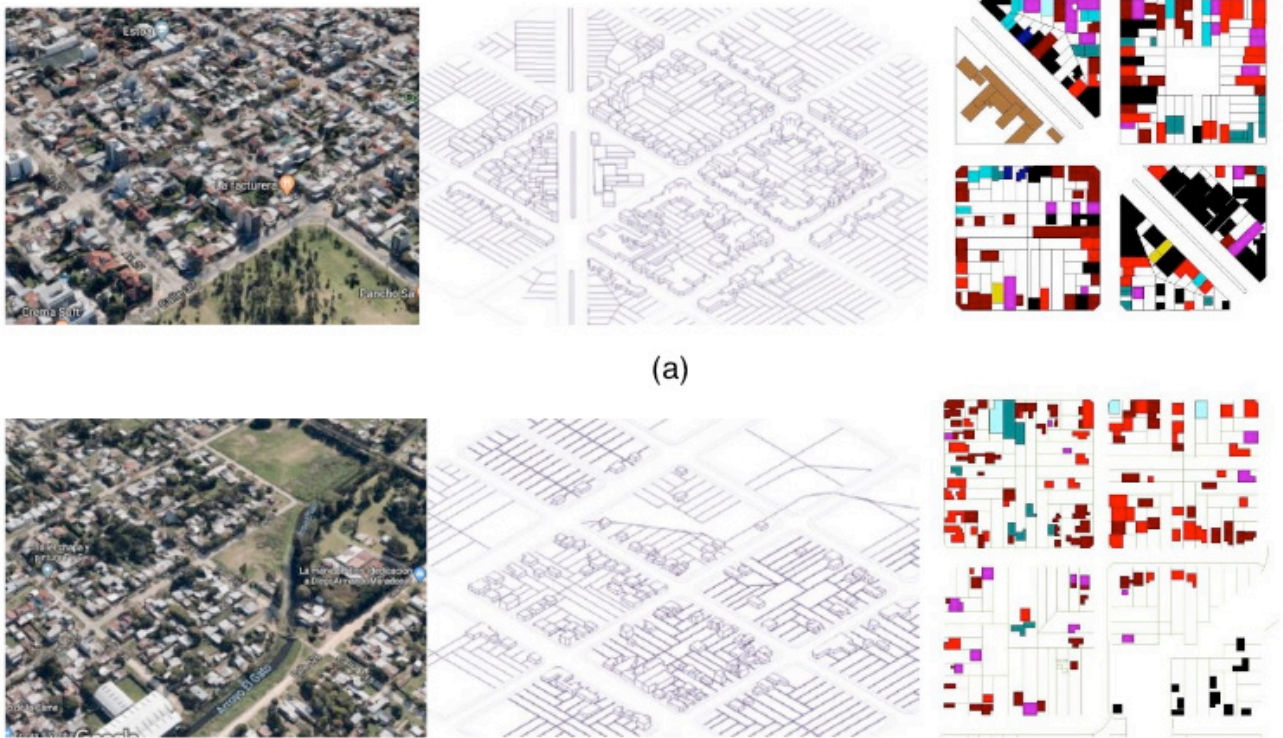


Fig. 2. Morfología simplificada de dos mosaicos objeto de estudio y la representatividad tipológica de cada unidad edilicia en el sector. (a) MU1 de media consolidación. (b) MU2 de baja consolidación.

El análisis de las unidades de edificios se desarrolla a partir de asociarlas a diferentes tipologías de vivienda, determinadas por relevamiento de campo y con análisis de imágenes urbanas (Viegas, 2014), detectando cuales son las tipologías predominantes y qué superficie construida total poseen.

En función de las características morfológicas de las unidades edilicias y de catálogos existentes (IAS-FIPE, 1987) las tipologías morfológicas básicas se clasifican y nomenclan como se explica en tabla 1, así como también sus variantes de acuerdo a las características constructivas de las cubiertas y la orientación en la manzana urbana.

Tipologías morfológicas básicas	Variantes constructivas de cubiertas	Variantes de orientación en la manzana
*Ti.1.viviendas compactas de un nivel *Ti.2.viviendas compactas de dos niveles *Ti.3.viviendas poco compactas 1 nivel	Ti.nº.a. Cubierta inclinada de chapa galvanizada con aislamiento térmico mínimo	Ti.nSO.Frente suroeste
		Ti.naSE.Frente sureste
		Ti.naNO.Frente noroeste
		Ti.naNE.Frente noreste
	Ti.nº.b. Cubierta plana de hormigón armado sin aislamiento térmico.	Ti.nbSO.Frente suroeste
		Ti.nbSE.Frente sureste
		Ti.nbNO.Frente noroeste
		Ti.nbNE.Frente noreste
	Ti.nº.c. Cubierta inclinada de tejas cerámicas con aislamiento térmico mínimo.	Ti.ncSO.Frente suroeste
		Ti.ncSE.Frente sureste
		Ti.ncNO.Frente noroeste
		Ti.ncNE.Frente noreste
T4. Edificio de uso público	Ti.4.a.Cubierta inclinada de chapa galvanizada con aislamiento térmico mínimo	Ti.4aSO.Frente suroeste
		Ti.4aSE.Frente sureste
		Ti.4aNO.Frente noroeste
		Ti.4aNE.Frente noreste
	Ti.4.b.Cubierta plana de hormigón armado sin aislamiento térmico.	Ti.4cSO.Frente suroeste
		Ti.4cSE.Frente sureste
		Ti.4cNO.Frente noroeste
		Ti.4cNE.Frente noreste

Tabela 1. Descripción de las unidades edilicias y sus variantes constructivas y de orientación.

Una vez definidas las tipologías básicas, se determina la composición tipológica de cada manzana como el porcentaje de cada grupo de edificios respecto del total en los dos mosaicos urbanos seleccionados (ver figura 2). Luego se realiza un análisis detallado de las tipologías morfológicas básicas que consiste en: relevamiento morfológico-constructivos y de usos; auditoría térmico-energética; elaboración de modelos de simulación térmica dinámicos; ajuste de modelos en función de la auditoría; desarrollo de variantes (constructivas y de orientación) en las tipologías básicas a partir de los modelos iniciales.

El programa de simulación térmica utilizado es el SIMEDIF para Windows, que permite ajustar los modelos con los datos térmicos medidos y evaluar el comportamiento térmico y energético frente a determinadas variaciones (climáticas, constructivas, de orientación) (Flores Larsen y Lesino, 2001). La modificación de los modelos de simulación básicos produjo como resultado 44 modelos totales que representan a los edificios relevados en los MU objeto de estudio. Sobre ellos se calculó la demanda de energía auxiliar diaria de cada local de los edificios para el día más crítico del invierno (21 de junio). Las simulaciones consideraron tanto las pérdidas de energía como las ganancias por asoleamiento. Las consideraciones de la simulación fueron: alcanzar una temperatura de base de 18°C en locales principales y 16°C en locales secundarios; simular bajo una T° min, media y máxima de 0°C; 8°C y 16°C, respectivamente; y exposición a una radiación solar horizontal media diaria de 6,02 MJ

A partir de la información obtenida de las simulaciones térmicas se calculan los indicadores en los diferentes niveles de integración, para entender el comportamiento de un

área urbana desde la unidad edilicia a la ciudad (Viegas, 2014). En el nivel de las unidades edilicias la unidad que permitirá la extrapolación de los indicadores es el área construida por cada tipología o el porcentaje relevado de cada tipología con respecto al total del área. En el nivel de mosaico urbano las unidades de extrapolación son el área total de manzana (hectáreas), y el número de viviendas por hectárea. A partir de estos indicadores, es posible extrapolarlos al nivel área homogénea de la ciudad utilizando los sistemas de información geográfica –SIG–.

Los indicadores calculados se han clasificado en tres grupos: los que caracterizan morfológica y constructivamente el área, los que definen su comportamiento energético, y los económico-ambientales como producto de los anteriores.

Los indicadores morfológico-constructivos permitirán definir el patrón en cuanto a forma edilicia y materialización de la envolvente de un mosaico específico. Se basan en la evaluación del coeficiente volumétrico  $G$  de pérdidas de calor (adimensional)<sup>1</sup> y de los coeficientes de transmitancia térmica  $U$  de la envolvente de techos y muros ( $W/m^2\text{°C}$ )<sup>2</sup>. Los mismos se evalúan en función del cumplimiento de normativas de acondicionamiento térmico de Argentina que son de carácter orientativo en la construcción privada (IRAM, 1996), pero que se han establecido como obligatorias en la provincia más poblada del país, Buenos Aires. La norma establece tres niveles, el “C” mínimo; el “B” medio; y el “A” recomendado. La normativa provincial mencionada exige el nivel B.

El indicador de comportamiento energético considera la demanda de energía para climatización invernal. Se calcula la demanda de energía diaria para el día más desfavorable del invierno y se lo multiplica por el número de días (90 días) para tener un indicador anual.

Los indicadores de comportamiento económico-ambiental son derivados de los anteriores. Se toman dos parámetros: las emisiones de  $CO_2$  por combustión de energía fósil y el costo de la energía diaria, y ambos consideran si el suministro de la energía es por gas natural o por gas licuado de petróleo. En consecuencia el factor de emisión de Gas natural es de  $1,91 \text{ kg } CO_2/m^3$ , mientras que para gas licuado (GLP) es de  $2,26 \text{ kg } CO_2/m^3$  equivalente<sup>3</sup>. En cuanto al costo de la energía se considera el costo del gas natural de la región establecido por el ente regulador del gas de Argentina a noviembre de 2019 (ENARGAS), para el gas natural es  $0,18\text{USD}^4/m^3$  (más 26% de impuestos, no se consideran los cargos fijos que son aproximadamente  $0,17 \text{ USD}$  diarios) y para el gas envasado es  $0,38 \text{ USD}/m^3$  equivalente.

---

1 La energía que pierde un local calefaccionado por unidad de volumen, unidad de tiempo y unidad de diferencia de temperatura, en régimen estacionario, que deberá suplir el sistema de calefacción para mantener constante la temperatura interna del local.

2 Medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas, cuando hay un gradiente térmico de  $1^\circ\text{C}$  ( $1 \text{ K}$ ) de temperatura entre los dos ambientes que éste separa.

3 El factor de emisión del gas envasado o GLP se calcula por  $\text{kg}$  de combustible, lo que significaría que el FE del GLP =  $2,894 \text{ kg } CO_2/\text{kg}$ . A efectos del cálculo se ha convertido a  $m^3$  equivalentes de GN.

4 Cotización moneda extranjera al 03/2020:  $1\text{USD}=63,42 \text{ \$Ar}$ .

### 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los principales resultados organizados en base al análisis morfológico constructivo; al análisis energético, y al análisis económico-ambiental.

#### 3.1 Análisis morfológico constructivo

La Tabla 2 muestra el análisis morfológico constructivo de las unidades edilicias relevadas en ambos sectores urbanos.

Unidad edilicia		G		U muros (W/m <sup>2</sup> °C)			U cubiertas (W/m <sup>2</sup> °C)				
		Calculado	Admisible	Calculado	Admisible			Calculado	Admisibles		
					A	B	C		A	B	C
Tipología 1	Ti 1a (chapa)	2,2	1,85	1,88	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
	Ti 1b (losa)	3,2	1,85	1,88	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
	Ti 1c (teja)	2,1	1,85	1,88	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
tipología 2	Ti 2 a (chapa)	2,3	1,95	1,24	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
	Ti 2 b (losa)	2,8	1,95	1,24	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
	Ti 2 c (teja)	2,3	1,95	1,24	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
tipología 3	Ti 3 a (chapa)	2,9	1,82	1,65	0,38	1	1,85	0,98	0,32	0,8	1
	Ti 3 b (losa)	3,5	1,82	1,65	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1
	Ti 3 c (teja)	2,9	1,82	1,65	0,38	1	1,85	0,8	0,32	0,8	1
tipología 4	Ti escuela 4 a (chapa)	1,5	1,29	1,24	0,38	1	1,85	0,9	0,32	0,8	1
	Ti escuela 4 b (losa)	2,1	1,29	1,24	0,38	1	1,85	3,82	0,32	0,8	1

*Nota: La unidad edilicia escolar (Ti escuela 4) solo tiene dos variantes constructivas debido a que el cerramiento de tejas no es habitual en estos edificios. Valores admisibles según norma nacional IRAM 11.605.*

Tabela 2. Indicadores morfológicos constructivos por unidad edilicia

Se puede observar que los valores de G calculados no alcanzan a los valores aceptados por las normativas nacionales. En cambio el análisis por cerramiento obtiene mejores resultados ya que para los muros, todas las tipologías alcanzan el nivel de exigencia mínima, mientras que para el caso de las cubiertas, las tipologías con cubierta inclinada de chapa y teja alcanzan el nivel mínimo y medio. Es importante destacar que las normas Argentinas de acondicionamiento térmico son más exigentes que las Brasileñas, 3,5 veces más en cuanto a los valores U admisibles para muros en invierno y 2 veces más en cuanto a las cubiertas y muros en verano (Reus Netto y Czajkowski, 2016).



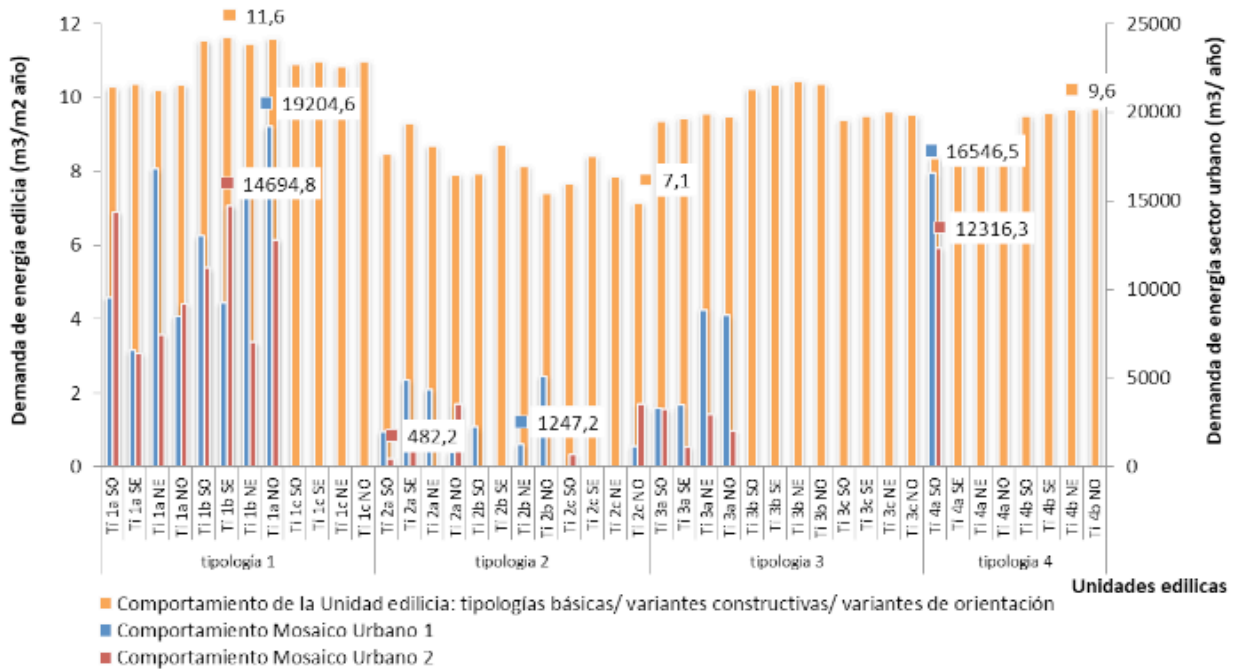
	MU1					MU2				
	Superficie edificada (m <sup>2</sup> )	Unidades edilicias que cumple G (%)	Unidades edilicias cumple U muro nivel C (%)	Unidades edilicias que cumple U cubiertas nivel C (%)	Unidades edilicias que cumple U cubiertas nivel B (%)	Unidades edilicias que cumple G (%)	Unidades edilicias cumple U muro nivel C (%)	Unidades edilicias que cumple U cubiertas nivel C (%)	Unidades edilicias que cumple U cubiertas nivel B (%)	Unidades edilicias que cumple G (%)
<b>TOTAL</b>	16.239,3	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>61,9</b>	<b>10</b>	11.336,5	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>65,8</b>	<b>11,8</b>

Tabla 2. Indicadores morfológicos constructivos integrados al mosaico urbano.

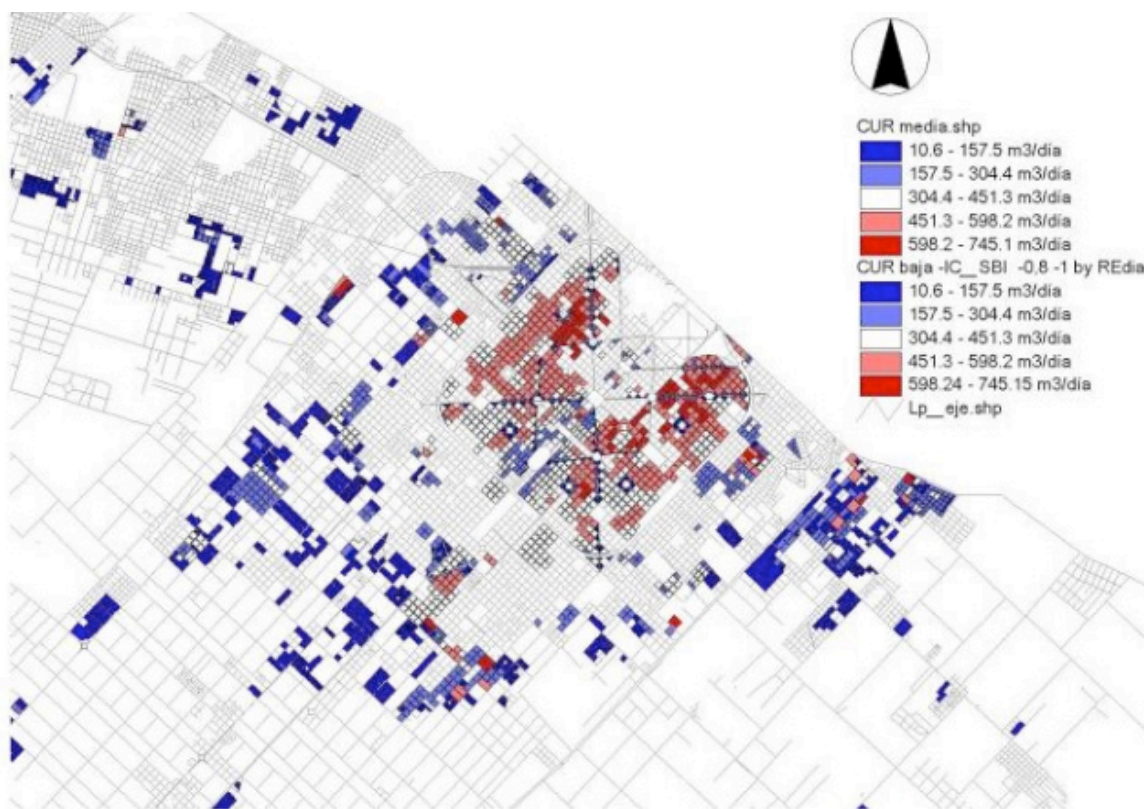
La Tabla 2 muestra el análisis morfológico constructivo en el sector urbano. Para este caso particular ninguna tipología cumplió con el G. Sin embargo se puede observar que el sector MU2 tiene una leve mejora en la calidad térmica respecto al MU1, de acuerdo al peso de cada tipología sobre el área. En general las calidades térmico-constructivas de ambos sectores son bajas, con leves diferencias, con lo cual la espacialización de este indicador en mapas urbanos no aporta mayor información al análisis desarrollado.

### 3.2 Análisis energético

La figura 3 resume la demanda energética de los 44 modelos en la escala edilicia, de mosaico y urbana.



(a)



(b)

Fig. 3. (a) Demanda de energía en la escala edilicia y de sector urbano. (b) Mapa de demanda de energía para climatización invernal diaria sobre áreas de la ciudad en (m<sup>3</sup>/día).

La demanda de energía mínima registrada es de 7,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup><sub>año</sub> que corresponde a las tipologías compactas de dos niveles, y la máxima es de 11,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup><sub>año</sub>, que corresponde a las compactas de un nivel, mientras que el promedio es de 9,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup><sub>año</sub>, correspondiente a las tipologías que son poco compactas en un nivel. Se observa un 60% más de consumo entre la

máxima y mínima demanda de energía, lo que demuestra que las tipologías poco compactas en un nivel tienen mayor superficie expuesta pero mejoran el asoleamiento para las distintas orientaciones de la manzana, mientras que las compactas de un nivel no aprovechan el recurso a pesar de tener menores pérdidas de energía por la envolvente. A su vez, la tipología 4, edificio de uso público (escuela) con mayor superficie construida y demanda energética, presentó una demanda en el rango del promedio de todas las tipologías, demostrando su buena respuesta al analizarla en comparación a la totalidad ( $9,6 \text{ m}^3/\text{m}^2_{\text{año}}$ ). En cuanto a las tipologías y sus variantes, se observó que las tipologías con cubiertas inclinadas de chapa galvanizada con aislamiento mínimo son las más eficientes, mientras que las variantes de orientación demostraron que las tipologías compactas que en general abren hacia la calle son más eficientes si su línea municipal se orienta al NE o NO, mientras que las tipologías poco compactas que se abren al patio privado son más eficientes si su línea municipal se orienta al SO.

Con respecto al análisis en la escala del sector urbano, integrando las demandas edilicias a cada mosaico podemos observar que algunas de las unidades edilicias (44 modelos) no se encuentran en los sectores de análisis. Las mayoritarias corresponden a las de demanda energética media y alta. Asimismo, en el sector MU1 las tipologías de mayor impacto son las compactas en un nivel orientadas al SO y la tipología 4 orientada al SO con las mayores demandas. Mientras que en el MU2 son todas las variantes de las tipologías compactas en un nivel y la tipología 4. En este caso se observan las diferencias con la escala edilicia, donde la ti.4 presentaba demandas energéticas medias.

Finalmente en la espacialización de los resultados en la ciudad se puede observar la distribución de los consumos a nivel urbano. El gráfico permite observar el consumo promedio por manzana, estableciéndose áreas que muestran un consumo promedio entre 598,2 y 745,1  $\text{m}^3/\text{día}$ , lo que significa un consumo total máximo en invierno de 67.063,5  $\text{m}^3$  ( $745,1 \text{ m}^3/\text{día} \times 90$  días del invierno) por manzana urbana, en contraposición con áreas de menor consumo con 10,6 y 157,5  $\text{m}^3$  por día, o sea un consumo total invernal de 14.175  $\text{m}^3$  por manzana. Este resultado permite indicar manzanas propicias donde desarrollar intervenciones de reciclado edilicio masivo.

### 3.3 Análisis económico ambiental

La figura 4 muestra los resultados de las emisiones de dióxido de carbono y el costo de la energía demandada a nivel edilicio. La figura 5 lo muestra a nivel urbano.

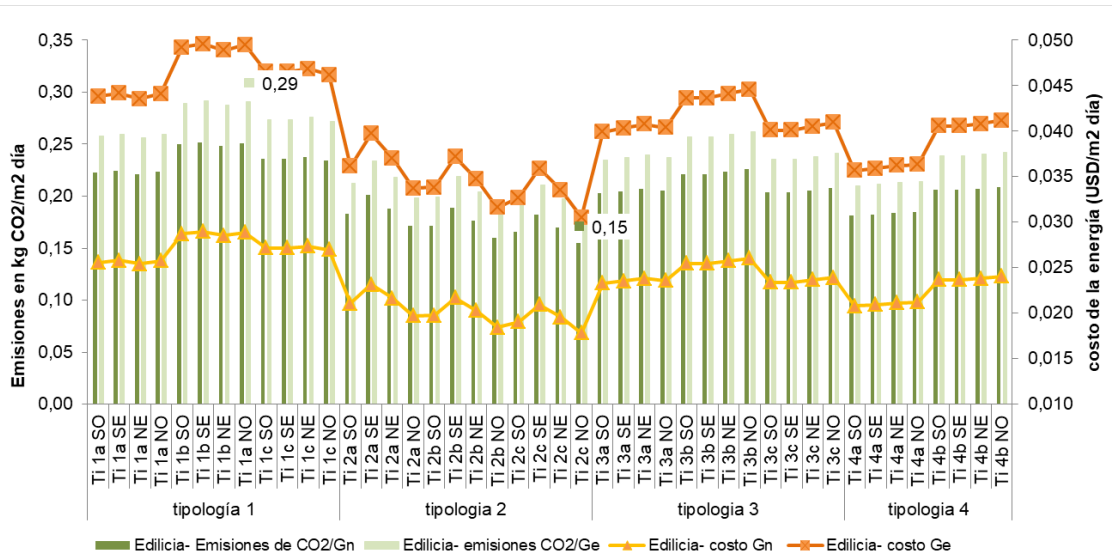


Fig. 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> y costo de la energía calculados para la demanda abastecida con Gas natural o gas envasado por unidad edilicia.

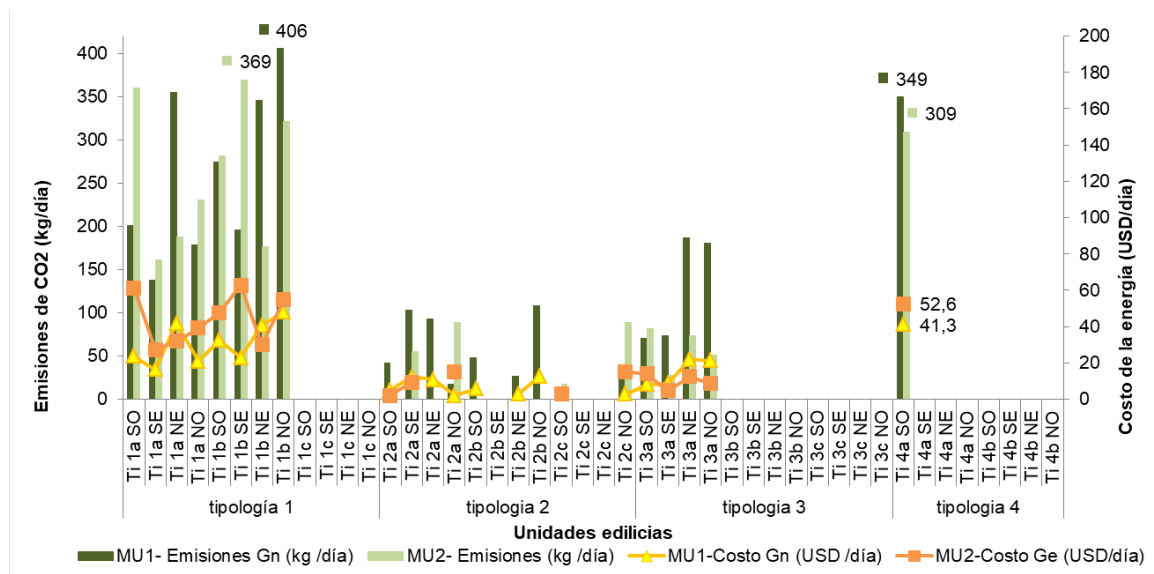


Fig. 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> y costo de la energía calculados para la demanda abastecida con Gas natural o gas envasado para los sectores urbanos.

	MU1				MU2			
	Req. E (m <sup>3</sup> / día)	Req. E (TEP/ día)	Em. CO <sub>2</sub> Gn (kg/ día)	Costo Gn (USD/ día)	Req. E (m <sup>3</sup> / día)	Req. E (TEP/ día)	Em. CO <sub>2</sub> Ge (kg / día)	Costo GLP (USD/ día)
<b>Total</b>	1.796,8	1,7	<b>3.413,9</b>	<b>403,3</b>	1.279,8	1,2	<b>2.892,4</b>	<b>484,3</b>

Tabla 3. Resumen de la demanda de energía, emisiones de CO<sub>2</sub> y costo de la energía para la escala de sector urbano.

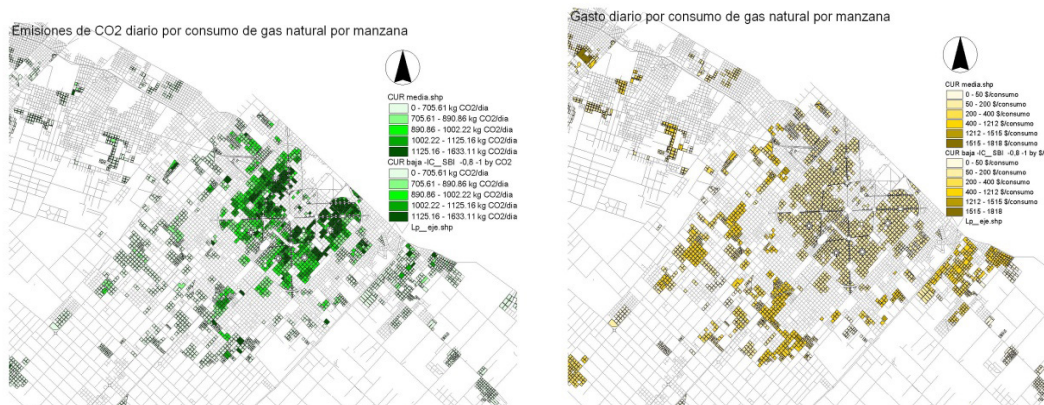


Fig. 6. Mapas de emisiones de CO<sub>2</sub>/día y costo de la energía con gas por red o gas envasado para la ciudad.

En la escala edilicia (fig. 4) el orden de las emisiones diarias por m<sup>2</sup> construido es de 0,15 y 0,29kg diarios. Se observa que los costos del gas envasado superan ampliamente a los del gas natural. En la escala del sector urbano (figura 5 y tabla 3) se observan valores de más de 400 kg al año. Se observa que se emiten aproximadamente 3,5 t CO<sub>2</sub>/ día de en el MU1 y aproximadamente 2,8 t CO<sub>2</sub>/ día en el MU2. Pero por otro lado los costos de la energía son invertidos, mientras el MU1 gasta más de 400 USD/día, el MU2 gasta 480 USD/día. En la actualidad en Argentina, el costo del gas por red se está equiparando con el costo del gas envasado.

La figura 6 muestra dos mapas que permiten visualizar la inversión de las emisiones de CO<sub>2</sub> y los costos de la energía. Mientras que la zona más concentrada de la ciudad (media consolidación) emite grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, tiene los menores costos de la energía que la baja consolidación.

Se observa el contraste entre una significativa diferencia de emisiones netas por manzanas producidas en las zonas de mayor densidad edilicia –entre 890 y 1633 kg diarios por manzana- con las de las emisiones producidas por las zonas de menor densidad edilicia –menores a 891 kg diarios por manzana-. Y por otro lado, en contraposición, se observa que el gasto económico que deben afrontar las zonas que aportan menores emisiones al ambiente, es mayor a menor demanda de energía.

Como se puede observar, los resultados demuestran el significativo impacto energético y ambiental que tiene el área de consolidación media sobre el área de consolidación baja. Pero en contraposición, debido a la falta de abastecimiento de gas natural que tienen las

áreas de consolidación baja seleccionadas, el impacto económico que tienen las mismas es significativamente mayor a las áreas de consolidación media. Este tipo de evaluaciones permitiría formular planes y acciones para el mejoramiento del hábitat residencial de dichas áreas.

## 4 | CONCLUSIONES

Los desarrollos en las diferentes escalas de análisis, tuvieron como objetivo interpretar el impacto energético, económico y ambiental de ciertas áreas urbanas homogéneas seleccionadas para este estudio, abordándolas como integración de la información edilicia al área urbana mayor. En función de ello, permitieron localizar en el territorio, diferentes grados de impacto, con lo cual establecer áreas a intervenir para un mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Con respecto a las emisiones de dióxido de carbono, si bien no se considera que nuestra región sea una gran productora de estos gases, es importante destacar que sus emisiones están acrecentándose, llegando hoy a una emisión de 10 t/ habitante. Es importante su cuantificación a nivel local si pensamos en la perspectiva del aporte a su reducción que es posible realizar.

Con respecto a los costos de energía, hasta el 1 de abril del año 2016, los mismos eran subvencionados por el Estado Nacional en una política pública que consideró el acceso a los servicios básicos como un derecho de toda la población. En los años posteriores cambió el gobierno local y estas políticas se invirtieron, tomándose como medida el aumento de los costos de la unidad de energía, tanto para el gas envasado como para el gas natural por red. El promedio del m<sup>3</sup> de gas natural aumento 8 veces en los últimos cuatro años, mientras que el gas licuado de petróleo aumentó más de 12 veces respecto al año 2016. Esta condición refuerza la necesidad de desarrollar estudios que cuantifiquen dichos impactos para tender a mejorar la calidad de vida de la población más vulnerable.

En cuanto a los resultados obtenidos de esta investigación podemos determinar que:

- El análisis morfológico-constructivo, demostró que las tipologías edilicias en general no alcanzan niveles térmicos admisibles respecto al coeficiente volumétrico de pérdidas de calor y la calidad de la envolvente edilicia. Cuando se realiza el análisis sobre el sector urbano, se demuestra que ambos sectores presentan similares falencias de calidad de envolvente, las cuales establecerían a nivel de la ciudad un mapa de baja calidad térmica del área de estudio. Este resultado permitiría a los organismos de planificación energética apuntar a determinar sectores propicios donde otorgar incentivos económicos para mejorar la envolvente edilicia a partir de pautas de reciclado masivo.
- El análisis energético permitió concluir que ciertas tipologías de vivienda como las compactas en dos niveles presentan muy buena respuesta energética, así como las poco compactas en un nivel, en el primer caso por la menor pérdida de energía y en el segundo caso por la mayor ganancia solar. En cuanto a la integración de esta información en el sector urbano, se observa que por su amplia representatividad en el territorio, las

tipologías compactas en un nivel siguen siendo las de mayor impacto energético, así como la tipología de edificio público (ti.4) por su elevada superficie construida. Esto significa que en la escala edilicia y en la escala del sector urbano, se destaca la necesidad de trabajar sobre estas tipologías para reducir la demanda de energía. A nivel urbano se pueden determinar las manzanas propicias para desarrollar las mejoras por visualización de mapas urbanos.

- En cuanto al análisis económico-ambiental los impactos muestran grandes emisiones de CO<sub>2</sub> diarias, con mayoría en el sector de consolidación media, mientras que el costo derivado de la demanda de energía es mayor en los sectores de baja consolidación.

En función de estos resultados, las medidas de acción pueden ser delineadas estableciendo prioridades. Por ejemplo: i. propiciar una reducción en el gasto de los hogares más vulnerables buscando mayor impacto social; ii. reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre las áreas más afectadas por otras patologías urbanas nocivas buscando reducir el impacto ambiental; modificar las edificaciones para mejorar la habitabilidad de toda la población del área. En este sentido la representación gráfica facilita la comprensión de los resultados.

En síntesis, esta metodología, desarrollada como un continuo de escalas de análisis, demuestra que la problemática urbana debe ser abordada desde la unidad edilicia, el mosaico urbano hasta llegar a la ciudad, debido a que cada una de ellas permite formular diferente tipo y grado de información y delinear diferentes conclusiones.

## REFERENCIAS

Balance Energético Nacional –BEN-. Versión del año 2018. En (<http://datos.minem.gob.ar/dataset/balances-energeticos/archivo/56d81a40-aef3-4558-a875-f0b501fe8d95>, acceso 04/03/2020). 2020.

DIPUTACIÓN DE BARCELONA. **Sistema municipal de indicadores de sostenibilidad**. 2000.

EDWARDS B. **Guía básica de la sostenibilidad**. Segunda Edición revisada y ampliada. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SL. 2005.

EGUSQUIZA A., PRIETO I., IZKARA J. L., BÉJAR R. Multi-scale urban data models for early-stage suitability assessment of energy conservation measures in historic urban areas. **Energy & Buildings**, 164, 87–98. 2018.

FLORES LARSEN S. Y LESINO G. SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, 4 (2), 8.53-8.58. 2000.

HASSE J., LATHROP R. Land resource impact indicators of urban sprawl. **Applied Geography**, 23, 159–175. 2003.

IAS-FIPE. **Audibaires, plan piloto de evaluación energética en Capital Federal y Gran Buenos Aires**. Informa final parte 2. 1987.

INSTITUTO CERDA, Dirección General de la Vivienda, la arquitectura y el urbanismo, IDEA, Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones. **Guía de la edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación**. Madrid y Barcelona, España. 1999.

KOSAK D., ROMANELLO. **Sustentabilidad en Arquitectura 2. Criterios y normativas para la promoción de sustentabilidad urbana en la CABA.** CABA, Argentina: Ediciones CPAU. 2012.

LI C., SONG Y., KAZA N. Urban form and household electricity consumption: A multilevel study. **Energy & Buildings**, 158, 181–193. 2018.

LI X., YAO R., LIU M., COSTANZO V., YU W., WANG W., SHORT A., LI B. Developing urban residential reference buildings using clustering analysis of satellite images. **Energy & Buildings**, 169, 417–429. 2018.

MESA N. A., DE ROSA C. Estudio de los patrones de apropiación del suelo urbano por la expansión de las áreas residenciales. Análisis del área metropolitana de Mendoza. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, 9. 2005.

POELMANS L., ROMPAEY A. Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: A case study in the Flanders–Brussels region. **Landscape and Urban Planning**, 93, 10–19. 2009.

RODRIGUEZ ALVAREZ J. Urban Energy Index for Buildings (UEIB): A new method to evaluate the effect of urban form on buildings' energy demand. **Landscape and Urban Planning**, 148, 170–187. 2016.

RUANO M. **Ecourbanismo, entornos humanos sostenibles: 60 proyectos.** Barcelona, España: Editorial GG. 2º Edición, 5º tirada. 2007.

RUEDA S. **La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa.** En (<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a009.html>, consultado el 2/02/09). 1997.

VAN DER HOEVEN F., WANDL A. Amsterwarm: Mapping the landuse, health and energy-efficiency implications of the Amsterdam urban heat island. **Building Service Engineering Research Technology**, 36 (1), 67–88. 2015.

VIEGAS G. **Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio.** - 1a ed. - City Bell: el autor. E-Book. 2014.

IRAM. Norma 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 1996.

REUS NETTO G. y CZAJKOWSKI J. D. Comparación entre las normas de desempeño térmico edilicio de Argentina y Brasil. **Ambiente construido**, 16 (1), 105-122. 2016.



## UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES DE ÁGUA E ÓLEO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 23/06/2020

### **Neemias Eloy Choté**

Graduando em Engenharia Civil pelo  
Centro Universitário Augusto Motta  
(UNISUAM), RJ, BRASIL  
Eloyneemias@gmail.com

### **Luciana Carreiras Norte**

Doutorado Acadêmico em Biotecnologia pelo  
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e  
Tecnologia, RJ, BRASIL  
Docente, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
Luciana.carreiras@gmail.com

### **José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves**

Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola  
e Ambiental pela  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
RJ, BRASIL  
Docente, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
Joserobertoverde@gmail.com

### **Fabiano Battemarco da Silva Martins**

Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola  
e Ambiental pela  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
RJ, BRASIL  
Docente, UNIGAMA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
fabianobattemarco@gmail.com

uma análise da utilização dos Sistemas Separadores de Água e Óleo (SSAO) em empreendimentos da área petrolífera, como oficinas de automóveis e postos de combustíveis e também nas obras de construção civil. Nele é ensinado como construir o SSAO, a realizar a manutenção do sistema, e também traz a informação sobre como reutilizar a água separada pelo SSAO e como realizar o descarte do óleo retido no SSAO.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Separador de Água e Óleo. Lava-Rodas. Diesel.

### USE OF WATER AND OIL SEPARATOR SYSTEMS IN CIVIL CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** In the present study, was made an analysis of the use of Water and Oil Separator Systems (SSAO) in oil sector enterprises, such as auto repair shops and gas stations and also in civil works. It teaches how to build SSAO, to perform system maintenance, and also provides information on how to reuse water separated by SSAO and how to dispose of oil trapped in SSAO.

**KEYWORDS:** Water and Oil Separator System. Wheel-washer. Diesel.

**RESUMO:** No presente estudo foi realizada

## INTRODUÇÃO

Há algum tempo, no Brasil e em todos os outros países, fala-se bastante sobre preservação ambiental, e sobre ser um dever de todo ser humano cuidar do ambiente, o seu local de habitação. Existem algumas formas de zelar pelo planeta e garantir, assim, uma possibilidade de melhor qualidade de vida. Para a preservação, conservação e redução do consumo dos recursos naturais oferecidos pelo planeta, é de fundamental importância a reciclagem de resíduos, uma vez que a reutilização destes recursos torna-se necessária para a sobrevivência da atual e das futuras gerações, pois os atuais habitantes do planeta podem não estar mais vivos dentro de algumas décadas, porém, certamente, haverá outras pessoas que serão atingidas pela forma com que os seus antepassados trataram o ambiente. Por isso é importante cuidar do meio ambiente.

Visando encontrar soluções eficientes para minimizar as agressões ao ambiente, a construção civil, que é um ramo de atividade tecnológica que consome bastante recursos naturais, mostra grande potencial de aproveitar resíduos sólidos em materiais de construção. Desta forma, torna-se viável a possibilidade de destinar, corretamente, estes resíduos para locais ambientalmente apropriados para os receberem caso não acontecesse isto, acarretaria em poluição das águas, do ar ou do solo (LUCAS *et al.*, 2008).

Destarte, a indústria da construção civil torna-se uma das protagonistas no papel de receptora de resíduos sólidos, quanto à sua disposição final. Um bom exemplo para este caso é o fato destes resíduos, quando transformados em matrizes cerâmicas e cimentícias, serem reaproveitadas como materiais de construção, deixando de serem possíveis poluidores. Estes resíduos, após serem convertidos em matrizes cerâmicas e cimentícias, podem ser utilizados na confecção de argamassa, por exemplo (LUCAS *et al.*, 2008).

Com o crescimento das atividades industriais, o resultado é uma vasta quantidade de resíduos, gerados por conta da confecção de seus produtos, como os metais, que são gerados nas indústrias metalúrgicas. Então, a empresa é responsável por destinar corretamente estes resíduos, o que implica na implantação de um gerenciamento destes resíduos.

Bom para as empresas será encontrar soluções, através do conhecimento dos seus colaboradores e da utilização de tecnologias que possam diminuir os impactos causados por estes resíduos e, assim, reduzir o custo financeiro das suas atividades, pois atinge a meta de reduzir os impactos ambientais que ela mesma causa sem realizar gastos extras.

O reuso e a reciclagem de resíduos, em países em desenvolvimento, são muito bem avaliados, pois maximizam a chance de redução de custos e minimizam o impacto ambiental (LUCAS *et al.*, 2008).

O presente artigo visa analisar os resultados da utilização de Sistemas Separadores de Água e Óleo (SSAO) em empreendimentos que trabalhem com contato direto com este tipo de mistura, tais como postos de combustíveis (KERBER, 2013), petrolíferas (ARAUJO *et al.*, 2013) e aeroportos (CARVALHO *et al.*, 2019), para verificar se esta técnica de utilizar o SSAO é aplicável para a construção civil.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A água tem vital importância não somente para a vida, como também para a construção civil. Conhecida mundialmente como solvente universal, a água tem papel decisivo na preparação do concreto, pois é necessário, em média, de 160 a 200 litros de água para a fabricação de um metro cúbico de concreto, e, para compactar um metro cúbico de aterro, utiliza-se até 300 litros de água (SILVA *et al.*, 2014). Quando misturada ao óleo, se ingerida, pode causar danos graves à saúde de quem a ingeriu.

As misturas equivalem a ajustes entre duas ou mais substâncias, sem haver reação química. As características das substâncias em mistura são preservadas, sem que hajam alterações. Estas são catalogadas em mistura heterogênea, mistura homogênea e mistura coloidal (BROWN *et al.*, 1997). Misturas homogêneas são as que apresentam um aspecto uniforme em seu estado final, sem que haja a possibilidade de distinguir seus componentes; as heterogêneas, por sua vez, evidenciam diferenças nas características das substâncias, porém as coloidais são aquelas onde não se pode distinguir, a olho nu, seus componentes, porém, com instrumentos de ampliação, como microscópio, torna-se possível enxergá-los.

As misturas de água e óleo encontradas nos efluentes oleosos são classificadas em cinco categorias:

**a) óleo livre:** são gotículas de óleo, que apresentam um diâmetro maior ou igual a 20  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}\text{m}$ ). Estas gotículas podem flutuar por conta de terem peso específico menor que o peso específico da água e por, também, não possuírem quase nenhuma água associadas em si;

**b) óleo fisicamente emulsionado:** é a emulsão que se forma por meio de gotículas oleosas com diâmetro que varia de 5 a 20  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}\text{m}$ ). Sendo assim, o óleo que foi despejado na água fica estável. Existem as emulsões mecânicas, que consistem em agitação por bombeamento, por abertura e fechamento de valvular ou por outros impedimentos ao fluxo. Podem ser causadas, também, pelas chuvas ou jateamento de água na câmara de separação do SSAO, diretamente;

**c) óleo quimicamente emulsificado:** ocorre quando gotículas de óleo, de diâmetros menores que 5  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}\text{m}$ ) realizam emulsões. Geralmente, acontecem pelo uso de solventes, desengraxantes, detergentes e produtos afins;

**d) óleo dissolvido:** gotículas de óleo que solubilizam-se na água e têm diâmetros menores que 0,01  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}\text{m}$ );

**e) óleo adsorvido em partículas sólidas:** é óleo que se junta ao material particulado e solidifica, graças à ação da força gravitacional. Nos SSAO, remove-se este tipo de óleo como borra oleosa. Borrás oleosas são borras produzidas pela indústria petrolífera em suas diversas operações (SAWAMURA *et al.*, 1999).

O SSAO é um mecanismo aplicável para que se remova o óleo em seu estado livre. Devido a diferença entre as densidades da água e do óleo, sua performance consiste na separação da fase aquosa da fase oleosa (SECRON *et al.*, 2006). A densidade da água é de **1 g/cm<sup>3</sup>** e do óleo 0,9 g/cm<sup>3</sup>.

A Resolução CONAMA n° 430/2011 é a legislação que define os padrões ambientais que são permitidos para os efluentes oleosos sejam lançados. Anteriormente, legislação que estabelecia estes padrões era a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2011).

A Resolução CONAMA n° 430/2011 não define todos os parâmetros de lançamento de efluentes. Ela entende que Estados e Municípios devem definir parâmetros de lançamento próprios, estando estes inclusos na Resolução ou não. Seja pelo licenciamento da atividade ou baseado em norma específica. Esta Resolução prevê, também, a avaliação da capacidade de suporte do corpo hídrico para empreendimentos com impacto significativo também e entende que ela deve ser aplicada pelos Estados e Municípios pensando em licenciamento (BRASIL, 2011).

Este sistema, o SSAO, equivale-se a uma câmara de sedimentação, onde fica acumulada a borra oleosa, e, em sequência, uma ou mais câmaras munidas de dispositivos para regular o fluxo, para que o escoamento esteja sempre em condições de controle, fora os dispositivos para coleta do óleo retido. O efluente oleoso transcorre através das câmaras, que é onde acontece a separação, a remoção de possíveis sólidos e, também, do óleo livre da fase líquida. As gotículas de óleo aglutinam-se, formando gotas maiores que as anteriores, e assomam à superfície, ao passo que os sólidos e o óleo adsorvido acumulam-se e vão para o fundo. O óleo livre e os sólidos sedimentados são retirados no processo de limpeza do sistema (SECRON *et al.*, 2006).

Este mesmo sistema pode ser aplicado em diferentes áreas, como o setor automotivo. Em relação as atividades automotivas, compõe-se o sistema, em linhas gerais, pelas seguintes etapas:

#### **I - Caixa retentora de areia**

A função da caixa retentora de areia é segurar os materiais sedimentáveis, como a areia e o lodo, e os sólidos, procedentes dos chassis, lavagem de piso e rodas dos veículos, que são comandados pela água. As dimensões desta caixa devem proporcionar velocidade baixa de fluxo, que produzam a destituição de agregados miúdos, como a areia, de outras partículas no fundo da caixa

#### **II - Caixa separadora de óleo**

Suas funções são reduzir a velocidade do fluxo e reter, do óleo livre, a maior parte, originária da área de geração de efluentes, além de fragmentos de óleo emulsionado, em especial, as emulsões instáveis. Ocorre o dreno do efluente final para a segunda caixa separadora através da gravidade.

#### **III - Caixa coletora de óleo**

É o local que recebe o óleo que sai da caixa separadora. O esvaziamento da caixa coletora, realizado periodicamente, permite que ocorra um funcionamento correto. Deve-se encaminhar para a reciclagem este óleo.

#### **IV - Caixa de inspeção**

A remoção do óleo tem sua eficiência verificada na caixa de inspeção (Figura 1). Após isto, poderá ser encaminhado ao sistema de drenagem urbana. A declividade mínima do

fundo da caixa de inspeção deve ser de 1% ( ) e ela deve ter, semelhantemente, enchimento de concreto, possibilitando, assim, um escoamento veloz e evitar a formação de depósito (LEPPA *et al.*, 2015).

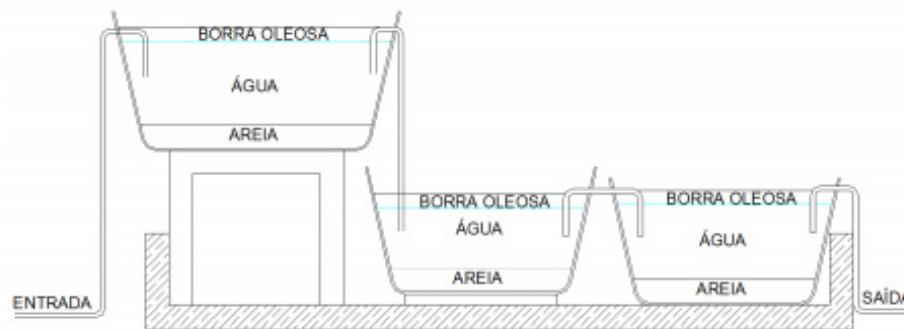


Figura 1: Croqui esquemático do SSAO (LEPPA *et al.*, 2015)

As caixas de areia e de inspeção devem ter, no máximo, 20 m de distância uma da outra. A declividade mínima para as tubulações de ligação é de 3% (3 cm por metro). Se forem construídas por alvenaria, as paredes das caixas devem ter espessura mínima de 20 cm e dimensão mínima de 60 cm, de acordo com Leppa *et al.* (2015), com revestimento de argamassa de cimento e fundo em concreto.

Recomenda-se que, após a construção da caixa separadora (Figura 2), ela seja cheia com água limpa para verificar se há rompimentos, vazamentos e, também, para garantir que, acontecendo chegada da água oleosa, não seja o óleo carregado direto para a caixa de inspeção, ou seja, verificar se está havendo, realmente, a separação da água e do óleo (LEPPA *et al.*, 2015).

É obrigatório que os órgãos ambientais dos municípios realizem visitas técnicas, periodicamente, aos estabelecimentos com SSAO para que os possam avaliar, para que saibam, claramente, qual é a realidade existente nestes empreendimentos.

Os óleos retirados do SSAO devem ser destinados para empresas que realizem refino. O refino de óleo consiste em uma atividade onde os óleos já usados passam pela destilação de contaminantes dos produtos degradáveis e aditivos, um processo industrial. E no fim do processo, o produto obtido apresenta as mesmas características do óleo lubrificante básico (Agência Nacional de Petróleo - ANP, 1999).

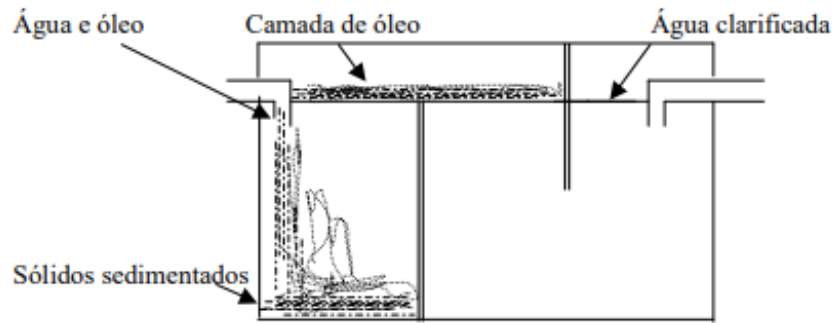


Figura 2 - Separações das fases ocorridas em um SSAO (FEEMA/COPPETEC, 2003)

Para que o óleo não se arraste ou as emulsões que já coalesceram sejam destruídas, é necessário que a separação aconteça em um regime hidráulico que não seja turbulento, isto é, em um escoamento lento. A lei de Stokes comprova a taxa de separação. Há alguns fatores que influenciam na taxa de separação, e os principais são:

- A densidade do óleo;
- O tamanho da gota de óleo;
- Vazão;
- Turbulência;
- Temperatura do óleo;
- Tamanho das partículas de óleo ou contaminantes.

$$V_t = \frac{2gr^2(\rho_1 - \rho_2)}{9\mu}$$

Onde,

**V<sub>t</sub>** = velocidade de solidificação da partícula ( $\frac{cm}{s}$ );

**g** = aceleração da gravidade ( $\frac{cm}{s^2}$ );

**r** = raio da partícula – (cm);

**ρ<sub>1</sub>** = densidade da partícula ( $\frac{g}{cm^3}$ );

**ρ<sub>2</sub>** = densidade do meio ( $\frac{g}{cm^3}$ );

**μ** = viscosidade absoluta do meio ( $\frac{s}{cm^2}$ ). (FEEMA/COPPETEC, 2003)

No estado do Rio de Janeiro, o modelo FEEMA é muito utilizado, e é até citado como referência a seguir nas atividades automotivas, através de diplomas legais. A legislação municipal da cidade do Rio de Janeiro, através da Lei Municipal 2.482 de 04/10/96, adota este sistema como referência para as atividades automotivas (BOHN, 2014).

A função do SSAO é fazer separação dos produtos imisturáveis da água (ABNT, 2014),

para, após isto, ocorrer a destinação correta.

## METODOLOGIA

O presente trabalho teve seu desenvolvimento realizado através de pesquisas científicas que tomaram outros artigos científicos, monografias, dissertações e normas como base, a fim de que se desse validade legal para abordar o assunto em questão. Estas pesquisas foram realizadas durante os meses de julho e novembro de 2019. O processo de coleta dos dados que foram encontrados nestes arquivos e, após isto, a análise dos mesmos para ter ciência se eram coerentes entre si, foi realizado através de buscas *online*.

## DESENVOLVIMENTO

Conforme já fora mencionado no referencial teórico, a água é conhecida por todo o mundo como o solvente universal. Sabe-se, também, que sem água, os seres humanos, os animais e as plantas existentes não sobreviveriam, pois todos carecem dela, que é o recurso natural mais precioso existente.

Para que a água seja consumida, é necessário que a mesma seja tratada e esteja na condição de água potável, pois, caso não esteja nesta condição, existe o risco de se contrair alguma doença que possa estar homogeneizada na água não-tratada. Um exemplo de água não-tratada são as águas pluviais, que são ácidas e fazem mal ao organismo humano. Esta homogeneização, conhecida também como mistura, pode acontecer devido a derramamentos de compostos químicos na água, e, dependendo do local do derramamento, pode-se afetar uma grande parcela populacional, como aconteceu o derramamento de hidrocarboneto no litoral do nordeste brasileiro no fim de agosto de 2019. Os locais onde realiza-se o tratamento de água são chamados de Estações de Tratamento. Nestes locais, é possível perceber a diferença da forma que a água chega para a forma que sai.

O derramamento no nordeste brasileiro aconteceu nas praias, mas existem duas outras grandes oportunidades de derramamentos de hidrocarbonetos, que são o tráfego de automóveis em vias urbanas e de aeronaves em zonas aeroportuárias. As águas advindas de um escoamento em áreas pavimentadas como rodovias e aeroportos contêm, em si, alta quantidade de óleos e graxas (CARVALHO *et al.*, 2019). É por este motivo que se tem implantado os Sistemas Separadores de Água e Óleo em aeroportos, pois os mesmos retêm estas misturas com o intuito de remanejar o óleo e a água para seus devidos locais.

Esta separação se dá da seguinte maneira: a água produzida (AP) é originada através da produção de petróleo e gás, durante a etapa de separação que estes fluidos passam (processamento primário) a fim de serem transformados em produtos comerciais.

A manutenção da AP de petróleo é um entrave que as empresas petrolíferas têm de resolver, e, geralmente, elas adotam o descarte, injeção e reuso como alternativas para destinação final das APs. Sempre é necessário tratá-la, para evitar danos ao meio ambiente e, também, para permitir que haja o seu reuso. O tratamento tem a remoção de óleo como

um de seus objetivos, e este óleo pode estar presente na água de três formas: livre, em emulsão ou emulsionada e dissolvido. Destas três, a forma emulsionada é a que mais traz preocupação, devido à dificuldade elevada para sua remoção.

Emulsões são caracterizadas por misturas homogêneas, consistidas em uma fase dispersa, finamente dividida e semelhantemente distribuída em uma fase contínua. Para o caso da emulsão de óleo-em-água (O/A), gotículas de óleo finamente divididas estão igualmente dispersas em água.

Fatores como legislação, disponibilidade de equipamentos e infraestrutura, viabilidade técnica e localização da base de produção podem afetar na escolha da alternativa a ser utilizada para o tratamento da AP. Para descartá-la, deverá ser realizada consulta à legislação. No Brasil, para plataformas marítimas, o descarte deve atender à Resolução Conama n°393 (BRASIL, 2007).

Como já mencionado, a injeção da AP em reservatórios subterrâneos de água, os armazenamentos geológicos, são outra possibilidade de descarte da AP. E, no Brasil, a Resolução CONAMA n° 396 (BRASIL, 2008) é quem designa os passos para esta prática. Ela trata da classificação das águas subterrâneas. Em termos internacionais, os limites máximos de óleos e graxas totais estabelecidos pelos padrões para descarte da AP no mar estão entre 15 mg.L<sup>-1</sup> (Venezuela e Argentina) e 50 mg.L<sup>-1</sup> (Nigéria, Angola, Camarões e Costa do Marfim). Destacam-se, ainda Malásia, países do Oriente Médio, Austrália e países do Mar do Norte, todos com limite de 30 mg.L<sup>-1</sup>, e Estados Unidos, com 29 mg.L<sup>-1</sup>.

Ainda há a opção de reuso como destino da AP. Para o reuso, no Brasil, está a Resolução CNRH n° 54 (BRASIL, 2006). Ela define as modalidades de reuso de água não potável, além de fornecer subsídios para esta prática. A Resolução não menciona sobre reuso indireto, somente reuso direto. Uma forma de reuso indireto é a recarga de aquíferos, que significa despejar água em certo ponto do aquífero e retirá-la em outro ponto, buscando tirar vantagem da filtração que o solo realiza, para remover determinados contaminantes.

A AP traz riscos para a saúde humana e de animais que estão em contato com a água, porém existem casos, destinados à outros usos, como dessedentação de animais (pecuária e animais silvestres), aquicultura e irrigação de sementes (ARAUJO *et al.*, 2013).

Justamente por conta destes riscos, os SSAO devem receber manutenção, a fim de que minimize-se as chances de que algum cidadão faça uso indevido da AP e seja contaminado por ela. Para a manutenção, as tampas das câmaras do sistema devem permanecer acessíveis para que sejam inspecionadas. A frequência que esta manutenção deverá ocorrer deverá ser calculada em função da quantidade de material retido e veículos lavados (para oficinas automotivas ou outros estabelecimentos que tenham contato direto com automóveis), acomodando os resíduos em reservatórios apropriados, cobertos e protegidos para evitar a proliferação de vetores (SECRON, 2006).

E esta manutenção abrange, também, as possíveis impurezas contidas no interior do sistema, como o lodo. A United States Environmental Protection Agency - EPA (1999) diz que a melhor maneira de reduzir o lodo do SSAO é mantendo os sólidos fora do veículo e da água de lavagem do piso. Segundo o documento americano, deve-se instalar grades e



telas progressivamente mais finas sobre os drenos na entrada do SSAO para maximizar a separação de sólidos:

- Começar com barras de aço espaçadas de 3/4 a 1 polegada na entrada de drenagem do SSAO;
- Adicionar grades e telas sequencialmente mais finas (telas de 3/4 e 1/4 de polegada ou malha de aço expandida de 1/4 de polegada);
- Finalizar com material absorvente reutilizável para remover partículas muito pequenas;
- Usar absorventes somente de óleo para separar e reciclar o óleo do seu SSAO.

A melhor maneira de garantir o fornecimento contínuo de água subterrânea limpa é evitar a poluição, e o governo federal deve ajudar essa prática por meio de suas leis e programas (EPA, 1990).

Geralmente indústrias ou estabelecimentos comerciais que fazem uso de efluentes oleosos, como refinarias de petróleo e atividades automotivas aderem à ideia de ter um SSAO. Oficinas mecânicas e postos de combustíveis estão entre os principais usuários do SSAO.

Black et al. (2016) realizaram um estudo de caso em uma oficina no município de Lajeado, Rio Grande do Sul, e constataram que, por parte da oficina, o resultado foi satisfatório. A própria oficina fez uma comparação com seus laudos anteriores e foi notada uma melhora expressiva em relação à eles, haja vista que, nos resultados anteriormente encontrados, a quantidade de óleo chegou até 13mg/L.

Provavelmente a falta de conhecimento de como deveria ser a entrada e saída da caixa separadora, fazendo com que acontecesse um funcionamento errôneo fosse o principal problema. Outro possível causador do problema pode ter sido o mau manuseio, com produtos no momento de limpeza, onde usava-se detergente neutro, que não realizava a emulsão dessa carga de óleos e graxas, fazendo com que um efluente contaminado corresse para vias públicas.

Através deste estudo, Black et al. (2016) notaram que a eficiência do SSAO está ligada, diretamente, à quanto material oleoso há no efluente que será tratado e à vazão do efluente. Sabedores de que não haverá 100% de eficiência neste tratamento, é importante haver controle no sistema do tratamento, para que continue havendo a conservação do meio ambiente.

Uma alternativa para a melhoria seria se os órgãos ambientais do município realizassem visitas técnicas periódicas ao estabelecimento para avaliar o sistema de caixa separadora de água e óleo, para se tornarem conhecedores da realidade encontrada no empreendimento, e diversos outros, no entanto o que acontece não é exatamente isso. E antes do desenvolvimento completo do sistema, verificar se ele é eficaz na sua técnica empregada (BLACK *et al.*, 2016).

Como já mencionado, postos de combustíveis também fazem uso do SSAO, pois

podem acontecer eventuais derramamentos de gasolina no solo, e, caso ocorra, faz-se necessário o tratamento, pois a gasolina, quando derramada inicialmente, por conter mais de cem componentes em si, encontrar-se-á no subsolo, ainda em fase aquosa. A gasolina dissolve-se parcialmente quando em contato com a água subterrânea, principalmente por parte dos hidrocarbonetos monoaromáticos, e, por conta desta solubilidade estes mesmos compostos são utilizados de forma que se possa perceber a contaminação presente no lençol freático, ou seja, serão indicadores de contaminação por combustíveis fósseis. E isto porque serão os primeiros a chegarem ao lençol freático. O benzeno, segundo as normas do Ministério da Saúde, Portaria 518 de 25 de março de 2004, é o mais tóxico deles, que podem ser depressivos do sistema nervoso central e também causam leucemia.

A questão de vazamentos em postos de combustíveis, em regiões urbanas, é algo preocupante, pois há, nestas áreas, uma grande concentração de postos, logo, a chance de derramamento ou vazamento de combustíveis é maior.

No Brasil já sancionaram leis, que foram feitas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA de nº 273 de novembro de 2000, do Ministério do Meio Ambiente, onde havia obrigação, por parte dos donos de postos de combustíveis, de obter o licenciamento ambiental para que o funcionamento de seus postos fosse legalizado e, também, para os postos com 25 anos ou mais de atividade, a necessidade de reforma total de seus equipamentos.

De acordo com a mesma Resolução CONAMA de nº 273, de novembro de 2000, identifica-se posto revendedor de combustíveis toda a instalação onde vende-se combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos, através de equipamentos e sistemas para armazenar os combustíveis e equipamentos medidores. Aquino (2011) entende que a Resolução mencionada avalia como posto de combustível toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, capazes de gerar acidentes ambientais e com potencial para causar poluição.

Kerber (2013), ao realizar estudo de caso em postos de combustíveis nos municípios de Balneário Camboriú/SC e Itajaí/SC, observou regularidade no funcionamento dos SSAO, que recebiam, diretamente, o fluxo dos efluentes advindos dos tanques dos Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), que é algo legalmente previsto na NBR 13783/2005.

Nos postos de combustíveis em que há o serviço de separação, tudo que é derramado na pista de abastecimento ou na área de lavagem dos veículos, é direcionado para o SSAO (ARAÚJO, 2018).

Até o presente momento, abordou-se somente o Sistema Separador de Água e Óleo (SSAO) em relação às áreas petrolíferas, porém, em se tratando de construção civil, a ideia de utilização do SSAO também é vista como saída positiva, pois torna-se a solução para quando se utilizar, em obras, tanques de diesel e também para o lava-rodas, que consiste em um equipamento automático, idealizado para lavagem de rodas e chassis, ou, então, lavar toda a parte inferior do caminhão, como o próprio nome sugere. Este equipamento utiliza um determinado volume de água sob pressão. O lava-rodas ainda é sustentável, tendo em

vista que pode utilizar a água de reuso, gerada pelo SSAO, para consumir o mínimo de água possível. O lava-rodas é utilizado para que se retire o barro e terra contidos nos pneus dos caminhões, a fim de não sujar as vias próximas ao canteiro de obras nem gere entupimento nos sistemas de drenagem pluvial.

Mitre et al. (2012) dizem que o contato direto de água com o diesel, seja através de transportes de navios, lavagem de caminhões ou pela utilização de tanques de armazenamento de diesel, pode resultar em problemas ambientais, que podem afetar toda a biota (conjunto de seres vivos, flora e fauna), como a poluição do solo e das águas. Ocorrendo a contaminação do solo, as águas subterrâneas, mesmo as reservas que os seres humanos já estejam usando para consumo, podem ser afetadas.

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPA), gerados pela queima de combustíveis fósseis, especialmente o diesel, associam-se ao DNA, originando os adutos HPA-DNA. Um destes adutos, o benzopirenoepoxidíol (BPED), está diretamente ligado ao aumento da ocorrência de câncer do pulmão. O BPED é um estrógeno ambiental, que causa a diminuição da fertilidade em machos de diversas espécies de aves e mamíferos (BRAUN *et al.*, 2004).

Se somente a inalação da fumaça do diesel já causa um mal desta magnitude, quanto mais o consumo direto do combustível, através de sua mistura com água. Portanto, torna-se deveras importante a implantação do Sistema Separador de Água e Óleo tanto em obras de construção civil quanto em postos de combustíveis e zonas aeroportuárias.

## CONCLUSÃO

Em conformidade com o conteúdo estudado, entende-se que a utilização do Sistema Separador de Água e Óleo (SSAO) na construção civil é necessária, pois é ambientalmente correto, evita a contaminação do solo e águas, além de permitir a reutilização da água que houver sido tratada no separador, o que caracteriza uma economia deste recurso natural de vital importância para todos os seres vivos, humanos ou não.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13786: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Seleção dos componentes para instalação de sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC)**. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13783 - Posto de serviço - Instalação do sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis – SASC** (Versão corrigida: 2009) - Rio de Janeiro – RJ, 2010.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13786: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Seleção dos componentes para instalação de sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC)**. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

ANP, AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Portaria nº 128, de 30 de julho de 1999. Estabelece a regulamentação à atividade industrial de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado. Portaria nº 171, de 20 de outubro de 1999. Dispõe sobre a anuência prévia da ANP para a importação de solventes.

AQUINO SOB., H.L. **Design gráfico da pluma de contaminação por compostos orgânicos voláteis utilizando software CAD na investigação de passivo ambiental em um posto revendedor de combustíveis em Natal/RN.** 2011. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Petróleo) – Centro de Tecnologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ARAÚJO, Alyna Rayara Antunes de. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM POSTOS REVENDEDORES DE COMBUSTÍVEIS E PROPOSIÇÃO DE REDE DE MONITORAMENTO QUALITATIVA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE NATAL/RN.** 65f. Monografia (TCC) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2018.

ARAUJO, Pedro Maia; BORGES, Cristiano Piacsek; BRANCO, Lucas da Paz Nogueira; ESQUERRE, Karla Patricia; KIPERSTOK, Asher; MOTTA, Albérico Ricardo Passos da. Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo por processos de separação por membranas: revisão. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 15-26, Mar. 2013

ARAUJO, Pedro Maia; BORGES, Cristiano Piacsek; BRANCO, Lucas da Paz Nogueira; ESQUERRE, Karla Patricia; KIPERSTOK, Asher; MOTTA, Albérico Ricardo Passos da. Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo por processos de separação por membranas: revisão. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 15-26, Mar. 2013.

BLACK, Henrique Fernando; GONÇALVES, Cátia Viviane. SISTEMA DE SEPARAÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO – REAJUSTE DE CAIXA SEPARADORA. **Univates.** Rio Grande do Sul. Jun. 2016

BOHN, Fernando Pudell. **TRATAMENTO DO EFLUENTE GERADO NA LAVAGEM DE VEÍCULOS.** 48f. Monografia (TCC) - UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi (RS), 2014.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2007) Resolução nº 393 de 8 de agosto 2007. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 de agosto de 2007.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2008) Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 de abril de 2008.

BRAUN, Silvana; APPEL, Lucia Gorenstin; SCHMAL, Martin. A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel - a questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 472-482, June 2004.

CARVALHO, Roberto Gonçalves de; KRUK, Nadiane Smaha; KAWACHI, Elizabete Yoshie; QUEIROZ, Paulo Ivo Braga de. Um método de ensaio para determinação da concentração de óleo em amostras de águas contaminadas com óleos e graxas. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 515-523, Maio, 2019.

CARVALHO, Roberto Gonçalves de; KRUK, Nadiane Smaha; KAWACHI, Elizabete Yoshie; QUEIROZ, Paulo Ivo Braga de. Um método de ensaio para determinação da concentração de óleo em amostras de águas contaminadas com óleos e graxas. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 515-523, Maio, 2019.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL MEIO AMBIENTE. Resolução nº 273, 2000. **Dispõe sobre a obrigatoriedade do licenciamento ambiental.** Disponível em: <<http://www.conama.gov.br>>. Acesso em 27/09/2019

CONAMA - CONSELHO NACIONAL MEIO AMBIENTE. Resolução nº 273, 2000. **Dispõe sobre a obrigatoriedade do licenciamento ambiental.** Disponível em: <http://www.conama.gov.br>. Acesso em 27/09/2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS CNRH (Brasil). Resolução nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Presidente: Marina Silva. Diário Oficial [da] União, Brasília, 09 mar. 2006.

EPA – United States Environmental Protection Agency (1990). **Guia Para La Proteccion De Las Aguas Subterrneas**. EPA 440/6-90-004.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Oil/Water Separators – Best Environmental Practices for Auto Repair and Fleet Management**. Washington – DC. November 1999.

FEEMA – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. NT 202-R10, de 12 de dezembro de 1986. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. DZ 205-R5, de 05 de outubro de 1991. Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. IT 1842 R-0, de 12 de março de 2003. Instrução técnica para o requerimento das licenças ambientais para postos de serviço e obtenção da autorização para seu encerramento. MF 412. Método de determinação de óleos e graxas (extração em Soxhlet). MF 413. Método de determinação de óleos e graxas (partição gravimétrica). MF 414. Método de determinação de óleos minerais (extração Soxhlet e separação com sílica gel).

KERBER, Fernando Furtado. **ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS: UMA CONTRIBUIÇÃO A PERÍCIA AMBIENTAL CRIMINAL**. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2013.

KERBER, Fernando Furtado. **ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM POSTOS DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEIS: UMA CONTRIBUIÇÃO A PERÍCIA AMBIENTAL CRIMINAL**. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2013.

LEPPA, Adriano da Silva; GONÇALVES, Cátia Viviane. Sistema de separação de água e óleo em atividades automotivas – Considerações Gerais. **Univates**. Rio Grande do Sul. Jul. 2015.

LOPES, Verushka Symonne de Medeiros. **Avaliação preliminar da contaminação por btex, em água subterrânea de poços tubulares, no município de Natal/RN**. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

LUCAS, D.; BENATTI, C.T. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em agronegócios e meio ambiente**. v. 1, n. 3, p. 405-418, set/dez, 2008.

MITRE, Teofani Koslides; LEAO, Mônica Maria Diniz; ALVARENGA, Marcella Cristina Neves. Tratamento de águas contaminadas por diesel/biodiesel utilizando processo Fenton. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 129-136, June 2012.

SAWAMURA, Márcia Yumy; MORITA, Dione Mari. Mecanismos de desemulsificação de águas residuárias de indústrias de refino de óleo lubrificante pelo processo ácido-argila com cloreto férrico. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4, p. 76-83, 1999.

SECRON, Marcelo Bernardes; GIORDANO, Gandhi; FILHO, Olavo Barbosa. **AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVAGEM, ABASTECIMENTO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES**. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, Robson Rodrigo da; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **GESTÃO DA ÁGUA EM CANTEIROS DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá. Maringá (PR), 2014.

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

Data de aceite: 23/06/2020

**Verônica Silva Neves**  
**Fernanda Valinho Ignacio**  
**Simone do Nascimento Dória**

**RESUMO:** A construção civil é uma das maiores fontes geradoras de resíduos no Brasil e no mundo. O grande volume de resíduos no país é resultante de um dos setores que possuem destaque na economia como também o que mais consome matéria prima, inclusive recursos não renováveis, causando grandes impactos no meio ambiente devido ao seu ciclo produtivo. O presente trabalho apresenta o mapeamento dos resíduos gerados pelos cursos de construção civil oferecido pela unidade Rodrigues Alves – Firjan Senai RJ, com o objetivo de identificar as características quantitativas, qualitativas e as devidas classificações dos resíduos e seu descarte, visando o uso dos dados obtidos para a inserção da “Mentalidade Verde” em seus alunos e opções de soluções sustentáveis para a instituição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geração de resíduos, Mapeamento de resíduos, Construção Civil, Sustentabilidade, Educação ambiental.

**ABSTRACT:** Civil construction is one of the largest sources of waste in Brazil and in the world. The large volume of waste in the country is the result of one of the sectors that are prominent in the economy as well as the one that consumes raw material, including nonrenewable resources, causing great impacts on the environment due to its productive cycle. The present paper presents the mapping of the waste generated by the construction courses offered by the Rodrigues Alves Unit - Firjan Senai RJ, with the objective of identifying the quantitative and qualitative characteristics and the proper classifications of the residues and their disposal, aiming at the use of the data obtained for the insertion of the “green mentality” in its students and options of sustainable solutions for the institution.

**KEYWORDS:** Generation of waste, Waste Mapping, Civil Construction, Sustainability, Environmental Education.

### INTRODUÇÃO

As atividades produtivas da Construção Civil, resultantes do crescimento contínuo das megacidades, produzem uma enorme quantidade e diversidade de resíduos oriundos de construções, demolições e reformas no Brasil e no mundo.

De acordo com a ABRELPE/IBGE 2017, só na região Sudeste do país foram coletadas cerca de 64 mil toneladas de resíduos da construção civil e de demolição, também conhecidos como RCD.

Restringindo ainda mais o raio de coleta de dados, segundo a SNIS (2017), (Sistema Nacional de Informações de Saneamento Básico), só no município de estudo – Rio de Janeiro, na usina CAJU 02 foram recebidas cerca de 540 toneladas de entulhos (fragmentos ou restos de tijolos, argamassas, aço, madeira etc.).

Mediante a estes dados, percebe-se o setor exige cada vez mais soluções ambientais diversificadas de forma a diminuir o volume de materiais descartados e encaminhados para os aterros sanitários (quando feito da forma adequada) e também a utilização dos mesmos na geração de matérias-primas secundárias, visando diminuir a exploração dos recursos naturais renováveis e não renováveis de maneira que contribuam nas condições ambientais dos espaços urbanos (FIRGO, 2012). Estas atitudes estão relacionadas com o Princípio dos 3R'S (redução, reutilização e reciclagem).

Além destas soluções, busca-se um posicionamento mais efetivo das geradoras (empresas da construção civil) com relação a políticas internas e treinamentos de funcionários e também das escolas técnicas e universidades, as quais precisam implementar e contextualizar ainda mais em seu currículo as atividades relacionadas à educação ambiental voltada para a função exercida na construção civil. Isto se deve ao fato de que muitos dos profissionais que atuam de maneira direta ou indireta na construção civil, vêm negligenciando a questão ambiental, inclusive demonstrando desinteresse.

## JUSTIFICATIVA

A fim de se modificar o pensamento atual praticado nas geradoras de resíduos da construção civil, é necessário primeiramente um processo de alteração cultural, considerando a educação ambiental como uma das principais bases para um pensamento crítico, onde se promova a transformação e a construção de uma sociedade mais consciente, principalmente em um dos setores que mais gera empregos no Brasil (FIRGO, 2012).

Neste contexto, o presente trabalho se apresenta como uma ferramenta de difusão da educação ambiental voltada tanto para os cursos ministrados na unidade Rodrigues Alves – RJ, quanto para os demais cursos ministrados na Firjan SENAI, considerados um dos principais pólos geradores de profissionais da indústria da construção civil na Região Sudeste e a nível Brasil. Tendo em vista que o mapeamento dos resíduos gerados pelos cursos na unidade, mostra em uma escala reduzida o impacto ambiental que podem produzir, as dificuldades encontradas e que devem ser vencidas com a aplicação dos Princípios dos 3R's, assim como estimular esses profissionais a buscar novas tecnologias e incluir a “Mentalidade Verde” em suas atividades e em suas empresas.

Ademais, o trabalho se apresenta como fonte de consulta para futuros estudos em outros setores, escolas técnicas, universidades e também para a indústria da construção civil como um todo.

### Resolução CONAMA nº 307/2002

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) alarmado com o aumento da disposição de resíduos oriundos da construção civil e de demolição em locais inapropriados, criou em 2002 uma Resolução que objetiva a inclusão de mecanismos a médio prazo para reduzir e disciplinar a geração destes resíduos, bem como regulamentar a sua destinação quando inevitável.

Desde que esta resolução entrou em vigor, todos os Estados e o Distrito Federal tiveram o prazo de um ano para desenvolver o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC) e dezoito meses para cessar a disposição desses entulhos em aterros não adequados.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 307/2002, o objetivo principal é transformar os resíduos deste segmento em matéria prima para o mesmo ou para outros por meio principalmente da reciclagem. Com isso, o Estado pode diminuir consideravelmente os impactos ambientais gerados e reaproveitar os materiais para outras finalidades. Ainda de acordo com a Resolução, os resíduos oriundos da Construção Civil são os materiais provenientes de construções, reparos, reformas, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como, os resultantes da preparação e da escavação de terrenos (SILVA, 2018).

Além disto, são encontradas definições de termos relacionados à gestão de resíduos da construção e estabelece também quatro as classificações principais: Resíduos Classe A, Resíduos Classe B, Resíduos Classe C e Resíduos Classe D. A classificação é apresentada no Quadro 1 e na Figura 1 a seguir.



Classificação	Tipologia
<b>CLASSE A</b>	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados. a) Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) Resíduos de construção, demolição, reformas, reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros), argamassa e concreto; c) Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio) produzidas nos canteiros de obras;
<b>CLASSE B</b>	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como papelão, metais, plásticos, papel, vidros, madeiras.
<b>CLASSE C</b>	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
<b>CLASSE D</b>	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde, incluindo materiais das classes A, B e C contaminados pelos resíduos da classe D.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos provenientes da construção civil de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002

Fonte: Resolução CONAMA nº 307, 2002.



Figura 1 – Classificação dos resíduos pela Resolução CONAMA nº 307/2002

Fonte: SJP – PR, 2009.

Segundo Lima e Lima (2009), a fase de caracterização é particularmente importante no sentido de identificar e quantificar os resíduos e, desta forma, realizar o planejamento adequado, visando à redução, a reutilização, reciclagem e destinação final. Sendo assim, visa-se esgotar o uso do resíduo até que ele não tenha valor econômico nenhum, quando, por fim, for definido como rejeito.

Para os rejeitos, não há tratamento e/ou recuperação com os processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentando outra possibilidade que não seja a disposição final ambientalmente adequada de acordo com a Lei 12.305 de agosto de 2010.

### **Gestão de Resíduos**

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307 o gerenciamento de resíduos da construção civil deve abranger o conjunto de ações exercidas direta ou indiretamente nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (MIOTTO, 2015).

Segundo o Sistema FIEB, 2005, para os municípios e para o Distrito Federal, esta resolução determina que seja implementada a gestão dos resíduos da construção civil através de elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), devendo conter:

- a)** As diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Resíduos da Construção Civil e para os projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades;
- b)** O cadastramento de áreas públicas ou privadas, aptas para o recebimento, triagem e armazenamento temporário de volumes pequenos, em conformidade com o porte da área urbana municipal possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;
- c)** O estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;
- d)** A proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciáveis;
- e)** O incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- f)** A definição de critérios para o cadastramento ou transportadores;
- g)** As ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- h)** Ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

### **Organização, Limpeza e Segregação de Resíduos**

Além da identificação dos resíduos gerados em um ambiente da construção civil, é importante também destacar a necessidade de organização, limpeza e a segregação adequada de resíduos no local, pois estes itens estão diretamente relacionados com as perdas, tanto de materiais, quanto de mão de obra.

Ao se promover uma adequada limpeza e segregação dos resíduos, se consegue reduzir em grande escala as perdas do canteiro, com isso, além de redução de desperdícios, o canteiro de obras ficará limpo e organizado, reduzindo ainda o risco de acidentes e tornando o local mais seguro. (SISTEMA FIEB, 2005). Ainda pode-se destacar os seguintes benefícios:

- a)** Evita-se a mistura de resíduos e insumos, fazendo com que materiais novos não sejam descartados como resíduos erroneamente;
- b)** Possibilidade de reaproveitamento de resíduos antes do descarte final, pois todos os resíduos

produzidos serão mapeados (qualidade/quantidade). Prática que poderá auxiliar na identificação do foco de desperdício.

- c) Optar por materiais de melhor qualidade e de preferência, sustentáveis. Sendo imprescindível o acondicionamento e manuseio corretos para evitar desperdícios.
- d) É necessário reforçar a cultura da racionalização, criando a conscientização de que o desperdício gerado seja por exigências do cliente, planejamento inadequado ou até mesmo desleixo durante as atividades (educacionais ou profissionais) resulta em prejuízo para a sociedade como um todo.

Sendo assim, visando cumprir as exigências na Resolução CONAMA n° 307 e atender os princípios da racionalização na construção civil, em atividades ainda que educacionais, também devem seguir estes procedimentos, visto que se enquadram como geradoras de resíduos.

Com isso, é importante salientar não somente os funcionários e docentes, mas principalmente os discentes que estão ligados diretamente a estas gerações, para que os mesmos saiam do ambiente educacional com o “Pensamento Verde”, ou seja, com suas práticas profissionais alinhadas com o panorama socioambiental atual. Criando assim uma rotina de educação ambiental.

### Educação Ambiental na Construção Civil

A educação ambiental atua como mecanismo de conscientização e transformação em inúmeras áreas e deve estar alinhada com a Política Nacional de Educação Ambiental – Lei n° 9795/1999. Portanto, ela deve estar inserida no cotidiano dos trabalhadores, educadores principalmente em segmentos com alto poder de impacto ambiental, como por exemplo a construção civil. As medidas de prevenção ambiental desenvolvidas pelo ramo da construção civil devem se antecipar e impedir ou minorar a ocorrência dos fatores de degradação como visto anteriormente.

De acordo com Cruz, 2016, a educação ambiental deve se construir em uma forma de ação educativa permanente, por intermédio da qual os profissionais tenham a tomada de consciência do tipo de relações que estabelecem com a natureza e principalmente dos problemas e impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento da atividade econômica em que atuam.

A conscientização ambiental tem por objetivo de orientação sobre práticas de gestão ambiental que norteiam o segmento da construção civil, tendo em vista o alto impacto que essa atividade exerce. Dentre eles, a grande quantidade de RCD – Resíduos da Construção e Demolição por ano (CRUZ, 2016).

Para tal, algumas técnicas de capacitação sustentável devem ser aplicadas, como por exemplo palestras, comunicação institucional, diálogo diário de obra, folhetos técnicos e entre outros (LEAL, 2015; GONÇALVES, 2005). Já em cursos relacionados à área da construção civil, em todos os seus níveis, é importante que as atividades relacionadas à educação ambiental estejam intimamente ligadas com o dia a dia do discente, para que assim seja possível a observação direta dos danos gerados pela atividade, iniciando um

aprendizado individual e coletivo que nos leve a novas práticas, possibilitando uma mudança efetiva nos processos, futuros profissionais e instituições.

## ESTUDO DE CASO

### Localização do estudo de caso

A Firjan SENAI unidade Rodrigues Alves está localizada no bairro de Santo Cristo, Zona Central e Portuária do Rio de Janeiro – RJ conforme Figura 2. A unidade estudada está situada próximo a Rodoviária Novo Rio e cercada pela Avenida Binário do Porto, Avenida Francisco Bicalho e Avenida Rio de Janeiro.

A Firjan SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) é uma instituição que atua formando e qualificando profissionais para atender às necessidades da indústria em diversos segmentos. O sistema conta com cursos de iniciação, aprendizagem, aperfeiçoamento, qualificação, técnico, especialização, graduação tecnológica, pós-graduação e extensão.

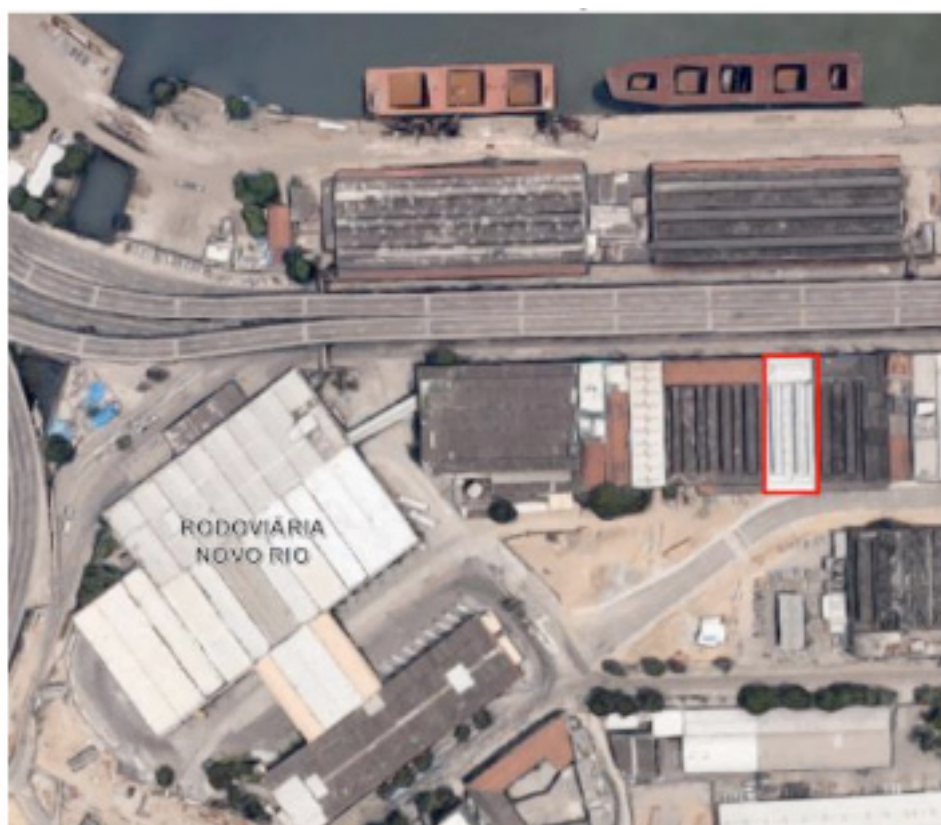


Figura 2 – Localização Firjan SENAI unidade Rodrigues Alves

Fonte: Adaptado de Google Maps, 2019.

Na unidade Rodrigues Alves (Figura 3), especificamente, são ministrados os cursos inerentes à atividade prática profissional da construção civil (pedreiro de alvenaria de vedação, pintor de obras, carpinteiro de obras, técnicas de montagem drywall por exemplo). Com isso, tem-se uma alta rotatividade de geração de resíduos que precisam receber a correta classificação e destino.



Figura 3 – Unidade SENAI Rodrigues Alves

Fonte: Autoras, 2019.

## Metodologia

Para realizar o estudo em questão, inicialmente desenvolveu-se o levantamento dos resíduos de construção civil gerados pela unidade Rodrigues Alves da Firjan SENAI. Este mapeamento (1ª fase) foi elaborado por meio de levantamentos quantitativos e qualitativos obtidos em pesquisas de campo com docentes e discentes da área, bem como com a área técnico-pedagógica dos cursos. Com isso, foi possível identificar e classificar os resíduos gerados pela Resolução CONAMA nº 307/202, conforme descrito no referencial teórico do presente trabalho.

Para a elaboração, foram utilizados 10 cursos comumente ofertados na unidade: pedreiro de alvenaria de vedação, pedreiro de alvenaria de estrutural, pedreiro de revestimento em argamassa e cerâmico, pintor de obras, carpinteiro de obras, carpinteiro de telhado, cortador de mármore e granito, acabador de mármore e granito, técnicas de montagem drywall e técnicas de montagem drywall avançado.

Em paralelo com o processo de mapeamento de resíduos da construção civil na unidade, também pôde-se observar durante as aulas a vivência no contexto da educação ambiental (2ª fase) inserida pelos docentes e praticada pelos discentes.

Para o embasamento e conclusões obtidas com o estudo de caso, realizou-se um

estudo estatístico correspondente a 1ª fase e por fim, durante a 2ª fase, foram propostas soluções sustentáveis para a instituição a fim de auxiliar o processo de gerenciamento de resíduos da unidade Rodrigues Alves da Firjan SENAI, a fim de inserir a educação ambiental em seu ambiente de ensino e posteriormente no ambiente profissional e além disso, averiguar e inserir processos de reutilização e reciclagem, gerando também uma redução de custos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da metodologia abordada anteriormente, os gráficos de mapeamento de resíduos e suas classificações foram elaborados por categoria de curso conforme apresentado na Figura 4 a seguir, que compõe a 1ª fase da pesquisa.

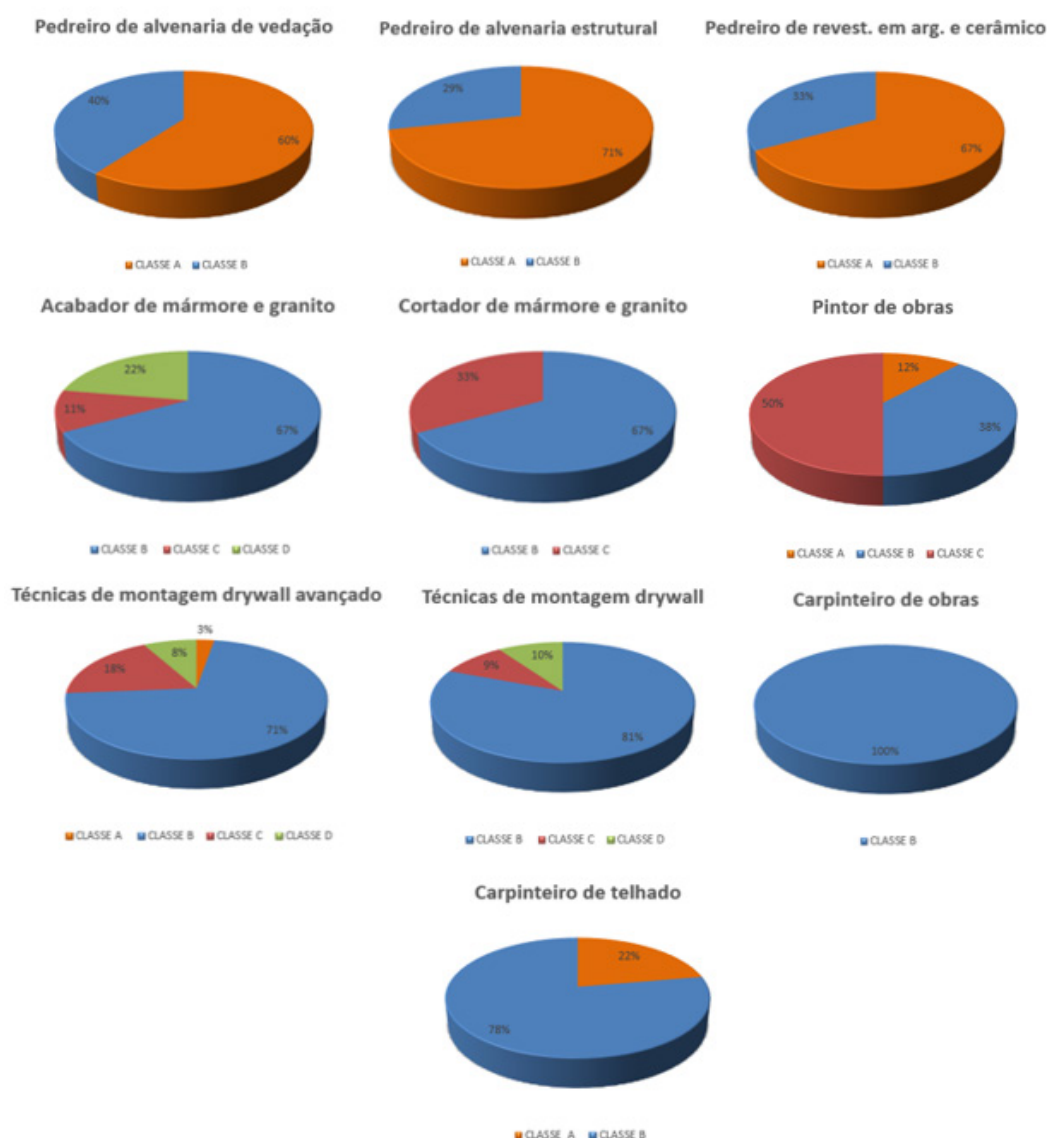


Figura 4 – Mapeamento e classificação dos resíduos por curso Firjan SENAI unidade Rodrigues Alves

Fonte: Autoras, 2020.

Na Figura 5 observa-se que a maior porcentagem dos resíduos gerados pelos cursos em questão compõe a classe B chegando a representar 60% do total, seguidos pelas

classes A, C e D com 20%, 15% e 5% respectivamente. Com isso, pode-se verificar que em sua maior parte, é possível encaminhar os resíduos gerados para a sua reutilização e/ou reaproveitamento – dado pelo total dos resíduos B e A.

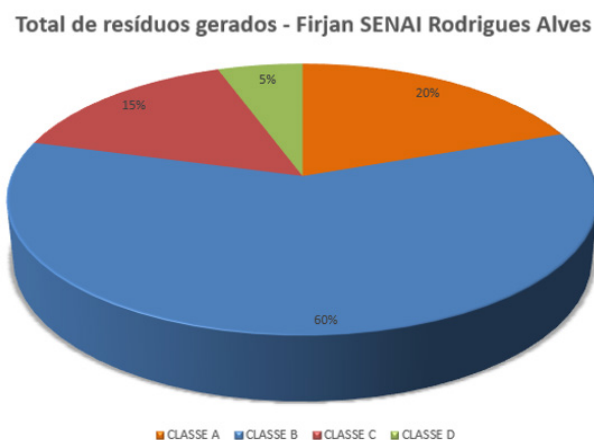


Figura 5 – Total de resíduos gerados: unidade Rodrigues Alves Firjan SENAI – RJ

Fonte: Autoras, 2020.

Durante a 2ª fase da pesquisa realizada na unidade, verificou-se que muitos dos materiais de classe A, B e C são reaproveitados e/ou reutilizados durante a execução de outras turmas do mesmo curso após desmonte cuidadoso pelos docentes e alunos, aumentando assim a vida útil do material, diminuindo os custos e entregando o ambiente organizado após a conclusão da turma.

No caso do curso de pedreiro de alvenaria de vedação e pedreiro de alvenaria estrutural, são reutilizados principalmente os tijolos e blocos de concreto (classe A) aplicados no levantamento de paredes. Dependendo do estado em que o material se encontra, é possível realizar o processo de reutilização cerca de 2 a 3 vezes. Nestes mesmos cursos, também é possível reaproveitar a argamassa (classe A) utilizada no assentamento e no emboço das paredes após sua retirada e peneiramento, a fim de incorporá-la na próxima argamassa (a argamassa aplicada nos cursos possui apenas função educacional e é mais simples de ser reaproveitada).

Para os cursos de Pedreiro de Revestimento em Argamassa e Cerâmica e Carpinteiro de Telhado, os revestimentos cerâmicos e as telhas cerâmicas (ambos classe A), também são reutilizados após desmonte cuidadoso de docentes e alunos.

Já para os cursos de Técnicas de Montagem Drywall e Técnicas de Montagem Drywall Avançado tanto os perfis (guias e montantes) (classe B) e as chapas de gesso acartonado (classe C) são reutilizadas para novos cursos. As placas de gesso acartonado, especificamente, são reutilizadas de acordo com a montagem realizada anteriormente – podendo ser reaproveitadas em sua totalidade ou são reduzidas de tamanho. O mesmo se dá para os cursos de Cortador e Acabador de Mármore e Granito e Carpinteiro de Obras, onde as peças com as rochas ornamentais e as madeiras criadas são expostas ou utilizadas

na unidade e as placas que sobram são reutilizadas em outras turmas (classe B).

Entretanto, para os cursos de Pintor de Obras a reutilização e o reaproveitamento de materiais não são implementados devido à característica do seu material principal – as tintas (classe D). Sendo assim, apenas ocorre a utilização do mesmo galão de tinta aberto anteriormente, quando o volume é remanescente.

Com essas ações a unidade consegue abranger tanto a reutilização e reaproveitamento de materiais que auxiliam os custos e a operação, bem como inserir os alunos em um ambiente de aprendizado voltado para a sustentabilidade dentro da construção civil.

Os demais resíduos gerados pelos cursos são descartados por docentes e alunos de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 por meio de uma empresa transportadora licenciada e controlada por manifesto.

## CONCLUSÕES

Após realizar a pesquisa de campo bem como o mapeamento da quantidade de resíduos gerados nas unidades curriculares da unidade Rodrigues Alves, constatou-se que apesar do trabalho de reutilização/reaproveitamento de materiais de construção já desenvolvido, pode-se incluir novas ações corretivas e preventivas para reduzir ainda mais o volume de material descartado e melhorar a gestão de resíduos da unidade, podendo assim replicar para diversas unidades dentro do sistema.

As substâncias de características perigosas utilizadas (resíduos Classe D), que apesar de corresponderem a um pequeno percentual na unidade (cerca de 5%) – conforme apresentado na Figura 5 – possuem uma grande relevância, principalmente em relação ao descarte final. Sendo assim, pode-se reforçar com docentes e alunos a importância do descarte adequado por meio de treinamentos ou adequação/inclusão de unidades curriculares no curso que tratem sobre gestão, manuseio e descarte de resíduos provenientes da construção civil.

Pode-se citar como exemplo de ação preventiva a inutilização de latas de tinta vazias para o descarte por meio de furos, cortes ou prensadas a fim de evitar outro uso, já que elas possuem poluentes. Em caso de sobras de material, o descarte ideal é após sua solidificação, ou seja, secar até que fique um material sólido.

Com isso, também é possível criar um sistema de identificação e utilização de bombonas de plástico para resíduos de Classe D em uma área separada, mais próxima do local de aplicação para que a disposição final não seja comprometida durante a realização dos cursos. Estes recipientes também podem ser reaproveitados pela unidade para fins outros fins como latas de lixo e caixas organizadoras de equipamentos, desde que bem manipuladas para evitar acidentes.

É importante ressaltar que a lata de tinta quando limpa com espátulas e solventes pode ser descartada como sucata metálica, uma vez que, o alumínio é um material reciclável. Assim, surge-se a oportunidade por parte da instituição em buscar parcerias com cooperativas de catadores/reciclagem legalizadas que atuem de acordo com a resolução nº 307 do CONAMA para que esse material bem como alguns resíduos de classe A e B, que são responsáveis



pela maior quantidade de resíduos da unidade, sejam coletados de forma rápida, sem onerar a unidade e não ocupando espaço na caçamba de descarte.

Junto com as cooperativas parceiras, poderia ser estudada a possibilidade de capacitação dos catadores mediante aos cursos ofertados na unidade Rodrigues Alves, viabilizando assim a qualificação destes profissionais para o mercado da construção civil, com a unidade atuando não somente no âmbito ambiental, mas também no cunho social.

Já em relação aos demais resíduos (Classes A, B e C), também é possível o uso de bombonas plásticas (se a redução dos resíduos for significativa e também para organização com as cooperativas de catadores/reciclagem legalizadas) ou proteger e monitorar constantemente as caçambas de descarte dispostas na unidade, a fim de garantir que cada vez mais que não se tenha a mistura de resíduos de classes diferentes ou até mesmo de outros tipos de resíduos que atrapalhem o destino final dos itens descartados pela unidade, reforçando assim o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil – PGRSCC da unidade, englobando o controle de produção, monitoramento, segregação, acondicionamento, transporte e destino. Para que o PGRSCC da unidade continue sendo efetivo é necessário que docentes e discentes estejam devidamente qualificados para a triagem e armazenagem dos resíduos.

Por fim, para os resíduos de classe A, considerados trituráveis, seria possível firmar parcerias com recicladoras de entulho que transformam estes materiais em agregados reciclados para pavimentação e preenchimento de vazios em construções por exemplo.

Com o mapeamento e o diagnóstico elaborado para a unidade é possível não somente reduzir ainda mais o volume de resíduos gerados, bem como melhorar o descarte feito atualmente, reduzir custos com o descarte que hoje onera a unidade, incentivar os alunos com a educação ambiental dentro do contexto da construção civil, fomentar cooperativas legalizadas e principalmente minimizar os impactos ambientais causados pelo polo gerador.

## AGRADECIMENTOS

À equipe de docentes do segmento de Construção Civil da unidade Rodrigues Alves Firjan SENAI – RJ pela colaboração durante a pesquisa de campo e ao Coordenador do Centro de Referência da Firjan SENAI Tijuca – RJ Sandro Marques pela concessão dos dados utilizados no presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE/IBGE (2017). Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2017. Acessado em junho de 2019, disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/panorama2017.pdf>>.

CARVALHO, G. M. (2017) Levantamento de resíduos gerados pela construção civil na Cidade do Rio de Janeiro – Trabalho de conclusão de curso – Escola Politécnica UFRJ.

CONAMA (2002). Resolução nº 307. Acessado em maio de 2019, disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/36\\_09102008030504.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf)>.

CRUZ, I. S.; ANDRADE, I. C. B.; CRUZ, I. S. (2016) Educação ambiental da construção civil: O enfoque na conscientização ambiental dos colaboradores de canteiros de obras. 8º Encontro Internacional de Formação de Professores – ENFOPE, Sergipe – PE.

FIRGO, J. P.; SILVEIRA, D. S. (2012) Educação ambiental e construção civil: Práticas de gestão de resíduos em Foz do Iguaçu – PR, Monografias ambientais REMOA/UFMS.

GONÇALVES, D. B. (2005) Desenvolvimento sustentável: O desafio da presente geração – Revista Espaço Acadêmico nº 51.

LEAL, L. M. C; SOUZA, C. R. (2015) Educação Ambiental na construção civil: Construir sem destruir. Acessado em junho de 2019, disponível em <<https://www.webartigos.com/artigos/educacao-ambiental-na-construcao-civil-construir>

-sem-destruir/135941>.

LEI 12.305 (2010) Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília – DF. Acessado em maio de 2019, disponível em: <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>.

LEI 9.795 (1999) Política Nacional de Educação Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília – DF. Acessado em maio de 2019, disponível em: <[www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)>.

LIMA R. S., LIMA R. R. R. (2009) Guia para elaboração de Projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. 1ª Ed. Curitiba, CREA – PR.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2002) Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Diário Oficial da União, Brasília – DF.

MIOTTO, J. L.; SILVA, O. H.; KEITH, M. U.; POLASTRA, P.; NETO, A. G.; DE ANGELIS B. L. (2015) Etapas do Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – Ed. Especial GIAU-UEM, Maringá – PR.

SILVA, R. B. (2018) Gerenciamento de resíduos na construção civil – Implantação de plano de gestão em edificação vertical – Centro Universitário de João Pessoa UNIOPE.

SISTEMA FIEB (2005) Gestão de resíduos na construção civil: Redução, Reutilização e Reciclagem – Banca FIEB – Revista Gestão de Resíduos na Construção Civil. Acessado em junho de 2019, disponível em: <<http://www.sistemafieb.org.br>>.

SJP – PR (2019) Material informativo da Prefeitura de São José dos Pinhais – PR. Acessado em Julho de 2019, disponível em: <[\[etaria-meio-ambiente/servicos/empresas-transportadoras-de-residuos-de-construcao-civil/\]\(http://www.sjp.pr.gov.br/secretarias/secr-etaria-meio-ambiente/servicos/empresas-transportadoras-de-residuos-de-construcao-civil/\)>](http://www.sjp.pr.gov.br/secretarias/secr</a></p></div><div data-bbox=)

SNIS (2017) Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos 2017. Acesso em maio de 2019, disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-201>>.

## DADOS DOS AUTORES

Verônica Silva Neves (nevesveronica730@gmail.com). Aluna do curso Técnico em Edificações Firjan SENAI Tijuca – RJ – Setor de Construção Civil.

Fernanda Valinho Ignacio (fnignacio@gmail.com). Doutoranda em Engenharia Civil (Geotecnia) e Mestre em

Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Engenheira Civil pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Especialista Técnica de Educação da Firjan SENAI Tijuca – RJ – Setor de Construção Civil.

Simone do Nascimento Dória (sidoria2110@gmail.com). Engenheira Civil pela Universidade Veiga de Almeida (UVA). Técnica de Educação da Firjan SENAI Tijuca – RJ.

Indicação da seção em que o(s) autor (es) deseja(m) ter seu texto publicado: ( ) T&S ( ) T&G ( X ) T&I ( ) EA

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

Data de aceite: 23/06/2020

### Isabel Pereira Vidigal de Oliveira

Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental – PUC-Rio / Technische Universität Braunschweig  
Arquiteta e Urbanista – UniCEUB/Brasília-DF  
arquitetura.isabel@gmail.com

### Joyce Sholl Altschul

Mestrando em Engenharia Urbana e Ambiental – PUC-Rio / Technische Universität Braunschweig  
Designer, ESDI – UERJ  
Engenheira de Produção – UFRJ  
Engenheira de Segurança do Trabalho – PUC-Rio  
joysholl@gmail.com

### Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Professor da UNIGAMA  
Professor Associado do CEFET-RJ  
Professor da Universidade Santa Úrsula  
Engenheiro da Prefeitura do Rio de Janeiro  
Perito Judicial do TJRJ  
Pós-Doutor em Engenharia – UERJ  
Doutor em Engenharia Mecânica – PUC-Rio  
Mestre em Tecnologia – CEFET-RJ  
Especialista Engenharia de Meio Ambiente – UNIG  
Especialista em Gestão Ambiental – UCAM  
Especialista em Saneamento – FAVENI

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho – Faculdade Silva e Souza  
Especialista em Docência do Ensino Superior – Faculdade São Judas Tadeu  
Engenheiro Civil e Licenciado em Matemática – UNISUAM  
Engenheiro Mecânico – CEFET-RJ  
engmarcelocefet@terra.com.br

**RESUMO:** O presente artigo apresenta o pedido de patente de métodos para a produção de materiais de alvenaria, como azulejos e formas de suporte de alta resistência ou formas sólidas, utilizando misturas compostas que incluem resíduos de gesso acartonado (*drywall*) advindo de cortes e sobras de construções e demolições. A tipologia do material criado é semelhante ao tijolo de adobe, mas apresenta vantagens quanto a compressão e resistência à água. A seguir apresentamos a criação ecológica proveniente de reciclagem de resíduo da construção civil e demolição (RCD).

### 1 | INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção civil e demolição (RCD) são um problema crescente em todo mundo, sua reciclagem tem benefícios ambientais e econômicos.

Ele é composto de diversos materiais como: argamassa, tijolo, cimento, latas de tinta, pincéis, gesso acartonado, madeira e orgânicos.

O gesso acartonado, também conhecido como *drywall*, de um modo geral é feito com um núcleo de gesso, misturada com fibras de vidro ou papel e outros aditivos, colocados entre papel ou papelão de uma determinada espessura. O gesso assim utilizado é um mineral de sulfato e um hidrato de sulfato de cálcio. Um *drywall* típico à base de gesso é composto de 75 a 95% de gesso, 3 a 9% de papel, 1% de fibra de vidro, 0,3 a 1% de amido e o restante, uma combinação de ligantes orgânicos, adesivos, dispersantes e aditivos resistentes à água.

Os painéis adjacentes são unidos com um material (um composto de juta) que seca e endurece. Esta juta endurecida é lixada para ficar lisa como o painel de *drywall*. Essas junções entre os painéis produzem um desperdício significativo, 10 a 12% do material instalado.

Os resíduos de *drywall* representam nos Estados Unidos cerca de 9,1% de todos os RCD. Nos aterros, as bactérias redutoras de enxofre metabolizam os resíduos de *drywall* e produzem gás sulfeto de hidrogênio (cheiro de ovo podre) que, em concentrações altas, podem afetar a saúde humana. A deposição inadequada do resíduo de gesso pode contaminar o solo e o lençol freático (Forum da Construção, 2020).

Diante desse cenário surgiu a proposta para dar uma solução sustentável para esses resíduos. No ano 2018, os inventores Taji Miyasaka e David Drake, da Universidade do Estado de Washington, EUA, reivindicaram o pedido de patente do projeto intitulado “MATERIAL COMPOSTO RECICLADO USANDO O GESSO DE GESSO E OUTROS MATERIAIS DE RESÍDUOS E MÉTODOS RELACIONADOS”, em 2019 o pedido foi arquivado com novo título “UM NOVO MATERIAL DE ALVENARIA UTILIZANDO RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECICLADOS”. A seguir explicaremos mais sobre a metodologia e conclusões que eles obtiveram com a criação ecológica.

A proposta desta patente é transformar o *drywall* não utilizado em construções (cortes e sobras) e vindo de demolições em elementos de alvenaria que são semelhantes aos produzidos em adobe, o famoso tijolo de barro, mas superiores em vários aspectos, como por exemplo, isolamento térmico.

## 2 | METODOLOGIA

Depois de triturar os resíduos de gesso acartonado, inclusive os papéis que envolvem o núcleo de gesso; misturar os agregados e aglutinantes; aspergir água durante a mistura, até que fique com uma consistência úmida; pressionar a mistura composta a uma pressão de formação de até 7,6 Mpa e curar a unidade estrutural formada a uma temperatura ambiente está pronto o novo bloco de *drywall* reciclado. O processo será explicado detalhadamente a seguir.

A figura 1 elucida bem o processo de criação. Os materiais são misturados e colocados em uma forma de formato desejado e após tempo de cura o tijolo está pronto.



Figura 1. Descrição geral da metodologia

Fonte: Baseado no desenho original da patente IPN WO2020/014455 A1

Elementos de alvenaria com núcleos ocios (figura 2) funcionam como bons isolantes térmicos, facilitam a passagem de instalações elétricas ou hidráulicas, podem funcionar como moldes para concretar vergas ou vigas, e são mais leves que os elementos tradicionais de alvenaria sólida, reduzindo os custos gerais de construção.



Figura 2. Bloco prensado com núcleo oco

Fonte: Architect Magazin, 2019

Os elementos de alvenaria formados sob pressão (figura 3) com as misturas propostas podem ter vários formatos além de blocos de gesso cartonado e ladrilhos. Podem se transformar em vasos e outras formas, com furo ou não, meio bloco para facilitar acabamento dos cantos e formato cônico para criação de arcos e cúpulas.

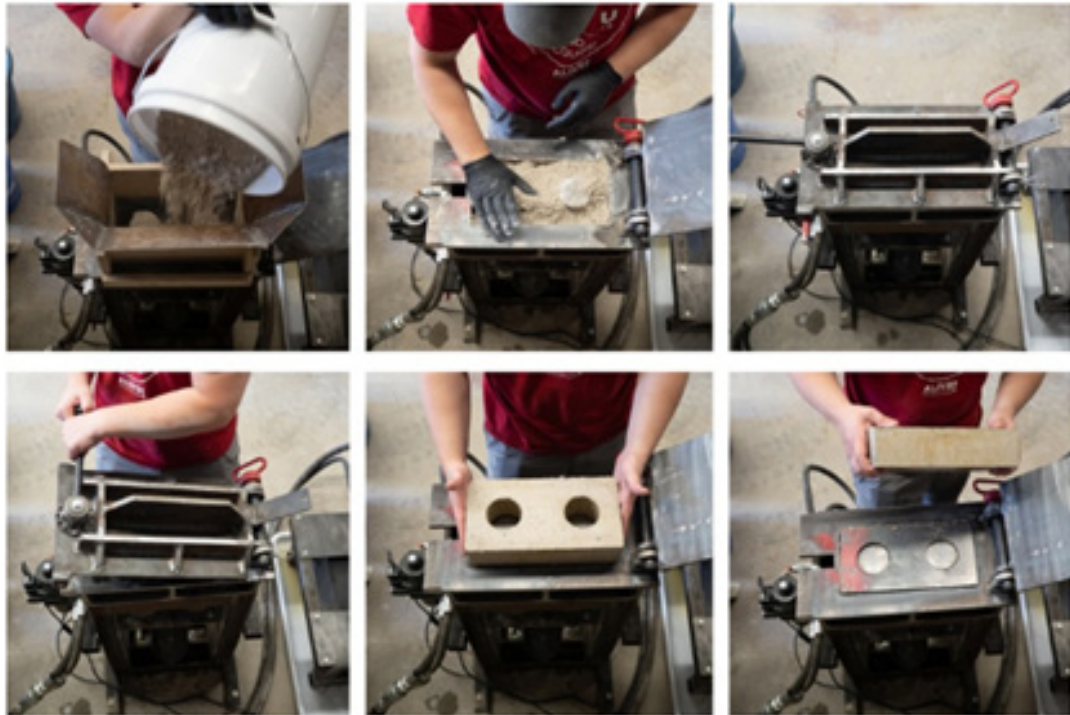


Figura 3. Prensagem do material

Fonte: Architect Magazin, 2019

Os inventores afirmam que, se desejado, pode-se incluir nas composições materiais cimentícios adicionais, como cinzas, cimento Portland, cimento pozolânico, cal, argila, agregados finos, areia, pedras, cascalhos, fibras naturais ou sintéticas (palha e fibra de vidro, por exemplo).

Embora a água potável seja frequentemente utilizada nas misturas aqui descritas, informam também que podem ser utilizadas outras fontes de água doce, ou rica em minerais e até salgada.

Os produtos resultantes podem incorporar pigmentos de modo a variar a cor dos produtos finais, como por exemplo, telhas. Se for incorporada emulsão asfáltica, o produto pode se tornar impermeável.

### 2.1 Passo a passo da confecção dos blocos de drywall reciclado

Na primeira fase, o material de gesso de demolição ou sobras de obra é direcionado para uma máquina de fragmentação (figura 4), que pode ser um britador, um moinho de martelos, ou outros equipamentos similares, de modo a reduzir os resíduos em tamanhos de partículas adequados.



Figura 4. Máquina de fragmentação

Fonte: [www.constructionequipment.com/video-turning-drywall-waste-building-blocks](http://www.constructionequipment.com/video-turning-drywall-waste-building-blocks)

Após o sistema de trituração (cominuição) os materiais são direcionados para a segunda fase composta por uma máquina tipo misturador (tambor rotativo, planetário) ou até mesmo manualmente com o uso de pás e enxadas. Nessa fase inclui-se também os aditivos desejados.

Na terceira fase, a mistura é direcionada para uma prensa para formar os produtos desejados, variando as pressões aplicadas. Blocos de resíduos de paredes de gesso (GWWBs – gypsum wallboard waste block) e de paredes secas (DWBs – *drywall* waste block) e ladrilhos podem ser formados sob pressão a partir de misturas adequadas.

A quarta e última fase é a secagem onde o GWWBs e DWBs podem ser paletizados e empilhados para cura imediatamente após a formação, sob luz solar direta. Desta forma, podem ser necessários vários dias de cura para que esses materiais atinjam a resistência necessária. Métodos de cura rápida como vapor e secagem em estufa também podem ser utilizados.

As misturas usadas para formar os GWWBs e DWBs podem ser utilizadas também para formar telhas e pisos. Variando o teor de água e a porcentagem de ligantes cimentícios, pode-se também produzir argamassas, rebocos internos e estuques externos. As misturas mais úmidas e do tipo argila podem ser moldadas, fundidas, prensadas ou extrudadas para outras formas, incluindo utensílios de cozinha e móveis.

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenheira civil Sayonara Maria de Moraes Pinheiro, na revista do Forum da Construção, informa que os resíduos de gesso foram submetidos a ciclos de reciclagem consecutivos. Foram até o 5º ciclo de reciclagem e o gesso apresentou características químicas e microestruturais similares ao longo de todo o processo. Informa ela que o gesso pode ser reciclado indefinidamente, evitando a extração da gipsita.

Protótipos de blocos de primeira geração, medindo 305 mm x 152 mm x 76 mm (12 "x 6" x 3 "), com dois núcleos ocultos a cada 89 mm de diâmetro. (3,5 "), foram formados em uma prensa personalizada a 2,3 MPa pressão, com densidade seca aproximada de 1,0 g / cm<sup>3</sup>.



A receita foi ajustada até os blocos curados exibirem compactação uniforme, sem evidência de dissolução quando embebidos em água. (MOC SUMMIT / MAIO 2019), resultando no gráfico a da figura 5, onde foram comparados 6 corpos de prova. Os números à direita da identificação dos corpos de prova significam a porcentagem de ligante de escória granulada de alto forno adicionada ao material.

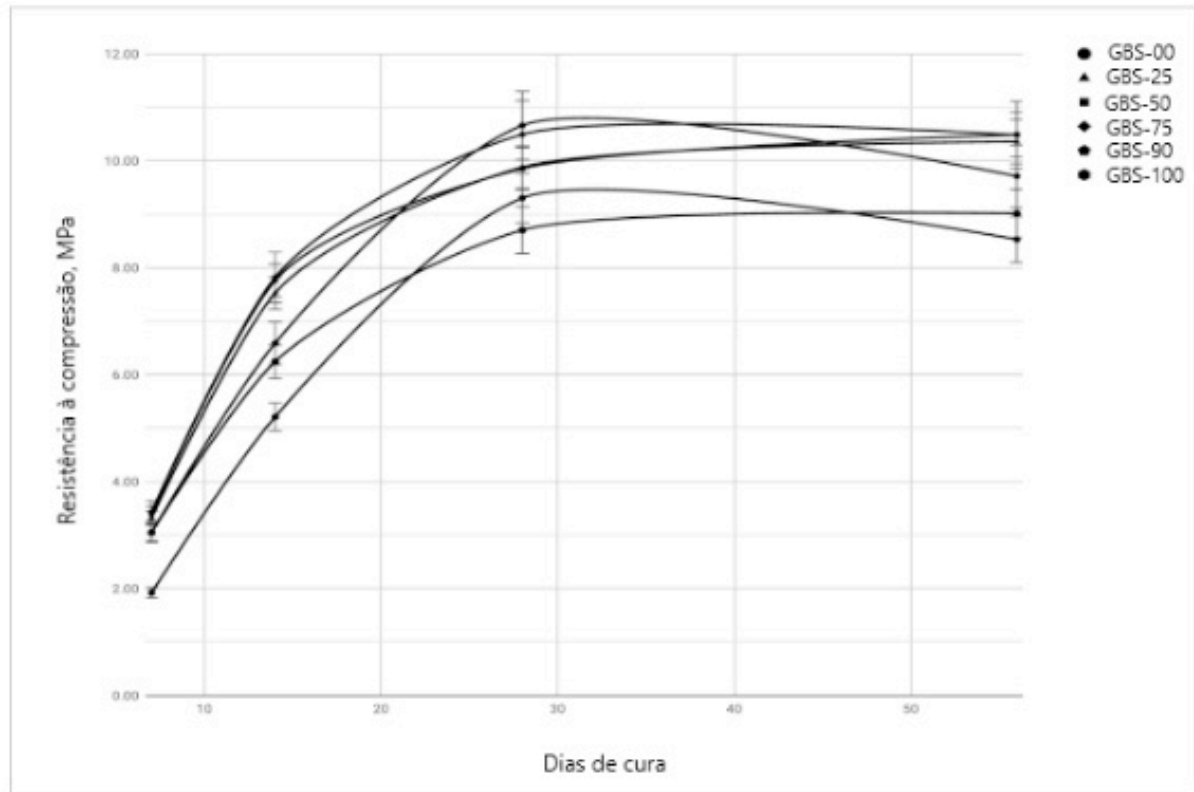


Figura 5. Resultados do teste de resistência à compressão não confinada

Fonte: MOC SUMMIT / MAY 2019.

Durante experimentos a nova criação se destacou em três pontos importantes e vantagens quando comparados ao bloco de adobe, citado anteriormente. Elas são:

1. Maior resistência à compressão em relação ao bloco de adobe tradicional
2. Maior resistência à água em relação ao bloco de adobe
3. Maior isolamento térmico

Os tijolos provenientes dessa reciclagem geram menos resíduos para os aterros sanitários e utilizam menos cimento em sua composição resultando em menor consumo de energia para sua produção e consequentemente reduzindo a emissão de gás carbônico na atmosfera.

## REFERÊNCIA

ARCHITECT MAGAZIN. Jul 2019. Disponível em: [www.architectmagazin.com/awards/r-d-awards-drywall-waste-block-a-green-cmu\\_o](http://www.architectmagazin.com/awards/r-d-awards-drywall-waste-block-a-green-cmu_o). Acesso em: 6 abr. 2020.

CONSTRUCTION EQUIPMENT MAGAZIN, fev 2020. *Turning drywall waste into building blocks (vídeo)*. Disponível em: <https://www.constructionequipment.com/video-turning-drywall-waste-building-blocks>. Acesso em: 7 abr. 2020.

FORUM DA CONSTRUÇÃO. IBDA Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Disponível em: [www.forumdaconstrucao.com.br](http://www.forumdaconstrucao.com.br). Acesso em: 6 abr. 2020.

MIYASAKA, Taiji; DRAKE, David. *A novel masonry material utilizing recycled construction and demolition waste. Espacenet Patent Search. International Publication Number WO 2020/014455 A1*. Disponível em: [https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP). Acesso em: 30 mar. 2020.

MIYASAKA, Taiji; DRAKE, David; RAMADHAN, Fadil Zaky; SZE, Ping Fai. *Drywall Waste Blocks: A Novel Masonry Material Utilizing Recycled Construction & Demolition Waste*. MOC SUMMIT / MAY 2019. Disponível em: [www.journalofindustrializedconstruction.com/index.php/mocs/article/view/106/104](http://www.journalofindustrializedconstruction.com/index.php/mocs/article/view/106/104). Acesso em: 06 abril. 2020.

## LOGÍSTICA REVERSA EM EMPRESAS DOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E XINGUARA

*Data de aceite: 23/06/2020*  
*Data de submissão: 06/03/2020*

### **Daniela de Souza Moraes**

Graduanda em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade do Estado do Pará – UEPA.  
Redenção – Pará.

### **Ana Paula Tomasio dos Santos**

Graduanda em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Universidade do Estado do Pará – UEPA.  
Redenção – Pará.

### **Armando José de Sá Santos**

Graduado em Informática com Especialização em Sistemas de Informação e Gestão Escolar. Universidade Estácio de Sá -UNESA.  
Rio de Janeiro-Rio de Janeiro.

### **Suane Honorina Martins dos Santos**

Graduada em Engenharia Civil, com mestrado em Ciências Ambientais. Faculdade Ideal – FACI.  
Belém- Pará.

### **Jomar Nascimento Neves**

Graduado em Administração, com mestrado em Administração. Universidade da Amazônia- UNAMA.  
Belém- Pará.

de equipamentos eletroeletrônicos, principalmente com o uso de computadores, e com a rápida obsolescência desses produtos, ocorre um aumento na geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), se faz indispensável o surgimento e a aplicação de leis para regularizar a forma como esses produtos são descartados, trazendo a conscientização ambiental, pois matérias eletrônicas contêm matérias que, se descartados de forma inadequada, podem ser prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. De modo geral, a Logística Reversa (LR) é a técnica mais adequada para as empresas e para a sociedade, voltada para medidas de pré-produção, processamento, produto acabado, ciclo de vida e destinação dos rejeitos de produtos eletroeletrônicos. O presente artigo tem como objetivo apresentar o cenário e avaliar acerca da aplicação da LR em empresas de grande e médio porte dos municípios de Redenção e Xinguara. Em vista do objetivo proposto foi realizada uma pesquisa quantitativa, exploratória e bibliográfica, através da aplicação de questionários nas empresas que utilizam equipamentos informáticos para a coleta de dados. Constatou-se, através dessa pesquisa, que se trata de uma área ainda pouco explorada, principalmente em cidades pequenas.

**RESUMO:** O aumento do consumo

Diante do exposto, o estudo realizado conclui-se que são muitos os desafios que devem ser superados para que a LR seja de fato aplicada, como a informalidade, falta de fiscalização, alto custo e falta de incentivos fiscais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Logística Reversa. Computadores. Empresas.

## REVERSE LOGISTICS IN COMPANIES IN THE MUNICIPALITIES OF REDEMPTION AND XINGUARA

**ABSTRACT:** The increase in the consumption of electronic equipment, mainly with the use of computers, and with the rapid obsolescence of these products, there is an increase in the generation of waste from electronic equipment (WEEE), the emergence and application of laws to regularize the how these products are discarded, bringing environmental awareness, as electronic materials contain materials that, if disposed of inappropriately, can be harmful to human health and the environment. In general, Reverse Logistics (LR) is the most appropriate technique for companies and society, focused on measures of pre-production, processing, finished product, life cycle and disposal of waste from electronic products. This article aims to present the scenario and evaluate the application of LR in large and medium-sized companies in the municipalities of Redenção and Xinguara. In view of the proposed objective, a quantitative, exploratory and bibliographic research was carried out, through the application of questionnaires in companies that use computer equipment for data collection. It was found, through this research, that this is an area still little explored, mainly in small cities. Given the above, the study concludes that there are many challenges that must be overcome for LR to be effectively applied, such as informality, lack of inspection, high cost and lack of tax incentives.

**KEYWORDS:** Reverse Logistics. Computers. Companies.

### 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Machuca e Paraná (2014), o avanço tecnológico e o aumento no consumo de equipamentos eletrônicos, especialmente os computadores, têm contribuído consideravelmente para a rápida obsolescência desses produtos, tornando-os resíduos eletrônicos que possuem substâncias altamente tóxicas e composições metálicas perigosas tanto para o meio ambiente quanto para o ser humano quando descartados de forma inadequada.

Dessa forma, empresas que utilizam equipamentos informáticos procuram desenvolver sistemas de Logística Reversa (LR) com o intuito de reaver os produtos que já foram descartados, e reutiliza-los ou reciclar, obtendo uma nova fonte de produtos e conseqüentemente diminuindo o custo de matéria prima (SHIBAO; MOORI; SANTOS, 2010).

No cenário atual de competição global entre empresas, não são importantes apenas as questões de preço, prazo e qualidade, também são essenciais os aspectos que envolvem a logística empresarial, priorizando a busca pelo maior nível de serviço que possa ser realizado aos clientes ao menor custo possível (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2013). Com isso, cada

vez que a tecnologia avança junto com ela cresce a concorrência nos setores empresariais e a necessidade de prestar serviços melhores.

De acordo com o autor, a LR é:

O processo de planejamento, implantação e controle de fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de Origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes. (Ballou 2006, p.27),

Para Pilantti, Picinin e Nascimento (2017), a LR pode ser utilizada como uma ferramenta nas empresas adotando uma atitude ecologicamente e socialmente responsável, proporcionando diversos benefícios, tais como o reconhecimento da sociedade, a crescente conscientização ambiental dos consumidores, colabora para a melhoria da imagem da empresa, distinção do serviço oferecido entre outros.

Nessa perspectiva procurou-se analisar o cenário da LR nas empresas de grande porte dos municípios de Redenção e Xinguara. Portanto, cabe questionar o que as empresas fazem com os itens de informática descartados ou danificados, e quais métodos de reuso ou reciclagem essas empresas utilizam no fim da vida útil dos equipamentos de informática.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa de cunho quantitativo e com objetivo exploratório, tendo em vista que, de acordo com Gil (2012), a abordagem quantitativa nas pesquisas implica na utilização de métodos estatísticos e matemáticos para a análise de dados.

Em relação aos procedimentos, efetuou-se inicialmente um levantamento bibliográfico relativo ao tema LR para adquirir embasamento teórico sobre o cenário da LR dos resíduos de computadores nas empresas. O levantamento dos dados ocorreu por meio da aplicação de questionários em 19 empresas privadas de médio e grande porte dos municípios de Redenção e Xinguara do estado do Pará, em seguida todos os dados foram analisados e organizados, possibilitando o levantamento das informações relacionadas a pesquisa. Dessa forma foi possível identificar a aplicação da LR ou a falta da aplicação no cenário empresarial.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia utilizada para atingir os objetivos deste artigo foi através da aplicação de 20 questionários, dos quais foram obtidas retorno apenas de 19, foram aplicados no período de 6 a 29 de agosto de 2018. A aplicação do questionário fora feita diretamente com cada gerente ou proprietário da empresa, de forma que foram 9 empresas de Xinguara e 10 de Redenção, como é exibido na Figura 1.

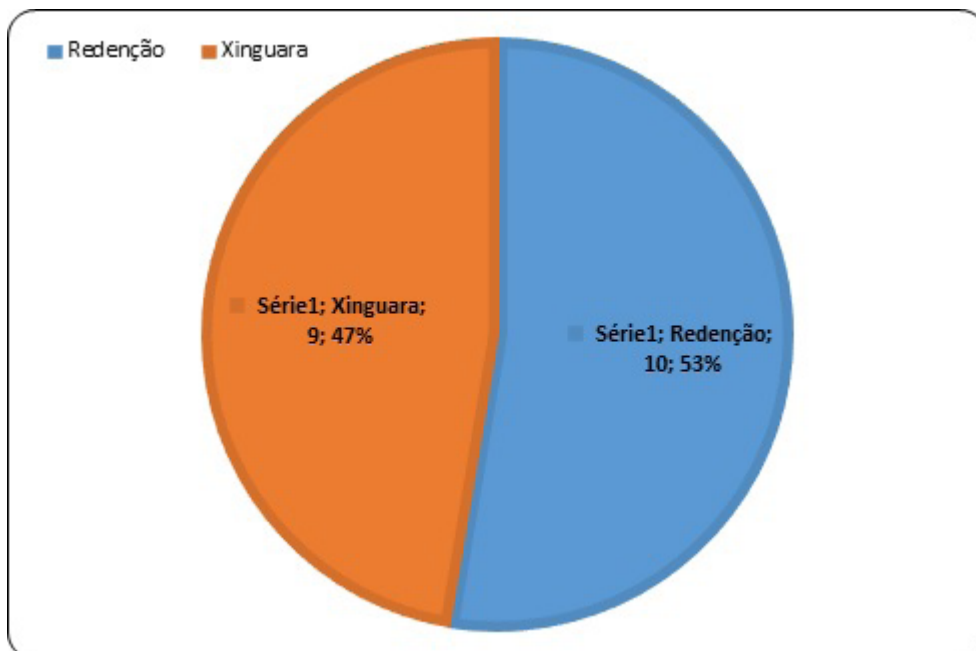


Figura 1 – Quantidade de empresas pesquisadas por cidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Em relação à aplicação do sistema de LR dos resíduos eletroeletrônicos instituídos pela lei N° 12.305/2010 (Política nacional de resíduos sólidos), observou-se, Figura 2, que 53% das empresas aplicam a Lei, 26% não aplica e 21% além de não aplicar desconhecem a Lei. Desse ponto a pesquisa prosseguiu somente com os 53% que aplicam a lei, totalizando apenas 10 empresas.

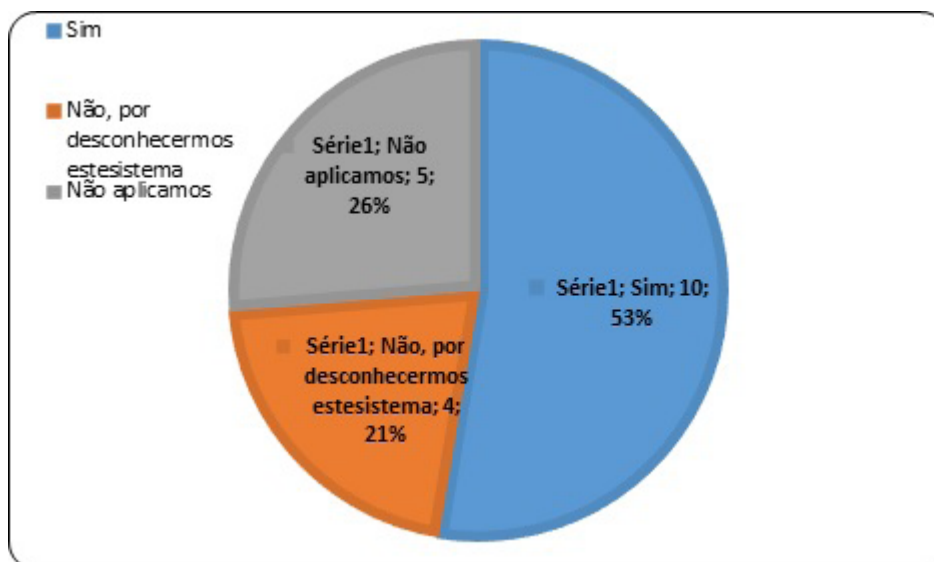


Figura 2 – Aplicação da Lei N° 12.305/2010.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Na Figura 3 estão expostos os equipamentos informáticos, essa se tratava de suma questão de múltiplas escolhas, como pode ser observado os equipamentos de redes são os mais utilizados pelas empresas pesquisadas, somando 9, constatando que apenas uma das

empresas não utilizam esse tipo de equipamento. Seguindo por desktop 7 e por fim, mídias removíveis, equipamentos periféricos, notebook e tablet todos 6.

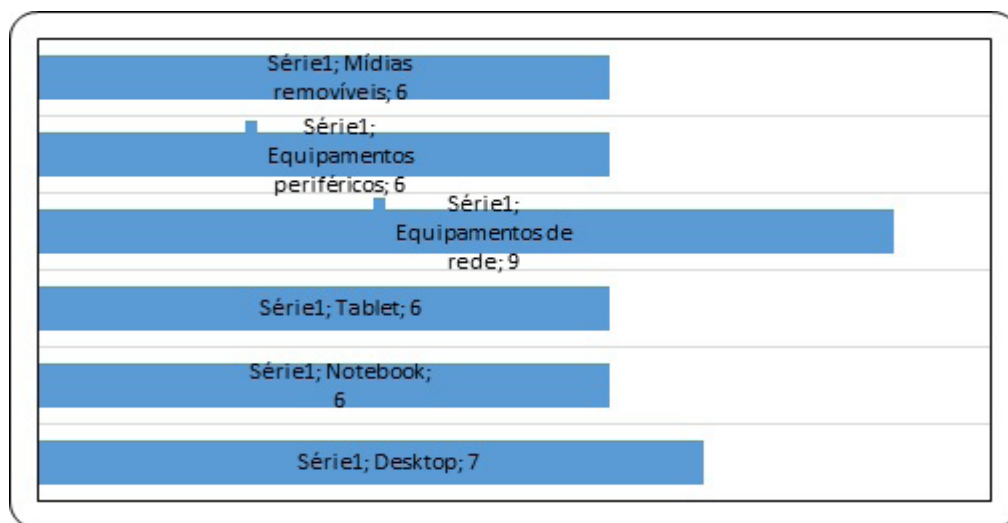


Figura 3 – Equipamentos utilizados pelas empresas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Dentre os equipamentos utilizados pelas empresas, de acordo com a Figura 4, 80% reutilizam os equipamentos e 20% apenas descartam.

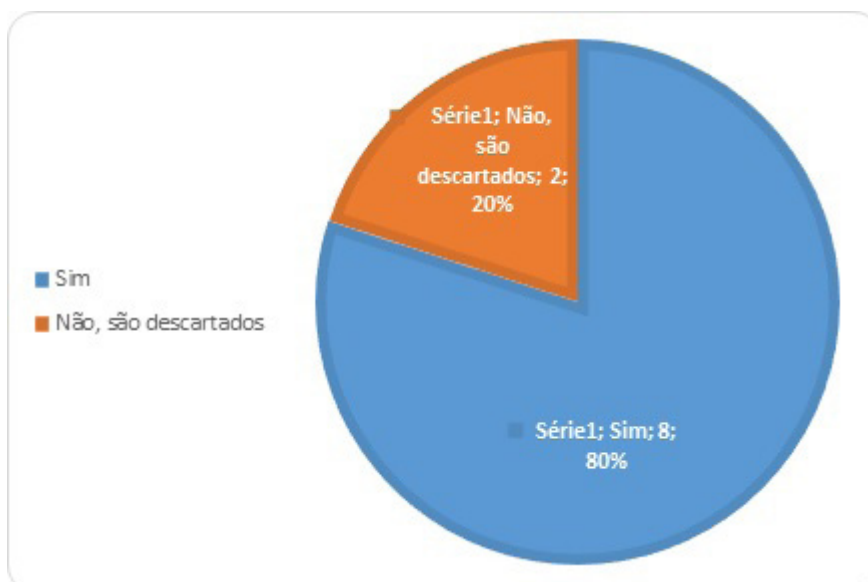


Figura 4 – Reutilização de equipamento danificados dentro da empresa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Como demonstra na Figura 5, 50% das empresas não separam o lixo e também não possuem um serviço de coleta seletiva na cidade da empresa. Além disso 30% afirmaram que fazem parte de processos de coleta seletiva, separam os materiais recicláveis onde são encaminhados aos locais devidos. Já 20% declararam que separam algumas coisas

recicláveis do lixo, mas não ocorre coleta externa diferenciada para o lixo reciclável e não-reciclável. A alternativa em que foi informado que não ocorre a separação de lixo e não há um serviço de coleta seletiva na cidade não foi selecionada por nenhuma das empresas.

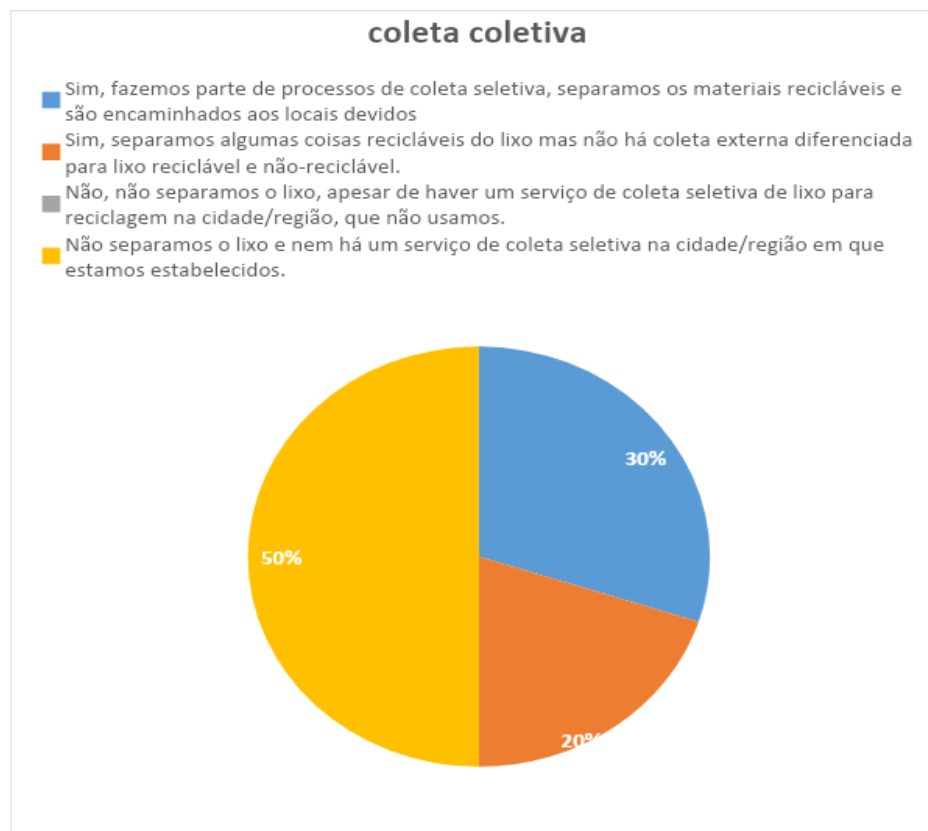


Figura 5 – Processo de coleta seletiva.

Fonte Elaborado pelos autores (2018).

A Figura 6 demonstra que a principal razão que levou as empresas a atuarem na LR foi a economia ao reutilizarem os equipamentos, que correspondem a 50%. A contribuição para preservação do meio ambiente ficou com 29%, 14% afirmaram que a valorização dos clientes também foi um fator importante



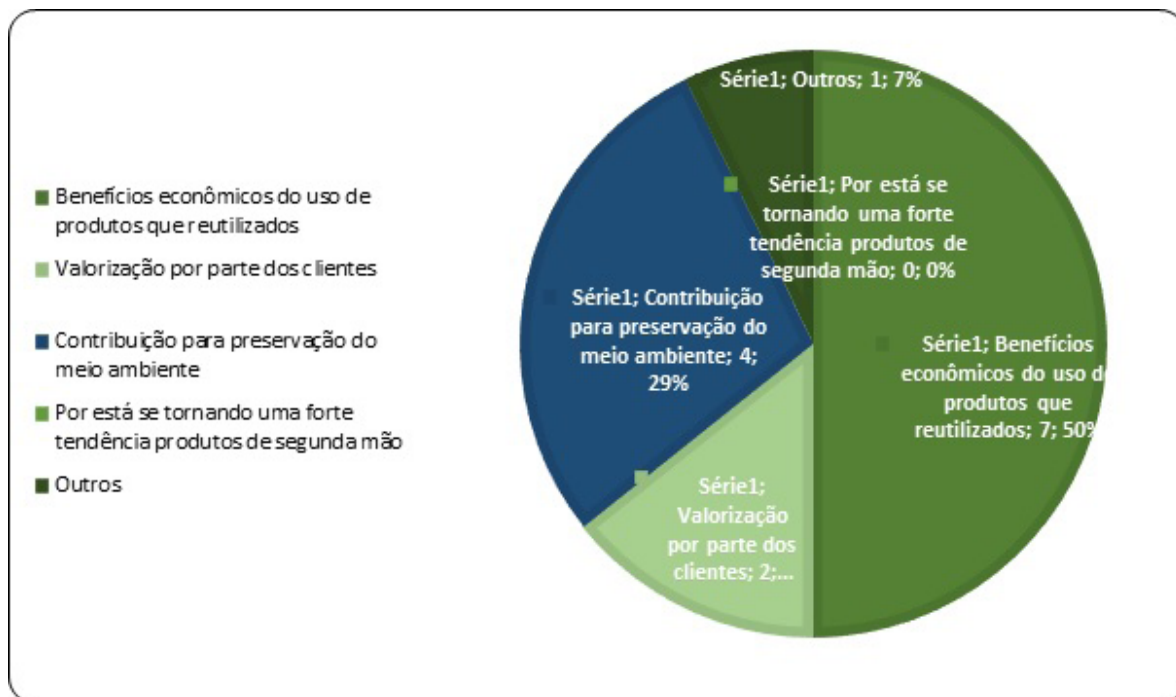


Figura 6 – Principais razões para atuação em LR.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A Figura 7 mostra que a principal dificuldade enfrentada pelas empresas é a falta de uma política pública eficaz para conduzir a atuação do setor privativos dos consumidores, somando 4 no total. A falta de orientação adequada foi a segunda opção mais marcada, levando em consideração que era uma questão de múltipla escolha, totalizando 3. O alto nível de controles internos a serem implantados e avaliados, a dificuldade de envolvimento e comprometimento dos empregados da empresa e outros, foram escolhidas por 1 empresa cada. A opção “Outro” foi adicionada a questão de Demora no processo de coleta. Gastos elevados para implantação e os fluxos reversos que não geram benefícios imediatos não foram escolhidos pelas empresas como pontos críticos para o funcionamento da LR.

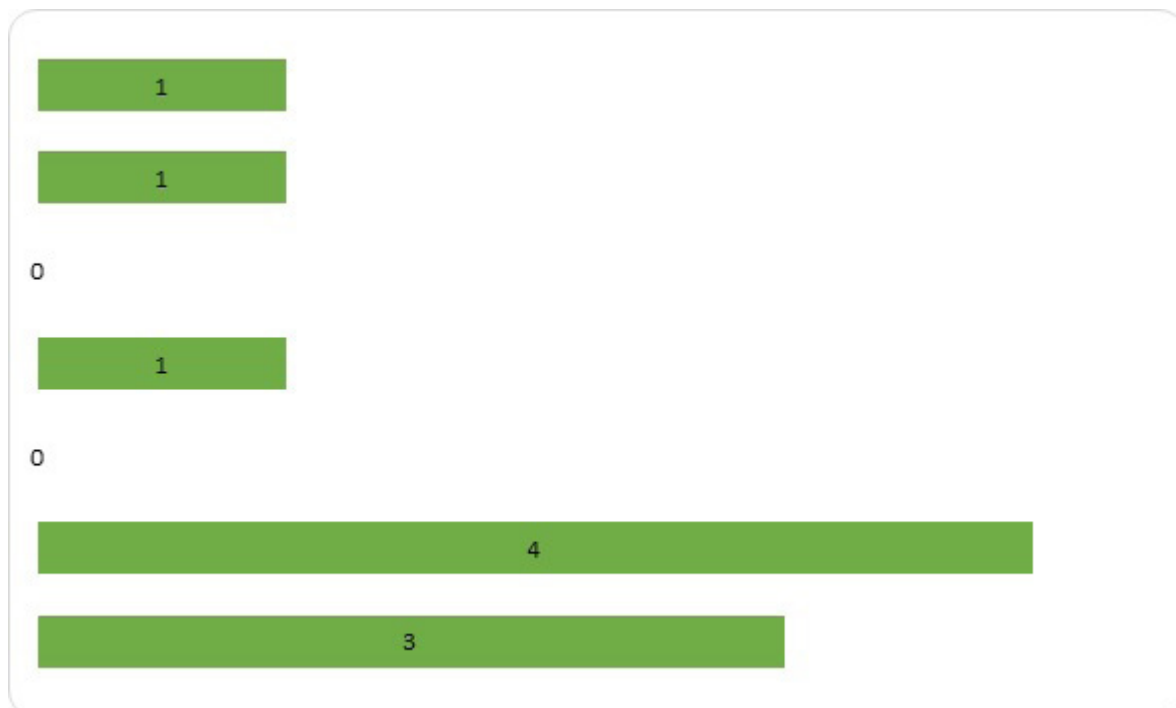


Figura 7 – Problemas ou pontos críticos da LR

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Referente a coleta dos equipamentos, a Figura 8 demonstra, 40% das empresas usam empresas particulares recolhe e levam para o destino correto, 30% afirmam que a prefeitura recolhe e encaminha para o destino correto, já em 20% a própria empresa é responsável pela coleta. E 10% corresponde a opção “Outro” referente a não ocorrer o encaminhamento e sim a reutilização dos equipamentos e nenhuma das empresas optou pela opção de coleta via programas estaduais ou federais.



Figura 8 - Coleta dos equipamentos encaminhados para o destino correto.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A figura 9, mostra que prevaleceram, com 80%, que as empresas não disponibilizam postos de coletas de materiais para a comunidade e 20% afirmam que disponibilizam, nenhuma das empresas marcaram a opção “em desenvolvimento”.

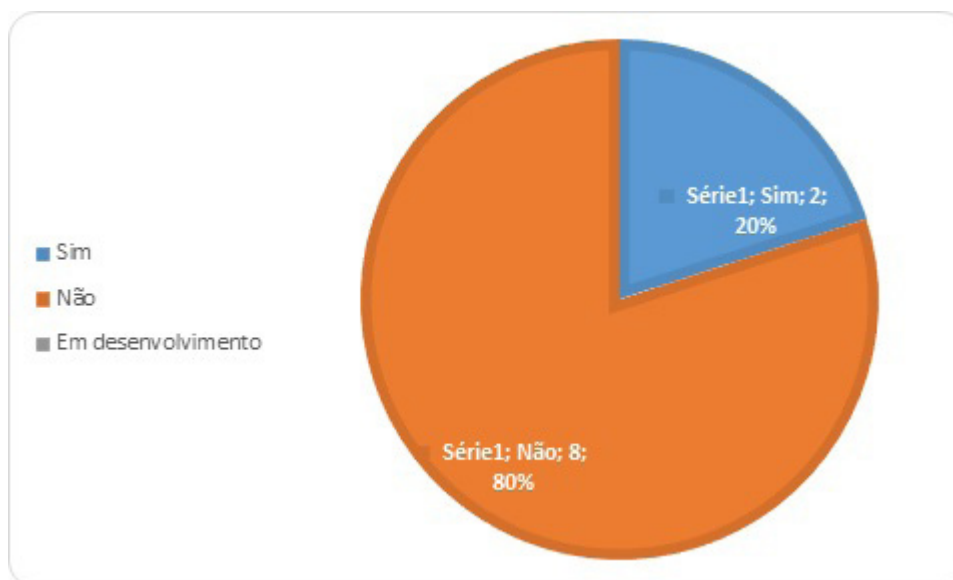


Figura 9 – Disponibilização postos de coletas de materiais para a comunidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A Figura 10 mostra que em 60% das empresas pesquisadas a LR não está sendo aplicada de maneira eficaz, demonstrando o quanto as dificuldades e problemas afetam a eficácia da técnica. As opções Sim e Em desenvolvimento correspondem a 20% cada.

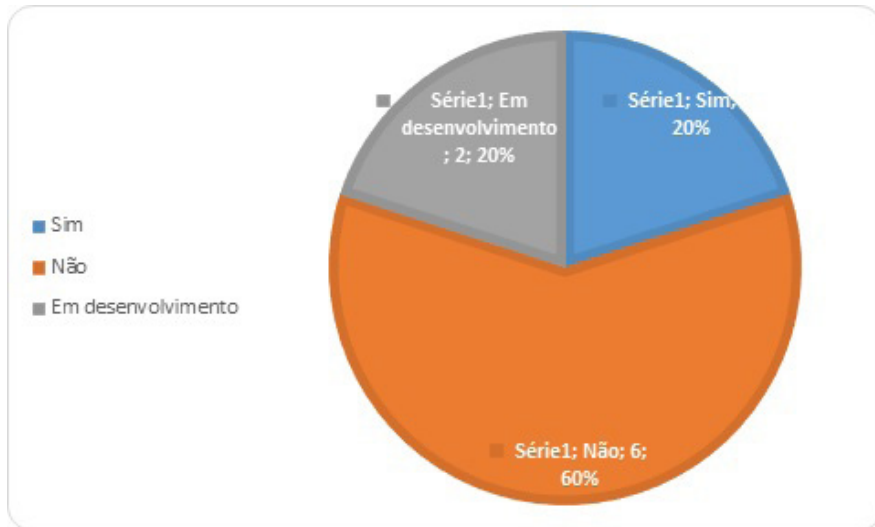


Figura 10 – A logística reversa está sendo aplicada de maneira eficaz?

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A LR é de suma importância dentro das empresas, os resultados estão expressos na Figura 11, onde 70% dos entrevistados afirmaram que a LR na empresa é importante para a empresa e 30% consideram muito importante, as opções Nada importante e Pouco importante não foram optadas.

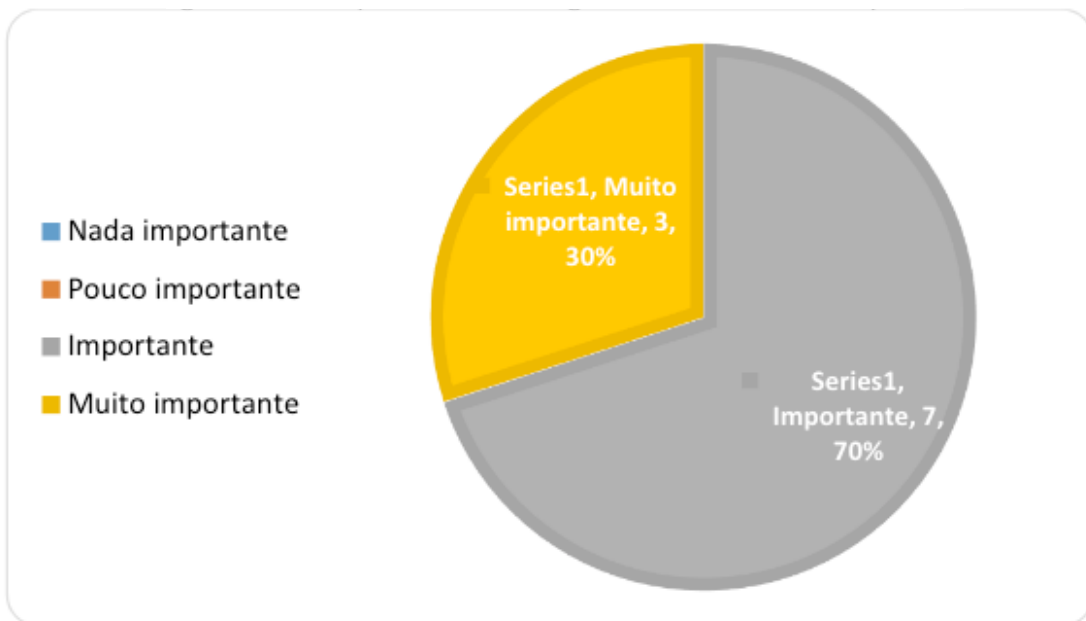


Figura 11 – Importância da logística reversa na empresa

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

## 4 | CONCLUSÕES

Neste estudo verificou-se que a importância e as diversas vantagens da implantação de sistemas de LR no meio empresarial, como o aumento da lucratividade e na preservação do meio ambiente.

Percebe-se que a Logística Reversa por ser um sistema complexo, demonstra muitas barreiras e necessidades para se adequar e ser aplicada.

Os resultados do estudo corroboram a importância do envolvimento do setor público para a elaboração de novas legislações que possam propor ações para a redução dos impactos ambientais das atividades produtivas.

Vale destacar que, a falta de conscientização e o desconhecimento dos consumidores em relação aos produtos de informática é também um fator importante que impedem o desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, torna-se claro que a LR tem ganhado cada vez mais importância, pois o aumento do lixo informático é um problema que precisa ser visto sob várias perspectivas.

## REFERÊNCIAS

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SHIBAO, F.Y; MOORI, R. G; SANTOS, M. R. **A Logística Reversa e a Sustentabilidade Empresarial**.13 ed. São Paulo, 2010.

DIAS TEIXERENSE,V; GUARNIERI, P; XAVIER,L.H. **Logística Reversa de Computadores: Estudo de Caso em uma Instituição Financeira**. 5 ed. São Leopoldo-RS.

TRIGUEIRO, F. G. R. **Logística reversa: a gestão do ciclo de vida do produto**. 2003.

MUELLER, C. F. **Logística Reversa Meio-Ambiente e Produtividade**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2005.

MACHUCA, G. P. **Logística Reversa nas Empresas**. Universidade do Norte do Paraná.

PILATTI, L. E.; PICININ, C. T.; NASCIMENTO, R. F. **O cenário da logística reversa em empresas multinacionais do município de Ponta Grossa-PR de 2010 e 2012**. R. Gest. Industr., Ponta Grossa, v. 13, n. 1, p. 120-136. 2017.

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

*Data de aceite: 23/06/2020*

*Fecha de envío: 03/03/2020*

### **Julieta Frediani**

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

### **Daniela Cortizo**

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

### **Jesica Esparza**

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

**RESUMEN:** Frente al acelerado proceso de expansión urbana que se registra en las últimas décadas en el Partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires, República Argentina), resulta de fundamental importancia considerar las diversas problemáticas urbano-ambientales que caracterizan a las tierras vacantes del municipio, con el fin de desalentar la ocupación urbana residencial en áreas de fragilidad ambiental, entornos desfavorables y/o áreas de borde. La presencia de

grandes espacios intersticiales vacantes se encuentra estrechamente asociada a una modalidad de crecimiento urbano difuso, acompañada por el incremento de población residente en áreas afectadas por procesos de degradación ambiental. Lo antes expuesto, se pone de manifiesto en los siguientes datos, reconociéndose un incremento poblacional del 21% frente a un aumento de la superficie construida del 130% en el período 1990-2010, con un total de 4800 hectáreas de tierras vacantes al año 2015 (21% del total del área urbanizable del Partido).

En este marco, el objetivo del trabajo consiste en evaluar las condiciones ambientales de estas tierras actualmente sin uso, respecto a dos variables principales: i. zonas con existencia de basurales y ii. zonas de inundación. La finalidad del trabajo reside en la necesidad de conocer las condiciones ambientales de las tierras vacantes a la hora de formular estrategias que orienten su utilización o refuncionalización, en pos de un planeamiento urbano sustentable.

Se plantea así la necesidad de trabajar fuertemente en incorporar la dimensión ambiental en las políticas urbano-territoriales actuales. En este sentido, la posibilidad de evaluar ambientalmente las tierras vacantes permitiría reconocer aquellas no aptas para

la localización de la población por sus condiciones de fragilidad ambiental o por estar situadas en entornos desfavorables, y definir estrategias para su (re)utilización en función de sus condiciones ambientales, tendiente a la construcción de ciudades más sostenibles.

**PALABRAS CLAVE:** problemáticas ambientales, tierra vacante, expansión urbana.

**ABSTRACT:** Faced with the accelerated process of urban expansion that has been registered in the last decades in La Plata City (Province of Buenos Aires, Argentina), it turns of fundamental importance to consider the several urban-environmental problems that characterize the municipality vacant lands, in order to discourage residential urban occupation in areas of environmental fragility, unfavorable environments and / or edge areas. The presence of large vacant interstitial spaces is closely associated with a diffuse urban growth modality, accompanied by the increase of resident population in affected areas by environmental degradation processes. The foregoing is evidenced in the following data, recognizing a population increase of 21% compared to a builded surface increase of 130% in the period 1990-2010, with a total of 4800 hectares of vacant land for the year 2015 (21% of the developable area of the City).

On this theoretical framework, the objective of the present work is to evaluate the environmental conditions of those vacant lands, respect two main variables: i. areas with dumps and; ii. flooded areas. The purpose of the work resides in the need to know the environmental conditions of vacant lands to formulating strategies that guide their utilization and re-functionalization, in pursuit of sustainable urban planning.

Is raised the need to work hard into incorporate the environmental dimension into current urban-territorial policies. In this sense, the possibility of environmentally assessing vacant lands would allow recognizing those not suitable for the location of the population due to their conditions of environmental fragility or for being located in unfavorable environments, and to define strategies for their (re) use according to their environmental conditions, aimed at building more sustainable cities.

**KEYWORDS:** environmental problems, vacant land, urban expansion

## 1 | EXPANSIÓN URBANA Y TIERRAS VACANTES

La problemática de las tierras vacantes se encuentra estrechamente vinculada a la denominada urbanización difusa. Esta modalidad de expansión urbana, caracterizada por un elevado consumo de recursos -suelo, energía y materiales- trae aparejada una importante degradación ambiental y repercute negativamente en la calidad de vida de sus habitantes. Esta tendencia a una ciudad cada vez más difusa se presenta como un modelo urbano insostenible.

La expansión de las ciudades propia del siglo XX y los cambios observados en su comportamiento, originaron problemas ambientales sin precedentes en dimensión y características, tales como, pérdida de tierras agrícolas, disminución de espacios verdes, abandono y deterioro de áreas centrales de la ciudad, contaminación del aire, contaminación y reducción de mantos acuíferos, extensión de trayectos entre residencia y trabajo, dispersión

de los lugares de trabajo, aumento de la segregación socioespacial, incremento de los costos de la infraestructura y servicios, aumento en costo de la vivienda, inadecuación de la regulación del uso del suelo, entre otros (Lungu, 2002). En el marco de este proceso expansivo del que dan cuenta las ciudades en las últimas décadas, las nuevas periferias constituirían la parte de la ciudad más receptiva a los cambios y transformaciones socio-territoriales. En las principales ciudades latinoamericanas, conviven en estas áreas la pobreza, la informalidad y la ausencia de infraestructura y servicios básicos, con zonas con viviendas de gran valor para sectores sociales de altos ingresos. En el proceso de expansión urbana, caracterizado por la heterogeneidad social, de estrategias y de modos de vida, los sectores de bajos y de altos ingresos compiten por las tierras vacantes que se encuentran localizadas en la periferia de la ciudad.

Las ciudades de nuestra región deben tener presente el crecimiento urbano y las cuestiones ambientales, salvaguardando el impacto social al que son expuestos sus ciudadanos. Las consecuencias medioambientales no pueden separarse de las sociales, pues las políticas destinadas a mejorar el entorno urbano, deben favorecer la calidad de vida de los habitantes, como primer medida. Se desprende de lo antes mencionado, que la construcción de esta ciudad es compleja, pues no se basa en caminos únicos. La ciudad sostenible habrá de ser múltiple y diversa en sí misma y con respecto a las otras. La sostenibilidad de las ciudades dependerá entonces de su diseño, de su configuración y del comportamiento de los sistemas sociales que las organizan y mantienen.

Bajo el convencimiento de que la expansión urbana y la degradación ambiental no necesariamente van de la mano, se debe trabajar fuertemente en incorporar la dimensión ambiental en las políticas urbano-territoriales actuales tendiente a desalentar la ocupación urbana residencial en áreas de fragilidad ambiental, entornos desfavorables y/o áreas de borde. La posibilidad de evaluar ambientalmente las tierras vacantes permitiría reconocer aquellas no aptas para la localización de la población por sus condiciones de fragilidad ambiental o por estar situadas en entornos desfavorables -áreas anegables y basurales-, y definir estrategias para su (re)utilización en función de sus condiciones ambientales, tendiente a la construcción de ciudades más sostenibles.

La ciudad resultante del actual proceso de expansión urbana, responde a una pretendida racionalización del uso del suelo, y se caracteriza por piezas cada vez más autónomas que se yuxtaponen en forma discontinua y entre las cuales proliferan numerosos espacios intersticiales vacantes. En esta nueva realidad urbana, las periferias con sus tierras vacantes constituyen la parte de la ciudad más receptiva a los cambios y transformaciones que van a producirse. Así, como señala Clichevsky (2007) los cambios socioeconómicos se expresan en las ciudades y hacen que la tierra vacante también sea distinta.

Abordar el tema de las tierras vacantes al interior del proceso de producción de la ciudad, implica abordar la problemática del uso irracional e inadecuado del suelo urbano, con el propósito de promover acciones que tiendan a una mayor ocupación y consolidación del suelo urbano. Las tierras vacantes pueden reconocerse, por un lado, como espacios de oportunidad con un importante potencial social y de uso para las diversas actividades



urbanas. Estas tierras revisten así un carácter estratégico en el control del crecimiento urbano expansivo y en la conformación de un espacio urbano consolidado. Pero, por otro lado, la tierra vacante puede constituir una forma conflictiva de extender el hábitat, si no se garantiza una adecuada movilidad de la población, y si el saneamiento y la higiene urbana no pueden concretarse. Por este motivo, la expansión urbana debería controlarse mediante políticas que estimulen la ocupación de lotes en áreas provistas de una infraestructura adecuada e impidan la producción de tierra urbana no apta para el asentamiento humano.

En Argentina, los grandes problemas de carácter urbano-ambiental, en general son el resultado de la inadecuada ocupación del territorio regida por un marco regulatorio sin gestión clara. En este marco, el objetivo del presente trabajo consiste en evaluar las condiciones ambientales de las tierras actualmente sin uso, respecto a dos variables principales: i. zonas con existencia de basurales y ii. zonas de inundación. La finalidad del trabajo reside en la necesidad de conocer las condiciones ambientales de las tierras vacantes a la hora de formular estrategias que orienten su utilización o refuncionalización. La posibilidad de orientar el crecimiento urbano futuro del Partido de La Plata, a través de la ocupación de las tierras vacantes, debe realizarse en estrecha relación con la capacidad potencial de las mismas en función de sus características ambientales.

Dado que existen diversas denominaciones para dar cuenta del suelo sin uso o subutilizado -tierra vacante, vacíos urbanos, baldíos, vacantes latentes-, en el presente trabajo se entiende por tierra urbana vacante, a los terrenos que permanecen no utilizados o subutilizados y que se encuentren dentro del perímetro de la aglomeración, o bien dentro del perímetro denominado “área urbanizable”, es decir el área en donde la legislación vigente permite usos urbanos<sup>1</sup>. Estas tierras pueden ser de propiedad privada o fiscal (sin uso o que ha sido desafectada de sus anteriores usos), y pueden encontrarse de dos formas: (a) subdivididas en parcelas denominadas “urbanas”, (b) o en parcelas rurales, que podrían ser usadas para fines residenciales, industriales, comerciales y de servicios por encontrarse dentro del área denominada “urbanizable”. No se incluyen en esta categoría a las áreas de protección ecológica y de uso público, mientras mantengan esos usos.

## **2 | APROXIMACIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA VACANCIA DEL SUELO URBANO EN EL PARTIDO DE LA PLATA**

El Partido de La Plata alberga la ciudad capital de la Provincia de Buenos Aires, y se sitúa a 60 Kilómetros de la Capital Federal, conformando junto con las localidades de Ensenada y Berisso, la Microrregión del Gran La Plata, de aproximadamente 790 mil habitantes, según datos del último censo del INDEC (2010). La Plata se encuentra dissociada morfológicamente del Área Metropolitana de Buenos Aires por el Parque Pereyra Iraola, única y última barrera

---

<sup>1</sup> En el caso de estudio, el Partido de La Plata, rige el Código de Ordenamiento Urbano, Ordenanza 10703, y nos referimos tierras iguales o mayores a una manzana, y el “área urbanizable” se define dentro de la zona que el COU denomina como Área Urbana; o tierras posibles de ser urbanizadas, dentro del Área Complementaria (áreas adyacentes al área urbana que tienen potencial, por ser zonas posibles de expansión urbana)

a la expansión urbana desde y hacia el sur.

En el Partido, el proceso de expansión urbana de las últimas tres décadas ha ocasionado un fuerte cambio en la morfología de la ciudad, un aumento de la ocupación de nuevas superficies, y la pérdida de tierras productivas. Dicho proceso se ha producido dejando grandes espacios vacantes intersticiales, lo cual redundará en el incremento en los costos económicos y socioambientales: eleva el costo de los tendidos de redes de infraestructuras básicas, dificulta y encarece la movilidad de la población, y obstaculiza la integración entre los diferentes barrios de la ciudad. Se constituye de este modo, un nuevo paisaje urbano en el cual la ciudad tradicional, abierta y continua es sustituida por otra caracterizada por fragmentos urbanos dispersos. El espacio residencial del Partido de La Plata da cuenta de cambios en el proceso de valorización del suelo urbano y de un nuevo modelo de producir, organizar y consumir la ciudad (Frediani, 2010).

En el proceso de organización territorial del Partido pueden reconocerse, a lo largo del tiempo, distintas fases constitutivas: de creación, expansión, consolidación, fortalecimiento, estancamiento y retracción de áreas urbanas, suburbanas, periurbanas y rurales. La creación y expansión de suelo urbano se asocia a un proceso de subdivisión del catastro rural en catastro urbano, así como a un lento proceso de incorporación de servicios y equipamientos urbanos. A la materialización del catastro y de los primeros servicios, sucede la autoconstrucción de viviendas en una reducida proporción de lotes urbanos. La consolidación de suelo urbano se produce a partir de un proceso dialéctico y simultáneo entre la incorporación de servicios, equipamientos urbanos y la construcción de viviendas, por un lado y la consolidación de la identidad sociocultural, por el otro. Posteriormente, el fortalecimiento del suelo urbano implica la complejización de significados y funciones frecuentes en los sitios de mayor trayectoria territorial urbana. El estancamiento del suelo urbano se refiere a viejos loteos urbanos baldíos durante muchos años, o a barrios poco consolidados que no registran variaciones demográficas, edilicias y en servicios, significativas. El estancamiento también se refiere al suelo rural improductivo o subutilizado en pequeñas fracciones intersticiales o periféricas. En el caso de La Plata, la expansión urbana con grandes espacios vacantes intersticiales puede visualizarse claramente en la siguiente figura (Fig. 1).

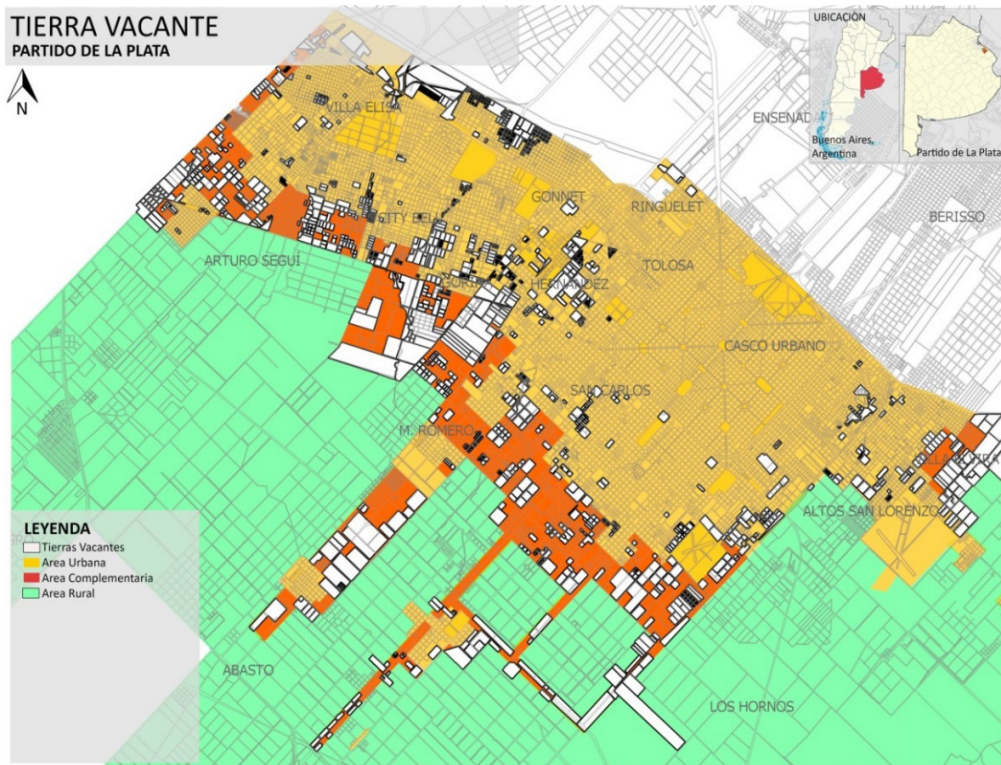


Fig. 1 Distribución de la Tierra Vacante del Partido de La Plata al año 2015.

Fuente: Elaboración Propia

**Fig. 2 Tierra Vacante del Partido de La Plata.**

Fuente: Google Earth, 2015



Fig. 2 Tierra Vacante del Partido de La Plata.

Fuente: Google Earth, 2015

El procesamiento cartográfico y digital -mediante Sistema de Información Geográfica- de la información actualizada a través de fotolectura de imágenes satelitales correspondientes al año 2015 sobre la tierra vacante del Partido (Figura 2), permitió reconocer una superficie total de 4803 ha vacantes en el área urbanizable del Partido<sup>2</sup>, y distribuidas territorialmente de la siguiente manera: 694 ha. (14,5%) en la Zona Sudeste (Villa Elvira, Altos de San Lorenzo), 1900 ha. (39,6%) en la Zona Norte (Villa Elisa, Arturo Seguí, City Bell, Gonnet, Gorina, Hernández, Tolosa, Ringuelet), y 2208 ha. (45,9%) en la Zona Sudoeste (M. Romero, San Carlos, Los Hornos, Olmos, Etcheverry, Abasto). Asimismo, se ha podido reconocer el total de parcelas vacantes, que suman aproximadamente unas 3433 parcelas, distribuidas territorialmente en: 205 parcelas (6%) en la Zona Sudeste, 2439 parcelas (71,1%) en la Zona

<sup>2</sup> Datos obtenidos del relevamiento que corresponde al trabajo “Tierra vacante y expansión urbana. Aporte teórico metodológico para una futura intervención desde un enfoque sostenible. el caso del Partido de La Plata, Tesis de Maestría en Ciencias del Territorio. Cortizo, D. (2018).

Norte, y 789 parcelas (22,9%) en la Zona Sudoeste (Tabla 1).

	Ha vacantes	%	Parcelas vacantes	%
<b>ZONA NORTE</b>	1900,7	39,6%	2439	71,1%
<b>ZONA SUDESTE</b>	694,6	14,5%	205	6%
<b>ZONA SUDOESTE</b>	2208	45,9%	789	22,9%
<b>TOTAL</b>	4803,5	100%	3433	100%

Tabla 1 Distribución de las Tierras Vacantes en el Partido de La Plata.

Fuente: Elaboración Propia

Si se analiza la distribución de las tierras vacantes al interior del municipio, el mayor porcentaje de la superficie en estado de vacancia se encuentra localizada hacia el SE, coincidentemente con la periferia urbana que registra los mayores niveles de densificación y un crecimiento poblacional del 18% en el período 2001-2010, resultante entre otros factores de la importante cantidad de asentamientos informales y otras modalidades de hábitats precarios. Sin embargo, la mayor cantidad de parcelas se encuentra localizada al interior del eje SO del Partido -periferia que registra el mayor crecimiento poblacional 2001-2010, aproximadamente un 21%-, poniéndose de manifiesto que el tamaño de las parcelas vacantes es mayor al interior del eje de sudeste que hacia el eje sudoeste.

### 3 | EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS TIERRAS VACANTES

La estrecha relación que existe entre crecimiento urbano, degradación y riesgo ambiental se ha convertido, en los últimos años, en parte principal de la agenda gubernamental de muchos países en Latinoamérica. El proceso de crecimiento poblacional y su consecuente ocupación del suelo ha incrementado la presión sobre los recursos naturales del territorio, generando inmanejables riesgos ambientales. Lungo y Baires (1996), exponen al respecto que *“los riesgos ambientales urbanos son aquellos que se generan como producto de la interacción entre una gama de amenazas naturales (temporales, inundaciones, deslizamientos, etc.) y antrópicas (la forma de urbanización y construcción, el no tratamiento de los desechos, etc.), con el aumento de la vulnerabilidad social y económica”*. En este sentido, es clara y directa la relación que existe entre riesgo ambiental y áreas vacantes en sectores de expansión urbana, reconociendo que no existe problema ambiental sin la existencia de una población que lo padezca.

Por ello, en Argentina -como en muchos otros países- las problemáticas de carácter urbano-ambiental se originan cuando los sectores de tierra vacante, son ocupados y/o utilizados inadecuadamente. Los problemas ambientales significantes son: inundaciones; irregularidad entre demanda y oferta de áreas verdes; contaminación sonora; contaminación del aire; manejo de los residuos sólidos domiciliarios, patogénicos y peligrosos; contaminación

de las cuencas hídricas; desabastecimiento en de servicios básicos de infraestructura, particularmente saneamiento y energía eléctrica<sup>3</sup>.

En el caso de ciudades como La Plata -con un crecimiento urbano con una planificación urbana que no concibe integralmente aspectos relacionados al ordenamiento urbano y ambiental-, los nuevos asentamientos formales e informales no son regulados por el ente municipal, y por lo tanto, no garantiza óptimas condiciones habitacionales de sus habitantes. Sectores de inundaciones recurrentes o áreas de basurales, constituyen el escenario habitual de muchos habitantes platenses.

Respecto a las variables urbano-ambientales que se desarrollan en este trabajo, a las mismas se le otorga serie de atributos que refieren a la magnitud del impacto, su temporalidad y su área de influencia, transmitidas en una valoración de la problemática, sea áreas de basurales y áreas inundables (Esparza, 2015). Cabe destacar que la metodología utilizada para la evaluación ambiental de las tierras vacantes consistió en la recolección y sistematización de información primaria, cuya integración se realizó a partir de un Sistema de Información Geográfica en formato vectorial (software gratuito gvSIG versión 1.12) para la obtención de la cartografía temática. Si bien se parte de considerar las limitaciones del uso de estos sistemas como herramienta metodológica, ya que los mismos no reflejan la realidad neutral, se reconoce que los mismos presentan importantes ventajas respecto al manejo y análisis de información geo-referenciada.

En relación a las áreas afectadas por la presencia de basurales, el principal conflicto en la gestión de los mismos, es la creciente acumulación transitoria o crónica de residuos en la modalidad de montículos, y pequeños, medianos y grandes basurales. Los lugares con mayor afectación son terrenos baldíos, casas abandonadas o en construcción, esquinas (principalmente, dentro del casco urbano) y asentamientos precarios, márgenes de vías férreas y vías principales, cavas y arroyos (fuera del casco urbano). Se consideran que no tienen un volumen constante ya que existen servicios del municipio que periódicamente los detectan y trasladan hacia el actual relleno sanitario del CEAMSE (ubicado en el partido de Ensenada). Pero una vez removidos nuevamente son utilizados para volcar residuos, considerándolo de volumen variable, por contar con una recolección parcialmente sistematizada. En el caso de los basurales sin ningún tipo de recolección, los mismos se consideran constantes en su localización y crecientes en su contenido. Asimismo, se denomina de *composición fija* cuando los residuos permanecen en el lugar de disposición y de *composición móvil* cuando los residuos pueden ser arrastrados por cuerpos de agua superficiales (Fig. 4). En este sentido, se analizan tres tipos de basurales: i. Aquellos que se trasladan al CEAMSE pero no son erradicados (de mayor importancia y envergadura, ya que se consideran de difícil erradicación debido a su extensión en el territorio); ii. Aquellos de composición fija pero de fácil erradicación y; iii. Aquellos de composición móvil de fácil erradicación (Fig 3).

Respecto al estudio de las áreas de inundación estudiadas, cabe aclarar que la ciudad de La Plata, se asienta sobre un sistema hidrológico de llanura donde el casco urbano y las

<sup>3</sup> Informe de Diagnóstico Área Ambiental. (1999) Plan Urbano Ambiental. Gobierno de la ciudad de Buenos Aires.

áreas periféricas se encuentran atravesados por arroyos subsidiarios del Río de La Plata. El municipio de La Plata limita al noreste con los de Ensenada y Berisso, los cuales se localizan sobre áreas aluvionales naturales consolidando las costas y generando albardones costeros. Entre las áreas urbanas de Ensenada y Berisso y la planicie alta donde se localiza la ciudad de La Plata, existen grandes extensiones de bañados, que actúan como *buffers* naturales (Arteaga, 2012).

En este sentido, las inundaciones recurrentes en la ciudad de La Plata se deben fundamentalmente a la falta de un plan hidráulico integral, donde se deben considerar principalmente las siguientes cuestiones:

i. *Cambio climático*: el fenómeno aumentó el porcentaje de precipitaciones desde 1990. Se incrementó en el Gran La Plata, más de un 30%;

ii. *Ausencia de planificación*: la construcción de caminos y autopistas que perjudican el normal escurrimiento de las aguas (Camino Centenario, Autopista Bs. As. – La Plata, vías del FF.RR. Roca) y las zonas donde se producen construcciones informales a los lados de los arroyos El Gato, El Carnaval y Rodríguez que provocan fallas en el funcionamiento de los cursos de agua, así como el propio crecimiento urbano que densifica y ocupa suelo impermeable y;

iii. *Invernaderos impermeables*: son instalados para producción hortícola y florihortícola típica de la zona lo cual concentra e incrementa el caudal de agua en determinadas zonas.



Fig. 3. Presencia de Basurales en el Partido de La Plata.

Fuente: Diario El Día (9/3/17; 14/08/18; 11/07/18).

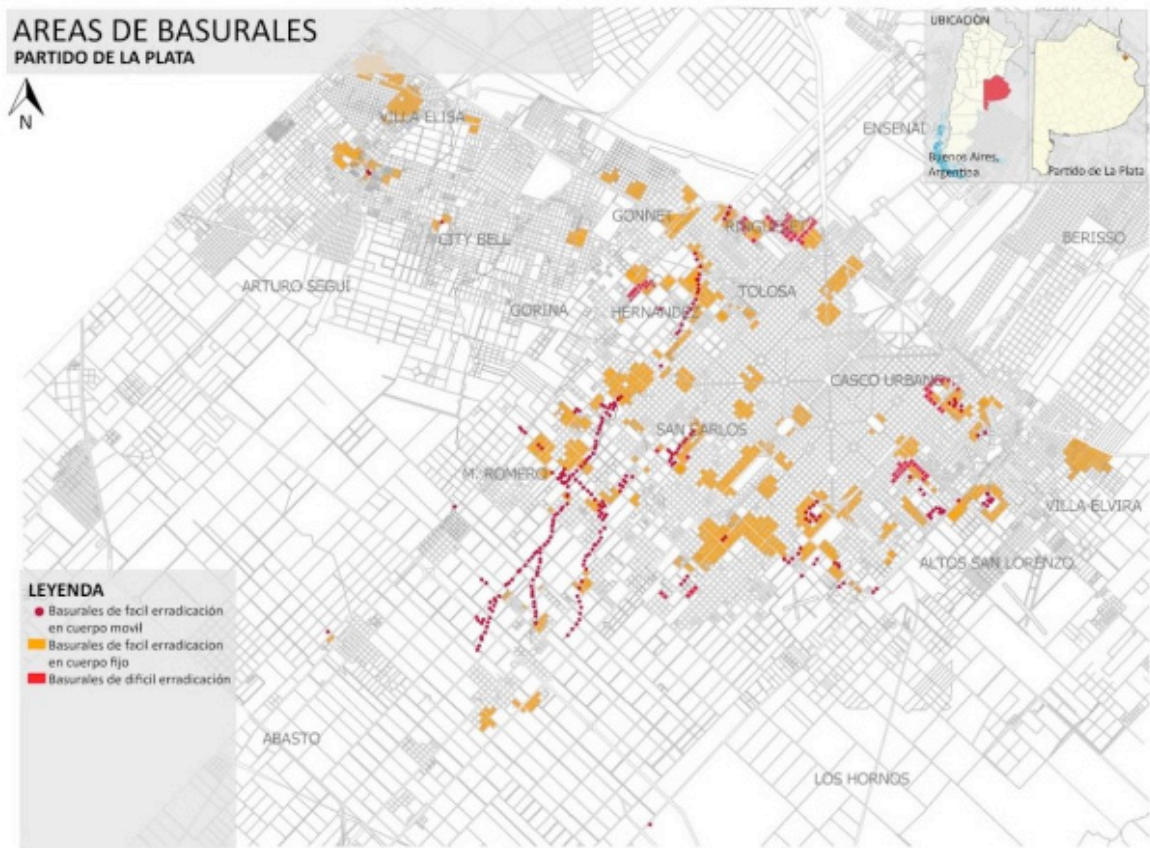


Fig.4 Distribución de los tipos de basurales en el Partido de La Plata.

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, aunque las inundaciones que sufre hoy en día la región, son originadas principalmente por causas climáticas y edáficas, los análisis realizados permiten afirmar que las causas de las inundaciones son intensamente agudizadas por factores antrópicos. (Galafassi, 2004). Por ejemplo, en abril del año 2013, una inundación sin precedentes ocurrió en la ciudad de La Plata, registrándose un margen de precipitaciones que marcó un récord histórico para ese mes y en esta región con una intensidad de 390 mm en cuatro horas<sup>1</sup>. En este caso, el índice de valoración se realiza en función de la ubicación e identificación de canales, arroyos y causas de agua, donde se estima un “área de influencia” de 200 metros. Esto ha permitido reconocer aquellas zonas con riesgo hídrico, de mayor importancia y envergadura respecto al análisis realizado en este trabajo, o sin riesgo hídrico. En consecuencia, son puestas en valor, aquellas áreas vacantes ubicadas en torno a zonas con riesgo hídrico (Fig. 5) (Fig. 6).

<sup>1</sup> Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. (2013). Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de La Plata de la Universidad Nacional de La Plata. [http://www.ing.unlp.edu.ar/institucional/difusion/2013/inundacion\\_informe](http://www.ing.unlp.edu.ar/institucional/difusion/2013/inundacion_informe)

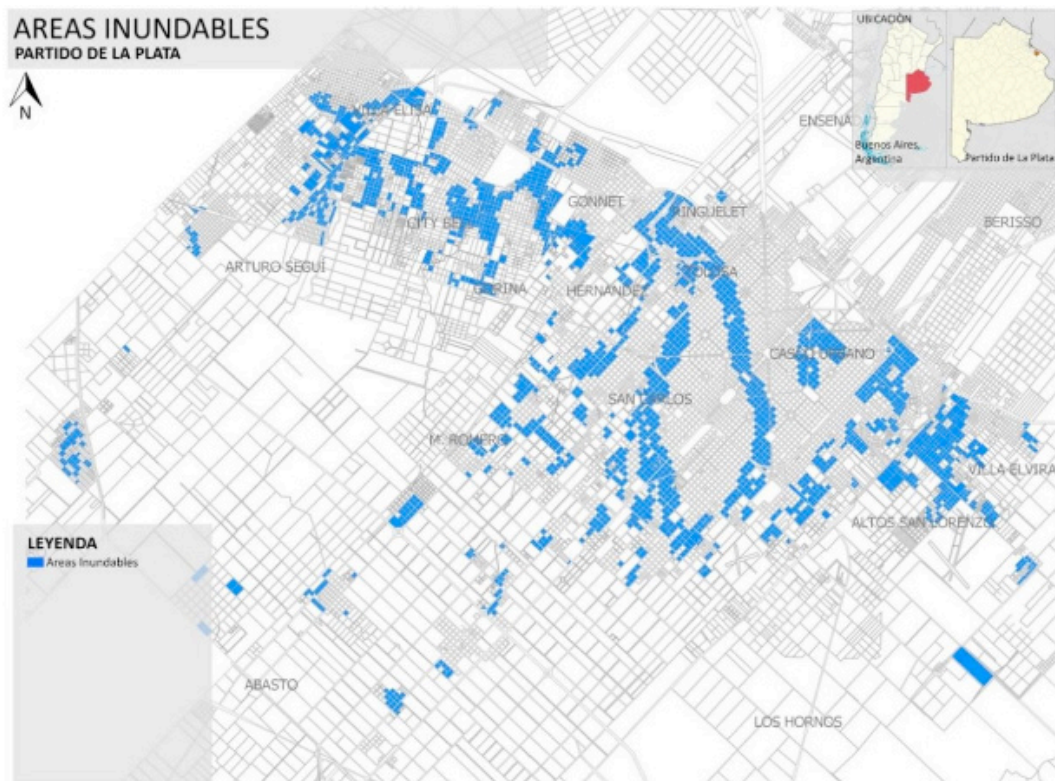


Fig.5 Áreas de inundación en el Partido de La Plata.

Fuente: Elaboración Propia



Fig. 6 Áreas urbanas expuestas a riesgo hídrico en el Partido de La Plata.

Fuente: Vecinos del Barrio Evita, Altos de San Lorenzo, Partido de La Plata (Diciembre, 2018) y Diario Perfil, 06/03/2019

Como se mencionó anteriormente, el objetivo central de este trabajo, es la identificación de aquellas áreas vacantes que se encuentran afectadas por inundaciones y basurales para la formulación de estrategias que orienten su utilización o re-funcionalización en el contexto de un marco regulatorio integral. Para ello, las variables urbano-ambientales involucradas en este trabajo, han sido estructuradas en 5 escenarios de acuerdo a su previa calificación.

Estos son:

- i. tierras vacantes insertas en el área urbanizable del partido;
- ii. tierras vacantes afectadas por basurales de fácil erradicación (cuerpo móvil);
- iii. tierras vacantes afectadas por basurales de fácil erradicación (cuerpo fijo);



- iv. terras vacantes afectadas por basurales de difícil erradicación y;
- v. terras vacantes afectadas por inundaciones (áreas con riesgo hídrico)

El resultado de estos escenarios, se obtuvo mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG-GVsig-) y a partir del cual, se identificaron aquellas tierras vacantes que son afectadas por los distintos tipos de basurales y por las áreas de inundaciones. Para ello, se realizó una “ponderación relativa”, la cual se instrumenta mediante la cualificación de cada aspecto urbano-ambiental respecto y su afectación a las tierras vacantes estudiadas. En consecuencia, se establece un “ranking” cuyo intervalo de valoración se extiende entre, menos cero (0) y siete (7). Esta ponderación incluye un análisis de cualidades -atributos de valoración- de carácter objetivo dependiente de las variables analizadas, en donde se califica cada uno de ellos y luego se establece una suma algebraica. La valoración es de *carácter relativo*, dado que los aspectos evaluados pueden modificar sus umbrales de valoración en función de alguna modificación en alguna de sus cualidades. En tal sentido, la matriz que se establece, identifica 8 tipos de afectación sobre esas tierras vacantes. El **0** (cuando las tierras vacantes no se encuentran afectadas por riesgo hídrico ni basurales), el **1** (afectadas por basurales de fácil erradicación en cuerpo fijo), el **2** (afectadas por basurales de fácil erradicación en cuerpo móvil), el **3** (afectadas por los dos tipos de basurales simultáneamente), el **4** (terras vacantes afectadas por riesgo hídrico), el **5** (afectadas por riesgo hídrico y basurales en cuerpo fijo), el **6** (afectada por riesgo hídrico y basurales en cuerpo móvil), y por último el **7** (cuando las tierras vacantes se encuentran afectadas por riesgo hídrico, y basurales de fácil erradicación en cuerpo móvil y en cuerpo fijo) (Tabla 2) (Fig. 7).

	Sin Riesgo Hídrico	Con Riesgo Hídrico
Sin basural	<b>0</b>	<b>4</b>
Basural de Fácil Erradicación Cuerpo Fijo	<b>1</b>	<b>5</b>
Basural de fácil erradicación cuerpo móvil	<b>2</b>	<b>6</b>
Basural cuerpo móvil + basural cuerpo fijo	<b>3</b>	<b>7</b>

Tabla 2: Matriz para la evaluación ambiental

Fuente: Elaboración Propia

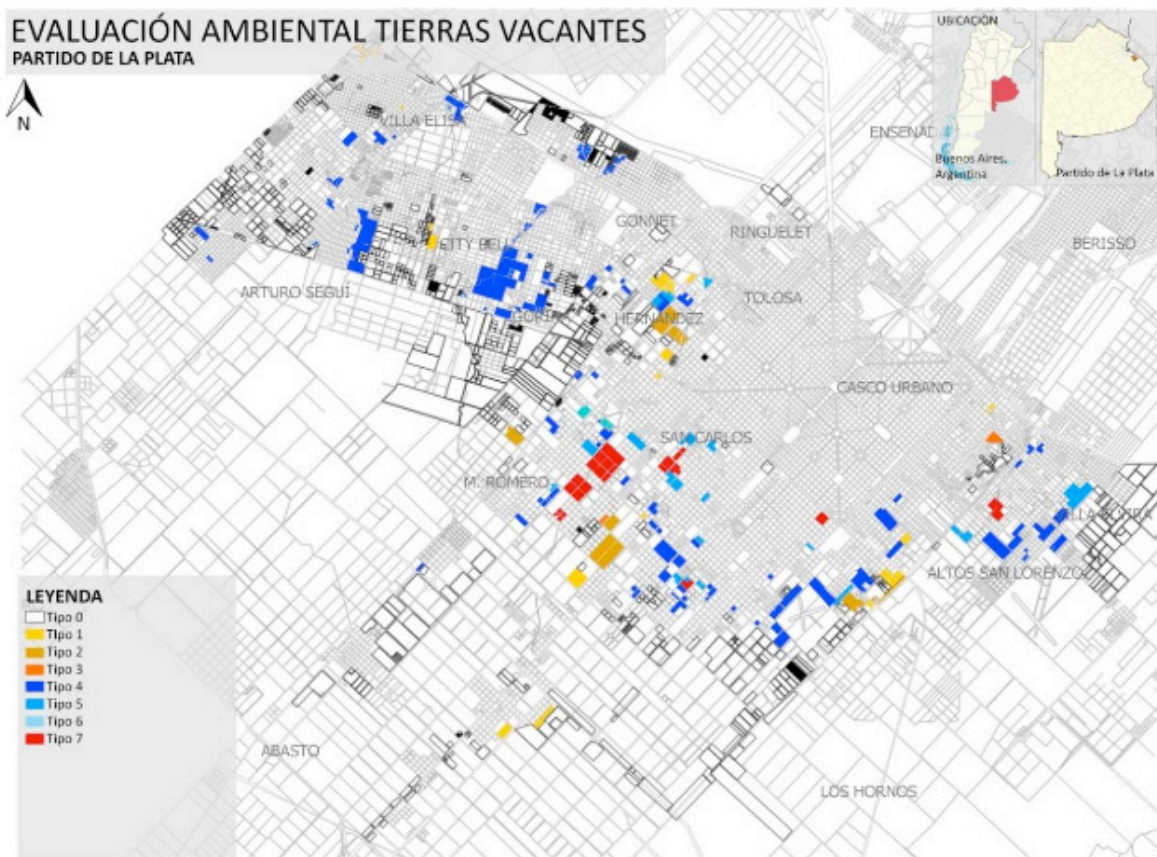


Fig.7 Evaluación Ambiental de la tierra vacante en el Partido de La Plata.

Fuente: Elaboración Propia

En el mapa que se presenta a continuación, se reconocen ocho tipos de afectación de las áreas vacantes, cuyo rango permitió identificar aquellas sin ningún tipo de afectación (Figura 7, color blanco) y aquellas sumamente afectadas por las variables estudiadas (Figura 7, color rojo). Asimismo, el cruce de variables en un sistema de información geográfica, no solo ha permitido la obtención del mapa (resultado gráfico), sino el resultado estadístico de aquellas áreas afectadas. En la Tabla 3, se observa la cantidad de tierras vacantes afectadas y el porcentaje correspondiente de la totalidad de las mismas. Como se dijo anteriormente, el resultado del cruce de las variables, ha permitido reconocer que casi el 70% de las tierras no se encuentran afectadas por inundaciones o basurales, lo que indica un resultado favorable para la re-funcionalización de las mismas. Por otro lado, un porcentaje importante (18%) son afectadas por la presencia de zonas inundables y muy por debajo, con sólo un 4%, aquellas tierras vacantes afectadas por basurales de fácil erradicación (cuerpo fijo). (Tabla 3).

<b>TIPO</b>	<b>Cantidad de tierras</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>0</b>	2370	69,03 %
<b>1</b>	136	3,96 %
<b>2</b>	40	1,16 %
<b>3</b>	4	0,11 %
<b>4</b>	618	18,03 %
<b>5</b>	171	4,98 %
<b>6</b>	31	0,90 %
<b>7</b>	63	1,83 %
<b>TOTAL</b>	<b>3433</b>	<b>100 %</b>

Tabla 3: Síntesis Cuantificación de tierras vacantes según tipo.

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, esta caracterización ambiental precedente adquiere especial relevancia a la hora de pensar posibles estrategias que orienten su utilización o refuncionalización, si se relaciona las tierras vacantes con los usos reales del suelo. El reconocimiento del entorno urbano-territorial en el cual se hayan localizadas estas tierras actualmente sin uso permite proponer posibles usos futuros en función de relaciones de complementariedad y compatibilidad. En este sentido, las tierras vacantes al interior del eje noroeste de crecimiento se encuentran localizadas en zona adyacente a usos residenciales urbanos, clubes de campo y residencial jardín, pudiéndose proponer para dichas tierras hoy vacantes su utilización para fines residenciales, con excepción de aquellas que presentan tipo de afectación 4, es decir, tierras vacantes afectadas por riesgo hídrico, que podrían usarse para reservorios para el control de inundaciones y espacios públicos (previa adquisición por parte del Estado con la finalidad de desalentar el uso residencial en áreas de riesgo).

Por su parte, en el eje sudoeste de crecimiento, se observa una localización de estas tierras más dispersa, a modo de “salpicado” al interior de la mancha urbana. Este eje presenta un uso del suelo con mayor grado de mixticidad, en donde conviven fuertemente el uso urbano y el rural productivo. Es al interior de este eje de crecimiento donde se presenta la mayor cantidad y superficie de tierras vacantes con grado de afectación 7, es decir, tierras afectadas por riesgo hídrico, y basurales de cuerpo móvil y cuerpo fijo. La diversidad de estrategias que se propongan para la utilización o refuncionalización de las tierras sin uso en este sector del Partido de La Plata será notoriamente mayor a las planteadas en el caso anterior (absorción de aguas pluviales, depuración del aire, espacios de recreación y encuentro social, mejoramiento paisajístico de los barrios, entre otros), desalentando fuertemente el uso de residencial en aquellas identificadas con mayor grado de afectación.

Mientras que aquellas tierras vacantes no afectadas por basurales ni riesgos de inundación al interior de este eje podrían ser utilizadas para fines predominantemente rurales productivos, valorizando esta actividad muy importante en la región.

Por último, en el eje sudeste de crecimiento presenta la mayor cantidad de tierras vacantes localizadas en el borde del área urbana en expansión, más precisamente a modo de área fuelle entre el área urbana y rural. En esta zona sudeste predomina el uso residencial, pero en condiciones más precarias, con alta presencia de asentamientos informales. Muchas de estas tierras son inundables, por lo que las tierras vacantes que no tienen riesgo hídrico podrían pensarse en pos de mejorar la situación actual de estos habitantes, como así también para la instalación de equipamientos, que en la actualidad son escasos en la zona.

#### 4 | REFLEXIONES FINALES

En las principales ciudades Latinoamericanas, el proceso de expansión urbana y el crecimiento poblacional han causado irregularidades entre los asentamientos y los problemas de carácter ambiental. En tal sentido, la falta de regulaciones claras y marcos legislativos que impulsen un ordenamiento territorial con conciencia urbana y ambiental, han promovido el origen de problemáticas de esta índole. Frecuentemente, en Argentina los grandes problemas de carácter urbano-ambiental, son el resultado de la inadecuada ocupación del territorio regida por un marco regulatorio sin gestión clara.

Puntualmente, las tierras vacantes - las cuales actúan como áreas intersticiales del tejido urbano- propician el origen de asentamientos informales tendientes a la precariedad en servicios de infraestructura y salubridad, así como también a la proliferación de vectores contaminantes - basurales y montículos de basura-. Del mismo modo, surgen asentamientos en áreas de riesgo hídrico, principalmente en márgenes de arroyos previamente contaminados.

En este trabajo, se estudia la situación de las tierras vacantes en relación a la problemática ambiental, particularmente por contaminación de basurales y/o en áreas de riesgo hídrico (inundaciones). Como resultado del mismo, se logró poner de manifiesto la importancia de una planificación urbana de carácter transdisciplinario y multidimensional, que contribuya a analizar la producción de suelo urbano en áreas de fragilidad ambiental. Planificación urbana que cuente además con herramientas que permitan la identificación de zonas urbanas vulnerables o generadoras de vulnerabilidad territorial donde destinar parte del presupuesto y esfuerzos municipales-regionales, tendiente a la reducción de dichas condiciones de vulnerabilidad y al logro de un futuro menos adverso para la población. La ocupación residencial en zonas naturalmente anegables -planicies de inundación de arroyos o planicie costera-, así como aquellas en torno a extensos basurales a cielo abierto de gran contaminación y perjudiciales para la salud humana, deberá ser desalentada por sus consecuencias sociales, ambientales y económicas. A modo de ejemplo, la expansión urbana en estas áreas impacta negativamente a través del aumento en la cantidad de canteras por la necesidad de suelo requerido para elevar los terrenos. Por los motivos antes expuestos, la vacancia de tierra constituye una instancia básica e indispensable para el desarrollo urbano

y de los distintos sectores sociales, dado que un uso y/o una reutilización racional de estas tierras podrían contribuir a recomponer y ordenar la ciudad en su totalidad, favoreciendo la integración socioterritorial.

Por último, el trabajo permitió obtener resultados concretos y tácitos sobre la situación actual de las tierras vacantes urbanas del Partido La Plata. Se determinó cuáles son, qué extensión tienen y la ubicación particular respecto a las áreas de riesgo hídrico y de basurales. En tal caso, se observó que las tierras vacantes más afectadas, e incluso de gran extensión, se encuentran en las delegaciones de San Carlos y Melchor Romero (eje SO). Estos resultados, constituyen el primer insumo para la diagramación y gestión de mejoras, re-utilización y re-funcionalización de las mismas respecto al mapa de usos del suelo real que se ha presentado.

## REFERÊNCIAS

ARTEAGA, A. *Metodología para la gestión del riesgo de inundaciones. El caso del Arroyo del Gato, Municipio de La Plata, Argentina*. Tesis de Maestría en Desarrollo Urbano y Territorial: Gestión y Transformación de las Ciudades en Países en Desarrollo Universidad Politécnica de Catalunya, España. 2012.

CLICHEVSKY, N. La tierra vacante revisitada. Elementos explicativos y potencialidades de utilización, **Cuaderno Urbano** (6), 195-220. 2007.

CORTIZO, D. *Tierra vacante y expansión urbana. Aporte teórico metodológico para una futura intervención desde un enfoque sostenible. El caso del Partido de La Plata*. Tesis de Maestría en Ciencias del Territorio, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. 2018.

Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. Departamento de Hidráulica, de la Facultad de Ingeniería de La Plata de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. 2013. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27334>

ESPARZA, J. *Diagnostico Urbano-Ambiental en las distintas escalas espaciales de la ciudad. Su aplicación en la ciudad de La Plata*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata. 2015.

ESPARZA, J. Identificación y análisis de áreas inundables a partir de una metodología de integración de escalas espaciales. Caso de estudio: La Plata, Buenos Aires, Argentina. Sección especial. **Cuaderno Urbano**. Espacio, Cultura, Sociedad. 27 (27), 135-163. 2019.

FAUSTO BRITO, A. Y RÁBAGO, J. ¿Vacíos urbanos o vacíos de poder metropolitano?, **Ciudades**, 49, 33-39. 2001.

FREDIANI, J. La expansión residencial en áreas periurbanas del Partido de La Plata. Las modalidades expansivas formal cerrada e informal abierta. **Proyección** (9), 131-165. 2010.

GALAFASSI, G. **Desarrollo urbano y condiciones ambientales. El área del Gran La Plata**. Mundo Urbano. 2004.

ROMANAZZI, P. (Coordinador) Plan de Reducción del Riesgo de Inundaciones en la región de La Plata (RRI La Plata). Universidad Nacional de La Plata (UNLP) Facultad de Ingeniería Departamento de Hidráulica UIDET Hidrología, Municipalidad de La Plata. 2019. Recuperado de: <https://quehacerlaplata.org/>

Informe de Diagnóstico Área Ambiental. Plan Urbano Ambiental. Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. Argentina. 1999.

LUNGO, M. Expansión urbana y regulación de la tierra en Centroamérica antiguos problemas, nuevos desafíos. En: Mario Lungo (Comp.). **Riesgos Urbanos**. San Salvador, El Salvador. PNUD, OPAMSS, Istmo Editores. 2002.

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

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 28/02/2020

### **Levi Pires de Andrade**

Instituto Federal de Mato Grosso  
Cuiabá – MT

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2331-3467>

Link Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/4835803128739663>

### **Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira**

Universidade Federal de Mato Grosso  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e  
Tecnologia  
Cuiabá – MT

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9227-2999>

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/8280601583280522>

### **José de Souza Nogueira**

Universidade Federal de Mato Grosso  
Instituto de Física  
Cuiabá – MT

Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0003-2504-7924>

Link Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/5893185001802390>

### **Flávia Maria de Moura Santos**

Universidade Federal de Mato Grosso  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e  
Tecnologia  
Cuiabá – MT

Link Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/4000857814123856>

### **Carlo Ralph De Musis**

Universidade de Cuiabá – UNIC  
Cuiabá – MT

Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0001-6047-1304>

Link Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/2229878954372934>

### **Jonathan Willian Zangeski Novais**

Universidade de Cuiabá – UNIC  
Cuiabá – MT

Orcid ID:

<http://orcid.org/0000-0002-6598-3138>

Link Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/5665663207008673>

**RESUMO:** Nas últimas décadas Cuiabá experimentou um crescimento populacional acentuado e também um aumento intenso no número de veículos. Com isto, os níveis de concentrações de material particulado têm ultrapassado os limites toleráveis indicados pela Organização Mundial de Saúde. Esta pesquisa estuda as correlações entre os dados meteorológicos, Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar, Velocidade do Vento, e as concentrações de poluentes atmosféricos, MP (Material Particulado de

diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$ ) e monóxido de carbono. O estudo mostra que a qualidade do ar em Cuiabá é inadequada e tem correlação com as variáveis meteorológicas e com o tráfego de veículos na cidade. A concentração de MP é: trânsito intenso MP = 94,93  $\mu\text{g.m}^{-3}$  e trânsito moderado MP = 57,56  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Com isto há a necessidade de se redefinir o planejamento e a execução de políticas públicas que minimizem estes impactos negativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tráfego de Veículos, Qualidade do Ar, Material Particulado.

## ATMOSPHERIC POLLUTION AND

### METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE CITY OF CUIABÁ-MT

**ABSTRACT:** In the last decades Cuiabá has experienced a marked population growth and also an intense increase in the number of vehicles. With this, the levels of concentrations of particulate matter have exceeded the tolerable limits indicated by the World Health Organization. This research studies the correlations between the meteorological data, Air Temperature, Relative Humidity of the Air, Wind Speed, and the concentrations of pollutants atmospheric, MP (Particulate Material less than 2.5  $\mu\text{m}$  in diameter) and carbon monoxide. The study shows that the air quality in Cuiabá is inadequate and has a correlation with meteorological variables and vehicle traffic in the city. The MP concentration is: intense traffic MP = 94.93  $\mu\text{g.m}^{-3}$  and moderate traffic MP = 57.56  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . With this there is a need to redefine the planning and execution of public policies that minimize these negative impacts.

**KEYWORDS:** Vehicle Traffic, Air Quality, Particulate Material

## 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a qualidade do ar tem-se degradado nos grandes centros urbanos e as fontes móveis são as principais responsáveis por esta degradação (UEDA e EDSON, 2011). Cuiabá é uma cidade que se localiza no centro geodésico da América Latina e experimentou um grande crescimento populacional passando de pouco mais de 45.000 habitantes em 1960 para mais de 540.000 em 2010, um crescimento aproximado de 1077%. A frota de veículos de Cuiabá acompanhou, e até ultrapassou, este crescimento, passando de 145.473, em 2005 para 381.369 em 2015. Estes indicadores demonstram um crescimento fulgurante da cidade nas últimas décadas, e junto, a alteração da composição da geometria urbana e da qualidade de vida dos cidadãos que nela vivem. Neste cenário é relevante estudar as variáveis meteorológicas e as suas várias interfaces, no âmbito urbano, na perspectiva de que a transformação da cidade altera as variáveis meteorológicas e estas afetam os microclimas, e estes, por sua vez, a qualidade de vida e o conforto ambiental das pessoas que vivem no ambiente urbano.

As variáveis meteorológicas nas suas várias correlações afetam, e são afetadas pelo meio urbano. Uma corrente importante de pesquisa do ambiente urbano é a compreensão das possíveis correlações entre variáveis meteorológicas, como por exemplo, a velocidade do vento, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar, a precipitação, dentre outras, e a concentração de material particulado e de gases poluentes. A velocidade do



vento pode afetar os processos de dispersão, mecanismos de remoção e formação química da atmosfera (GALINDO *et al.*, 2011). Os vários microclimas de uma cidade constituem fator crucial no entendimento da dispersão ou concentração de poluentes atmosféricos (MENDONÇA e CASTELHANO, 2016). A compreensão das relações entre as variáveis meteorológicas e a poluição atmosférica tem sido alvo de vários estudos: MENDONÇA E CASTELHANO (2016), DERÍSIO (2012), AKPINAR *et al.* (2009), GALINDO *et al.*(2011), LUVSAN *et al.* (2012), dentre muitos outros .

Vários estudos indicam que as concentrações de poluentes atmosféricos têm correlação com as variáveis meteorológicas, assim quando se investiga os microclimas de uma cidade com suas várias alternâncias de temperatura do ar, temperatura da superfície, pluviosidade, velocidade do vento, radiação solar, e não se observa os poluentes atmosféricos, os resultados e conclusões podem estar limitados. Há uma interdependência entre as Variáveis Meteorológicas e as concentrações dos Poluentes Atmosféricos. O material particulado tem uma relação inversa com a velocidade do vento (GALINDO *et al.*, 2011). A concentração de dióxido de enxofre tem correlação inversa com a temperatura do ar e velocidade do vento e relação direta com a umidade relativa do ar (LEVSAN *et al.*, 2012). Estudo de MENDONÇA e CASTELHANO (2016) mostraram pequenos coeficientes de correlações entre quantidade de material particulado e a temperatura, umidade relativa e pluviosidade, valores de R menores que 10%, alguns próximos de zero. Outros estudos chegam a fatores de correlação viáveis. Os coeficientes de correlação entre a concentração de dióxido de enxofre e as variáveis: velocidade do vento, umidade relativa e temperatura variaram de 0,53 a 0,84, na cidade de Ulaanbaatar, Mongólia (LUVSAN, 2012).

O Estado de Mato Grosso, através da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, não dispõe de equipamentos para medição das concentrações de poluentes atmosféricos no local da pesquisa. Os resultados disponíveis e divulgados pelas autoridades são obtidos através da aplicação de modelos e não são medidos diretamente. O tema é relevante, pois tem impacto direto na cidade na medida em que afeta a qualidade de vida dos cidadãos.

O objetivo geral deste artigo é apresentar os valores das variáveis meteorológicas e das concentrações de monóxido de carbono e material particulado e suas possíveis correlações.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados foram obtidos no município de Cuiabá, Capital do Estado de Mato Grosso e Centro Geodésico da América Latina (Figura 01), tendo uma área de 3.224,68 km<sup>2</sup>, sendo dividida em 254,57 km<sup>2</sup> (7,89%) de área urbana e 2.970,11 km<sup>2</sup> (92,1%) de área rural (NOVAIS *et al.*, 2014). O período de obtenção dos dados foi de 01/10 a 12/12/2017. Os valores referentes à qualidade do ar, concentração de monóxido de carbono e material particulado MP<sub>2,5</sub>, foram extraídos de boletins diários emitidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso (SEMA – MT) disponíveis no sítio institucional (<http://www.sema.mt.gov.br>). As variáveis meteorológicas: Temperatura do Ar, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento, foram extraídas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia),

referentes à Estação Automática Cuiabá A-901, sito nas coordenadas: latitude – 15.559295 e longitude – 56.062951. Os dados foram extraídos do sítio institucional (<http://www.inmet.gov.br>).

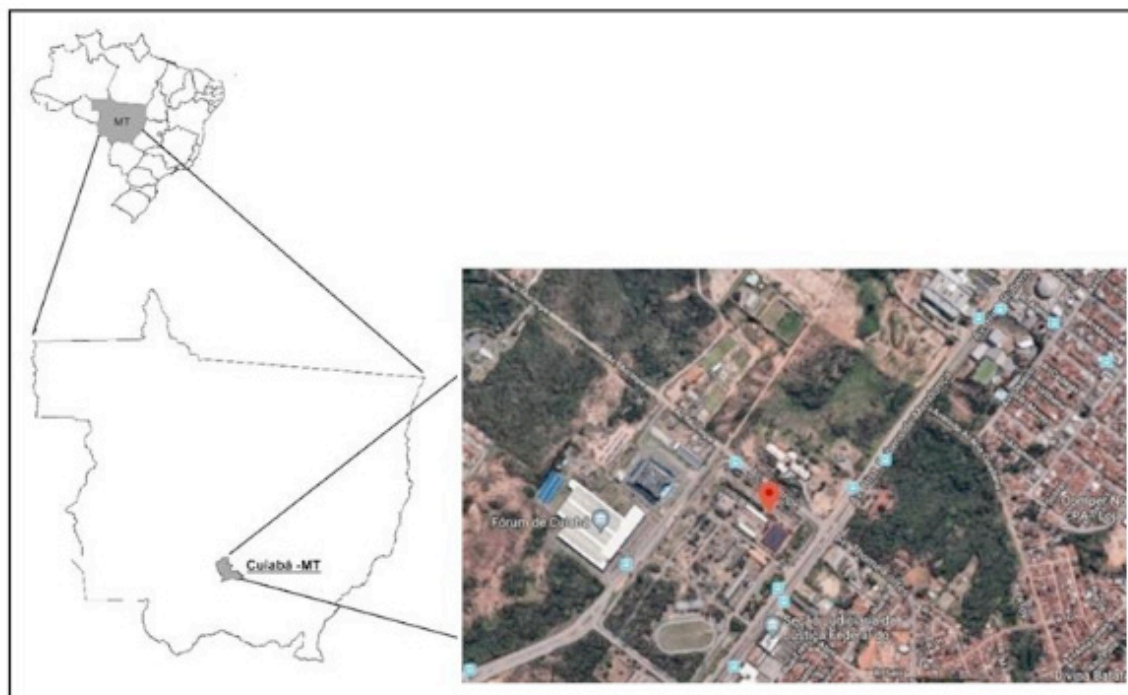


Fig. 01 Localização do Estado de Mato Grosso, Município de Cuiabá e da Estação Automática Cuiabá - A901. Coordenadas: latitude – 15.559295 e longitude – 56.062951. Elaborado pelos Autores

O município tem uma população de 590.118, estimativa feita para 2017 em consulta feita em dezembro de 2017 junto ao sítio institucional do IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)) e uma frota de 381.369 veículos, incluindo os leves e pesados, informações obtidas junto ao Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, no sítio institucional (<http://www.cidades.gov.br>).

A localização de Cuiabá no centro do país, a expansão agrícola para o centro-norte e o processo migratório geraram uma grande expansão urbanística da cidade, de 45.875 habitantes em 1960 para 590.118 habitantes em 2017 (Anuário Estatístico de Cuiabá, Volume IV, 2012 e [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)). Este crescimento implica em uma série de fatores dentre os quais se destaca o crescimento na frota de veículos e a expansão da área construída do município.

A estação meteorológica, A901, está localizada no perímetro urbano do município junto à Avenida Rubens de Mendonça, corredor urbano estrutural da cidade, que comporta diariamente um alto fluxo de veículos automotores (Figura 01).

### 3 | ANÁLISE ESTATÍSTICA

No período de obtenção dos dados, 01/10 a 12/12/2017, foram coletados 55 conjunto de valores das variáveis: MP, CO, T, UR e V. Os dados foram submetidos a estatística descritiva

e verificação de possíveis *outliers*, no *software* IBM SPSS 23.0, denominado simplesmente de *software*, na sequência do texto. Foram detectados cinco *outliers*, os quais foram retirados da base de dados, e mantido 50 conjuntos de dados para serem submetidos à análise estatística. O teste de normalidade e homocedasticidade das variáveis foram realizados pela aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov, com a correção de Lilliefors, e do teste de Levene. As variáveis T e UR aderiram à normalidade enquanto que as demais não apresentaram uma distribuição normal. Para possibilitar os testes paramétricos foi feita a conversão logarítmica das variáveis na base neperiana (HAIR et al., 2009; GOTELLI e ELLISON, 2011) e refeito os testes. Com a conversão, todas as variáveis aderiram à normalidade: T e UR de forma direta, e, MP, CO e V na forma logarítmica. Estas variáveis foram respectivamente denominadas de LnMP, LnCO e LnV.

Foi realizada a estatística descritiva das variáveis MP, CO, T, UR e V, para o cálculo dos valores médios e os respectivos desvios padrões. As variáveis foram submetidas à regressão e ajuste de curva para verificar os possíveis coeficientes de correlações. Posteriormente os dados foram separados em dois grupos: Grupo 1, dados obtidos para os finais de semana e feriados e, Grupo 2, dias de semana, nos quais pode ocorrer os congestionamentos de trânsito (Fonte: Secretaria de Mobilidade Urbana de Cuiabá). Nos testes paramétricos, para comparação das variáveis, foi aplicado o teste t para amostras independentes, para comparação de médias, e nos não paramétricos o teste de U de Mann-Whitney, para comparação de medianas.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Variáveis Meteorológicas x Qualidade do Ar

Os valores da variável T (Temperatura do Ar) oscilaram entre 22,1 °C e 35,4 °C (Figura 02). A tabela 01 expressa o resultado da estatística descritiva, com valor médio para a temperatura do ar de 27,42 °C com desvio padrão de 2,96 °C. A mesma estatística resulta uma umidade relativa do ar que variou entre 33% e 88%, apresentando um valor médio de 68,95% com um desvio padrão de 14,64%. Os dados descritivos de temperatura e umidade relativa do ar apresentam uma associação já demonstrada em outras pesquisas, confirmando a relação inversa entre umidade relativa e temperatura do ar, ou seja, aumento de temperatura corresponde à redução da umidade relativa do ar e vice-versa.

Os valores correspondem à transição do período seco e para o período úmido.

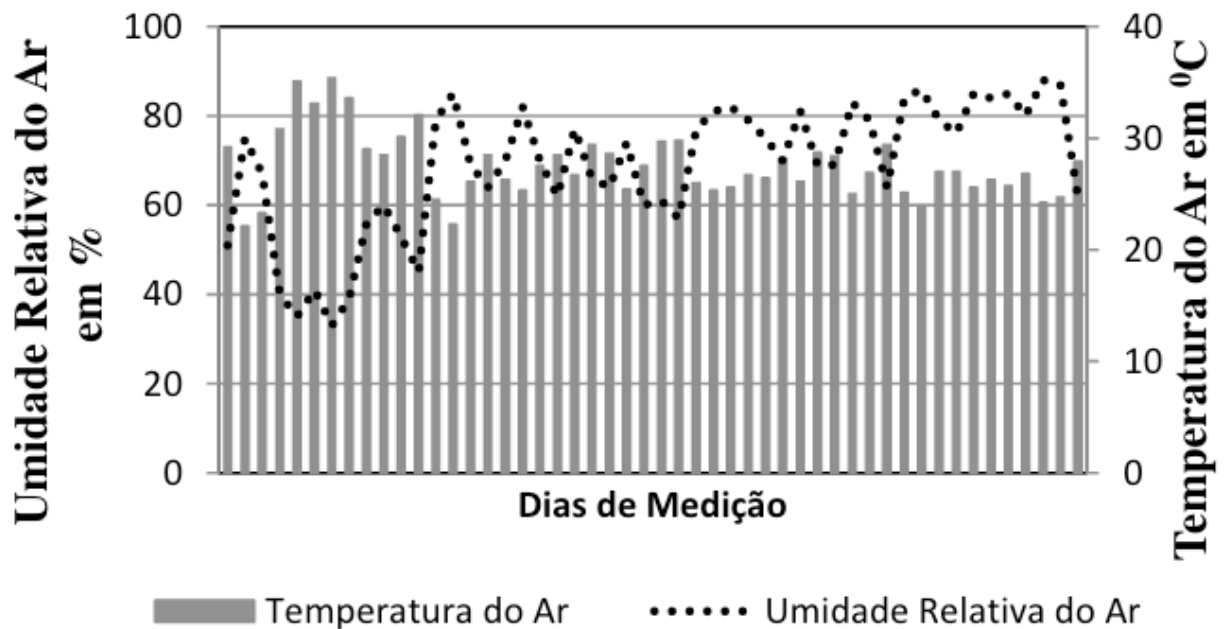


Fig. 02 Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar, no período de 01/10 a 12/12/2017. Elaborado pelos Autores

A velocidade do vento variou, neste período, de  $0,7 \text{ m.s}^{-1}$  e  $3,9 \text{ m.s}^{-1}$ . Os valores de MP variaram de 33 a  $210 \mu\text{gm}^{-3}$  (Figura 03). a estatística apresentou um valor médio de  $91,91 \mu\text{gm}^{-3}$  com desvio padrão de  $52,56 \mu\text{gm}^{-3}$  (Tabela 01). As figura e tabela mostram as concentrações de monóxido de carbono (CO) que variaram entre 0,22 e 0,53 ppm, a estatística apresentou um valor médio de 0,387 ppm com desvio padrão de 0,093 ppm.

Grandezas		Todos os Dados	
Nomenclatura	Unidade	Valores	Desvio Padrão
CO	Ppm	0,387	0,093
PAR	$\mu\text{gm}^{-3}$	91,51	52,26
T	°C	27,42	2,96
UR	%	68,95	14,64
V	$\text{ms}^{-1}$	1,84	0,66

Tabela 01 – Estatística Descritiva da Concentração de CO e MP, Temperatura, Umidade Relativa do Ar e da Velocidade do Vento no período de 01/10 a 12/12/2017

Os boletins emitidos pela SEMA – MT, no período de 01/10 a 12/12/2017, classificam a qualidade do ar como inadequada. Os valores de concentração de material particulado extrapolam em muito a concentração de 25 , limite tolerável estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, para que a poluição atmosférica não prejudique a saúde da população. Valores acima deste limite podem afetar a saúde da população, causando doenças respiratórias e cardiovasculares (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

O valor da concentração de material particulado, em alguns dias, extrapola em mais

de dez vezes o limite estabelecido, gerando implicações no que se refere à qualidade de vida e a saúde da população. Quanto à concentração de monóxido de carbono os valores se adéquam aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 003/1990, cujo valor limite é 6 ppm.

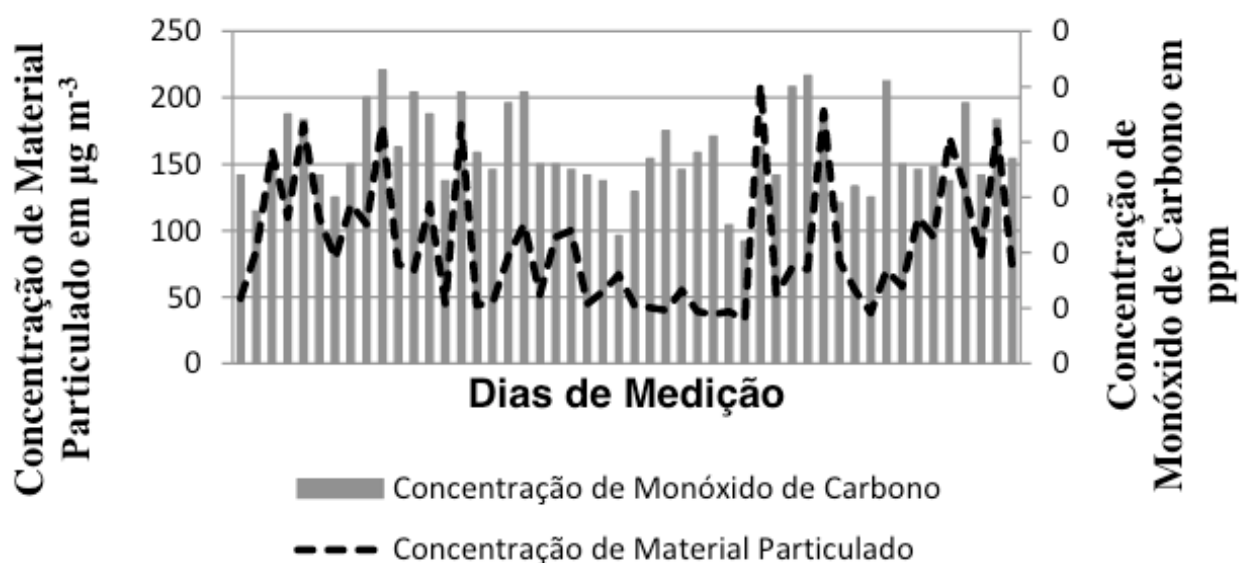


Fig. 03 Concentrações de Material Particulado e de Monóxido de Carbono no período de 01/10 a 12/12/2017. Elaborado pelos Autores

Os valores apontam que há uma qualidade inadequada do ar em Cuiabá, isto pode ser justificado de forma indireta quando se verifica alterações nos aspectos urbanos, como uma taxa de crescimento constante na quantidade de veículos, um aumento aproximado de 162% entre 2005 e 2015, e junto à intensificação do tráfego de veículos. Estas considerações apontam que a poluição atmosférica de Cuiabá tem que ser estudada e tratada como política pública, nas suas causas e conseqüências.

Após as descrições estatísticas das variáveis através dos seus valores médios, desvios padrões e gráficos, passou a se verificar os tipos de distribuição através da aplicação de testes para verificação da normalidade e da homocedasticidade do conjunto de dados. A análise da normalidade do conjunto de dados, para as seis variáveis do estudo, foi realizada pela utilização do *software* IBM SPSS 23.0, através da aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) com a correção de Lilliefors, e a homocedasticidade testada através da aplicação do teste de Levene.

As variáveis que não violaram a normalidade e a homocedasticidade foram T e a UR apresentando *p-value* menores que 5%, as demais variáveis violaram estes pressupostos. Para viabilizar os pressupostos de aderência a normalidade e a homocedasticidade foi realizada a transformação logarítmica das variáveis na base neperiana (GOTELLI e ELLISON, 2011). Feita a transformação logarítmica na base neperiana, as variáveis, MP, CO e V, atenderam aos pressupostos requeridos. As variáveis foram respectivamente escritas na forma logarítmica e denominadas por LnMP, LnCO e LnV.

## 4.2 Correlações entre as Variáveis Meteorológicas e as Concentrações de Poluentes

A não violação dos requisitos de aplicação da estatística paramétrica possibilitou a utilização da regressão para estimativa de curva através do *software* para o levantamento das correlações entre as variáveis meteorológicas (T, UR, Ln(V)) e as que representam a qualidade do ar (Ln(MP) e Ln(CO)).

Inicialmente foi realizada a estimativa de curva entre a concentração de material particulado (MP), escrita na forma logarítmica neperiana (Ln(MP)), com relação as variáveis T, UR, Ln(V) e Ln(CO).

Os testes não identificaram correlações com significância estatística entre as variáveis Ln(MP), T e UR. Por outro lado há uma correlação, com significância estatística, da variável Ln(MP) com as variáveis Ln(V) e Ln(CO). A correlação entre LnMP e LnV teve o melhor ajuste no modelo exponencial, apresentando um coeficiente de correlação  $R = - 0,371$  (Figura 04).

Apesar das limitações da pesquisa, no que se refere à obtenção dos dados e a própria composição dos dados, foi identificada uma correlação negativa entre a concentração do material particulado e a velocidade do vento.

O aumento na velocidade do vento atua como um elemento de dispersão de poluentes atmosféricos reduzindo a poluição atmosférica a nível local. Correlação semelhante foi obtida na pesquisa feita em uma cidade da Mongólia (LUVSAN, 2012). A aplicação da regressão para a estimativa de curva, utilizando o *software*, para o levantamento das correlações entre a variável na base logarítmica, Ln(CO), com relação as variáveis T, UR e Ln(V) não identificou correlações com significância estatística entre as variáveis Ln(CO), T e UR. Por outro lado há uma correlação, com significância estatística, da variável Ln(CO) com as variáveis Ln(V) e Ln(MP).

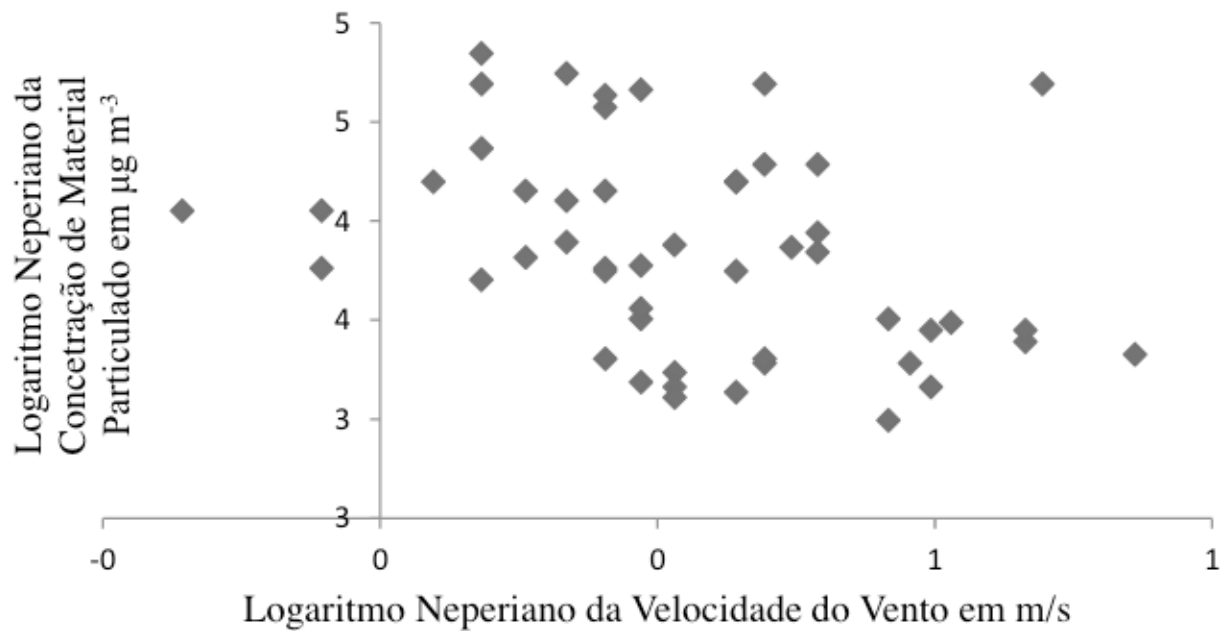


Fig. 04 Gráfico da Correlação entre o Logaritmo Neperiano da Concentração de Material Particulado e do Logaritmo Neperiano da Velocidade do Vento no período de 01/10 a 12/12/2017.  $R = -0,371$ .  
Elaborado pelos Autores

A correlação entre LnPAR e LnCO se ajustou melhor ao modelo linear com coeficiente de correlação  $R = 0,455$  (Figura 5).

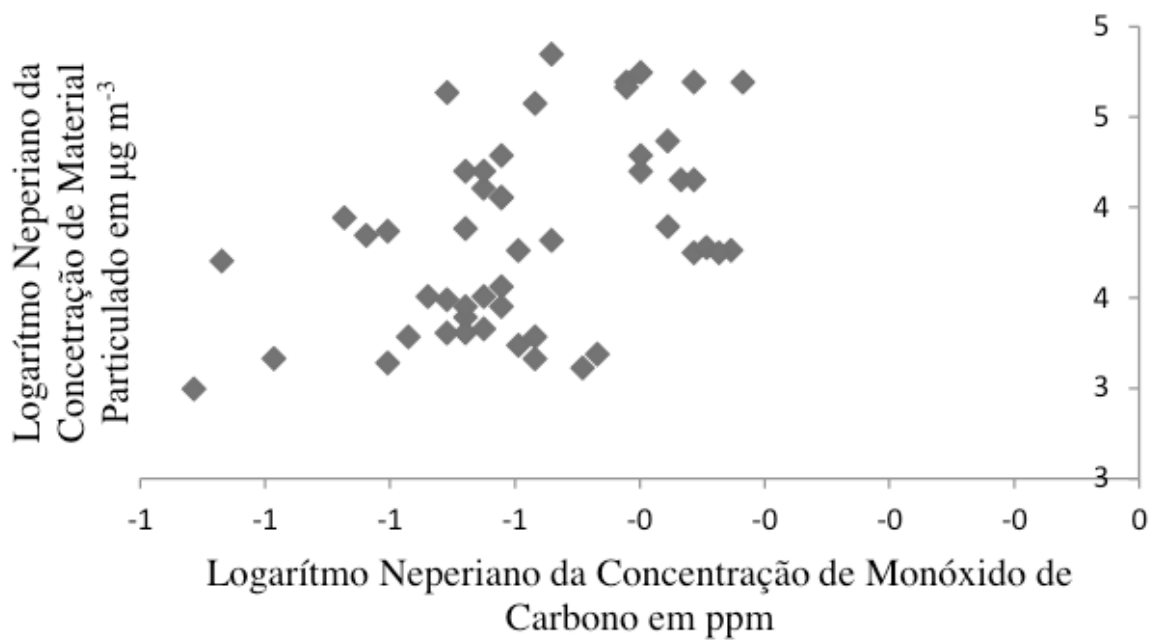


Fig. 05 Gráfico da Correlação entre o Logaritmo Neperiano da Concentração de Material Particulado e do Logaritmo Neperiano da Concentração de Monóxido de Carbono no período de 01/10 a 12/12/2017. Elaborado pelos Autores

Apesar das limitações são viáveis as afirmações quanto à interdependência das variáveis meteorológicas e as concentrações dos poluentes atmosféricos:

- a) O aumento da velocidade do vento reduz a concentração do poluente MP na área do estudo;
- b) Há uma relação direta entre as grandezas transformadas que representam as concentrações de Material Particulado e Monóxido de Carbono. Esta correlação pode ser um indicativo de que a poluição atmosférica em Cuiabá tem correlação com as fontes móveis de poluição.

Durante o período de obtenção dos dados a qualidade do ar foi classificada como inadequada (SEMA-MT) em especial pelo fato das concentrações de material particulado ( $MP_{2,5}$ ) terem ultrapassado os limites indicados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005), cujo valor tolerável é  $25 \mu g m^{-3}$ .

A tentativa de identificação das causas das possíveis diferenças se deu através da comparação, das concentrações de PAR e CO, de dois grupos segundo os dias de observação:

- a) Grupo 01: Domingos, Sábados e Feriados --- Trânsito moderado;
- b) Grupo 02: Demais dias (dias normais de trabalho) --- Trânsito intenso.

A estatística descritiva dos dois grupos está apresentada na tabela 04. A comparação dos dois grupos:



- a) Grupo 01: Dados obtidos nos sábados, domingos e feriados. Nestes dias há uma redução no tráfego de veículos;
- b) Grupo 02: Dados obtidos nos dias normais de trabalho, de segunda-feira a sexta-feira, que não seja feriado.

Grandezas		Tráfego de Veículos	
Nomenclatura	Unidade	Intenso	Moderado
<b>T</b>	$^{\circ}\text{C}$	$27,83 \pm 0,48$	$26,04 \pm 0,61$
<b>UR</b>	%	$67,20 \pm 2,33$	$76,11 \pm 4,04$
<b>V</b>	$\text{m.s}^{-1}$	$1,80 \pm 0,10$	$2,11 \pm 0,25$
<b>PAR</b>	$\mu\text{gm}^{-3}$	$94,93 \pm 7,86$	$57,56 \pm 5,35$
<b>CO</b>	ppm	$0,382 \pm 0,012$	$0,376 \pm 0,023$

Tabela 04 – Estatística descritiva para T, UR, V, MP e CO. Grupos 1 e 2

A verificação das possíveis diferenças, entre os grupos, foi feita através da aplicação do teste t para amostras independentes para aquelas variáveis que aderiram à normalidade.

A única grandeza que apresentou diferença de médias entre os grupos 01 e 02, com significância estatística, foi a concentração de material particulado expressa na forma logarítmica de base neperiana. Este resultado permite a inferência de que a concentração de material particulado é diferente quando se compara os dias de tráfego intenso e de tráfego moderado de veículos.

A ocorrência de diferença de médias apenas para a variável relacionada a concentração de material particulado minimiza a interferência das demais variáveis e acentua a inferência de que a diferença detectada pode estar associada a característica do tráfego de veículo.

Para fortalecer a análise dos dados na identificação de possíveis diferenças, entre os grupos 01 e 02, foi aplicada a estatística não paramétrica, através da aplicação do Teste U de Mann-Whitney.

A única grandeza que apresentou diferença de medianas entre os grupos 01 e 02, com significância estatística, foi a concentração de material particulado (MP), confirmando a inferência de que a concentração de material particulado é diferente quando se compara os dias de tráfego intenso e de tráfego moderado de veículos.

## 5 | CONCLUSÃO

A qualidade do ar, no período do estudo, mostrou-se inadequada por apresentar concentrações de material particulado acima dos limites indicados pela organização mundial de saúde. A análise dos dados mostra que há uma correlação entre as variáveis meteorológicas e a qualidade do ar expressa pela correlação, estatisticamente significativa, da velocidade do vento com as concentrações de material particulado e de monóxido de carbono, as duas

correlações inversas com os valores de R respectivamente iguais a 0,37 e 0,28.

O vento atua como um fator de dispersão para a poluição a nível local, reduzindo a concentração dos poluentes atmosféricos na cidade. As concentrações de material particulado e monóxido de carbono apresentaram uma correlação direta, com  $R = 0,455$ . Este resultado, associado às comparações, entre os dias de tráfego intenso e tráfego moderado, se constitui como um indicativo de que a redução na qualidade do ar pode estar associada ao tráfego intenso de veículos.

Os resultados do estudo mostram esta correlação entre os parâmetros atmosféricos e a qualidade do ar e que o trânsito interfere na concentração de material particulado (MP): trânsito intenso  $MP = 94,93 \mu g.m^{-3}$  e trânsito moderado  $MP = 57,56 \mu g.m^{-3}$ .

## REFERÊNCIAS

AKPNAR, S., OZTOP, H. F., AKPINAR, E. K. (2009) Evaluation of Relationship Between Meteorological Parameters and Air Pollutant Concentrations During Winter Season in Elazig, Turkey. *Journal of Urban and Environmental Engineering*.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. (2000) A Cidade de Curitiba e a Poluição do Ar. Tese de Doutorado, São Paulo: Universidade de São Paulo.

DERÍSIO, J. C. (2012) Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. São Paulo: Ed. Oficina de Textos.

GALINDO, N., VAREA, M., GIL-MOLTÓ, J., YUBERO, E., NICOLÁS, J. (2011) The Influence of Meteorology on Particulate Matter Concentrations at an Urban Mediterranean Location. *Water Air Soil Pollution*.

GOTELLI, NICHOLAS J.; ELLISON, AARON M. (2011) Princípios de estatística em ecologia em estatística. Porto Alegre: Artmed.

HAIR, J. F. et al. (2009) Análise Multivariada de Dados. 6ª. ed. Porto Alegre.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), Consulta feita em Dezembro de 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, Consulta feita em Dezembro de 2017.

LEAL, L. (2012) A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR. 172 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LUVSAN, M-E., SHIE, R-H., PUREVDORJ, T., BADARCH, L., BALDORJ, B., CHAN, C-C. (2012) The Influence of Emission Sources and Meteorological Conditions on SO<sub>2</sub> Pollution in Mongolia. *Atmospheric Environment*.

MEDONÇA, F. A., CASTELHANO, F. J. (2016) O Clima e a Poluição por PTS em Curitiba - PR. *Revista do Departamento de Geografia da USP*.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN. Site: [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br), Consulta feita em Julho de 2017.

NOVAIS, J. W. Z., SANCHES, L., SILVA, L. B., MACHADO, N. G., AQUINO, A. M., PINTO JUNIOR, O. B. (2016) Albedo do solo em área inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Norte do Pantanal. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Aceito para Publicação. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUIABÁ – MT. Anuário Estatístico de Cuiabá, Volume IV, 2012.

SEMA – MT, Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso. Site : [www.sema.mt.gov.br](http://www.sema.mt.gov.br). Consultas em Outubro, Novembro e Dezembro de 2017.

UEDA, A. C. EDSON, T. (2011) Inventário de Emissão de Fontes Veiculares da Região Metropolitana de Campinas, São Paulo. Campinas – SP. Revista Química Nova.

WHO, Organización Mundial de La Salud. Reglamento Sanitario Internacional, Segunda Edición, 2005.

WHO, World Health Organization. Air Quality Guidelines, 2005.

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

*Data de aceite: 23/06/2020*

### **Jeane Dantas de Carvalho**

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7376821846760434>

### **Marília Carvalho de Melo**

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/0957587548508629>

### **Luiza Pinheiro Rezende Ribas**

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7332773919465622>

### **Paula Pereira de Souza**

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7160368033554885>

**RESUMO:** A água, elemento natural essencial ao ser humano e aos demais seres vivos, é um tema de muita atenção nos últimos anos. Os problemas enfrentados em relação aos recursos hídricos podem ser tanto de natureza quantitativa como qualitativa. Observou-se que um período de escassez hídrica foi intensificado em algumas regiões brasileiras nos últimos anos. Na

região Sudeste, por exemplo, verificou-se a ocorrência de escassez hídrica devido à sequência de períodos chuvosos abaixo da média desde o ano de 2012 que, agregada à alta demanda, provocou redução do volume dos reservatórios do Sistema Paraopeba, composto pelos reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores. A bacia hidrográfica do rio Paraopeba é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 53% da população da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH (CBH - PARAOPEBA, 2011). O cenário de escassez exigiu a proposição de ações planejadas para garantia da disponibilidade de água. O presente trabalho apresenta a metodologia aplicada pelo órgão gestor de recursos hídricos de monitoramento dos reservatórios em situação de estiagem no Sistema Paraopeba. A metodologia baseou-se na aplicação da Lei da Conservação da Massa ao Volume de Controle, de forma a acompanhar o desempenho dos reservatórios, assim como o padrão de uso de água dos usuários nas bacias de contribuição quanto da aplicação das regras de restrição de uso. O resultado demonstrou que o monitoramento realizado proporcionou ao Poder Público a implementação de uma política pública ativa no que se refere à aplicação da norma de restrição de uso em

situações de escassez, bem subsidiou tomadas de decisão na gestão, contribuindo para a recuperação dos reservatórios e consequente abastecimento da RMBH.

**PALAVRAS-CHAVE:** Escassez hídrica, Gestão, Monitoramento.

## METHODOLOGY USED FOR HYDROMETEOROLOGICAL MONITORING REGARDING PUBLIC SUPPLY IN THE METROPOLITAN REGION OF BELO HORIZONTE - RMBH IN 2015

**ABSTRACT:** Water that is an essential natural resource for humans and other living beings, has been a subject of great attention in recent years. The problems faced regarding water resources can be both quantitative and qualitative issues. The water scarcity has been intensified in some Brazilian regions in recent years. In the Southeast region, for example, there was a water shortage due to a sequence of below-average rainfall periods since 2012, which, together with the high demand, caused a reduction in Paraopeba System reservoirs volume. Paraopeba System is composed by Rio Manso, Serra Azul and Vargem das Flores reservoirs. The Paraopeba river basin is responsible for supply approximately 53% of the population in the Metropolitan Region of Belo Horizonte - RMBH (CBH - PARAOPEBA, 2011). The scarcity scenario required the proposition of planned actions to guarantee the availability of water to all usages. The present paper presents the methodology applied by the Water Resources Institute to monitor the Paraopeba's reservoirs in the drought situation. The methodology was based on the application of the Mass Conservation Law to the Volume Control, in order to follow the performance of the reservoirs, as well as, the water users in the basins of contribution after the application of the use restriction rules. The result showed that the monitoring system provided the necessary conditions to implement an active public policy. Specially regarding to the application of the restriction rule of water uses in situations of scarcity, contributing to the recovery of the reservoirs and consequently for the water supply of RMBH.

**KEYWORDS:** Water Scarcity, Management, Monitoring.

### 1 | INTRODUÇÃO

Frequentemente grande parte do Estado de Minas Gerais vem sendo atingida por eventos hidrometeorológicos extremos, causando significativos danos a toda população, ao meio ambiente, aos bens vulneráveis e às atividades sociais e econômicas.

Dentre as adversidades meteorológicas que mais afetam o ser humano, a escassez hídrica ocupa posição de destaque. As dificuldades associadas à mitigação e combate dos efeitos dessa anomalia climática têm início desde o estabelecimento de uma definição clara do termo seca, até o conhecimento da vulnerabilidade que cada atividade, região ou sociedade apresenta em relação a essa condição climática adversa. Nesse aspecto, Wilhite et al. (1987) afirmam que o estudo da seca não deve ser separado do contexto social. Contudo, para esses autores, todos os casos desse fenômeno são originados por um déficit de precipitação pluvial, que resulta em baixa disponibilidade hídrica para a atividade que a requer.

Sob as diversas abordagens que as avaliações dessa adversidade podem ser conduzidas, entre elas a agrícola, a hidrológica ou até mesmo a sócio-econômica, o enfoque meteorológico, ou simplesmente a seca meteorológica, é relacionada, por autores como Wilhite (2000), a um déficit de precipitação. Em outras palavras, esse último tipo de escassez hídrica ocorre quando os totais de precipitação pluvial observados em determinada região e em um período específico, encontram-se consideravelmente abaixo do que seria climatologicamente.

A escassez hídrica objeto da avaliação do presente estudo foi devido à sequência de períodos chuvosos abaixo da média desde o ano de 2012 que, aliados a alta demanda de uso da água para o abastecimento público concentrada nas grandes cidades, tornaram a situação crítica. Como consequência deste cenário, o balanço hídrico dos reservatórios utilizados para abastecimento foram deficitários pela diminuição das vazões afluentes, em decorrência da redução de vazões nos corpos de água contribuintes. Por este motivo, no ano de 2015, o Estado de Minas Gerais, por intermédio do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH/MG publicou a Deliberação Normativa nº 49 (MINAS GERAIS, 2015), que estabeleceu diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no estado, de forma a garantir o uso prioritário, abastecimento público e os usos múltiplos.

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a efetividade da aplicação da DN CERH/MG n.º 49/2015 (MINAS GERAIS, 2015), através do monitoramento dos reservatórios do Sistema Paraopeba, no ano de 2015, em razão da aplicação das regras definidas para restrição de uso.

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação foi realizada nos três mananciais do sistema de abastecimento da bacia do rio Paraopeba (Figura 1). O Sistema Paraopeba é composto por três reservatórios: Manso (SRM), cuja implantação foi em 1991, Serra Azul (SSA), de 1983, e Vargem das Flores (SVF), de 1979. O sistema rio Manso localiza-se no município de Brumadinho (20°08'45"S e 44°15'20"W), com vazão outorgada, captada por adução no reservatório, de 9.570 L/s e capacidade de produção de 5.800 L/s. O sistema Serra Azul locado em Juatuba (19°58'20,5"S e 4020'36,2" W), outorga de 2.940 L/s e capacidade de produção de 2.700 L/s. O Sistema Vargem das Flores, cuja localização é o município de Betim (19°55'16"S e 4010'16"W), tem uma autorização para captação e capacidade de produção de 1.390 L/s e 1.400 L/s, respectivamente. Os reservatórios abastecem as seguintes sedes urbanas: Belo Horizonte, Betim, Contagem, Esmeraldas, Ibirité, Igarapé, Juatuba, Mário Campos, Mateus Leme, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, Sarzedo, Vespasiano.

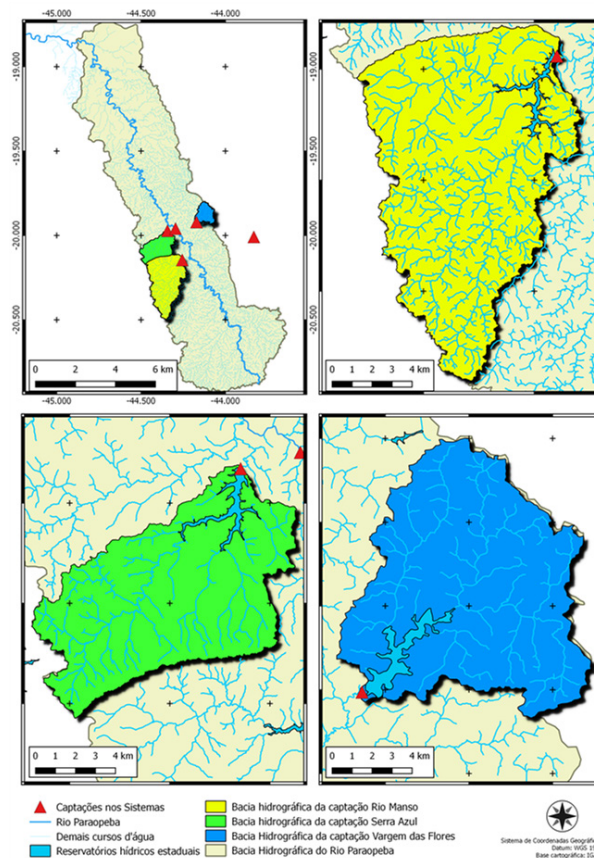


Figura 1 – Sistemas de abastecimento da bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Melo (2016).

A metodologia concebida e utilizada foi baseada na Lei da Conservação da Massa ao Volume de Controle. Essa análise avalia a diferença entre o volume de água que aflui ao reservatório e o volume de água que sai. Os volumes que entram no sistema são referentes à precipitação, *Runoff* e vazão de base. O estudo avaliou a efetividade da aplicação da DN CERH/MG n.º 49/2015 (MINAS GERAIS, 2015), através do monitoramento dos reservatórios, no ano de 2015, em razão da aplicação das regras definidas para restrição de uso de forma a garantir o uso prioritário, abastecimento público e os usos múltiplos. As precipitações consideradas na metodologia de cálculo foram baseadas na previsão climática realizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pelo Centro de Meteorologia do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Na 1ª Avaliação, realizada em março, foi utilizada a previsão climática do mês supracitado e para os dois meses subsequentes, considerando os limites em relação à Normal Climatológica<sup>1</sup>. Para as 2ª (realizada no mês de junho) e 3ª Avaliações (realizada no mês de julho), foi considerada precipitação igual a zero, tendo em vista que estas avaliações abrangem, praticamente, os meses do período seco, com pouca ou nenhuma precipitação. Já na 4ª Avaliação, feita em setembro, foram adotados três diferentes cenários de precipitação (Acima da Normal Climatológica, Igual à Normal Climatológica e Abaixo da Normal Climatológica). Para a avaliação das vazões afluentes e defluentes nos reservatórios, considerando a vazão de referência adotada em Minas Gerais, utilizou-se a Q7,10, com base na publicação Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais (COPASA/HIDROSISTEMAS, 1993). Realizou-se a análise das estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas - ANA e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA,

localizadas na RMBH, que apresentaram as especificidades de comportamento hidrológico local para avaliação da criticidade decorrente do prolongamento da estiagem e diminuição do regime de chuvas nas bacias que drenam.

A Equação 1 foi utilizada nas análises deste artigo.

$$\Delta v = \sum I - \sum O \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

$\Delta v$  = *variação de volume no tempo (m<sup>3</sup>)*

$\sum I$  = *somatório dos volumes de água que entram no sistema isolado (m<sup>3</sup>)*

$\sum O$  = *somatório dos volumes de água que saem do sistema isolado (m<sup>3</sup>)*

A variação do volume, considerada neste trabalho para o período de um mês, pode ser calculada pelo emprego da Equação 2.

$$\Delta v = P + R_o + Q_b + I - E - O_v - O_u \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

$\Delta v$  = *variação de volume no tempo, que consideramos de uma mês (m<sup>3</sup>)*

$P$  = *volume precipitado na superfície da água (m<sup>3</sup>/mês)*

$R_o$  = *volume referente ao escoamento superficial ou runoff da área que cai na represa (m<sup>3</sup>/mês)*

$Q_b$  = *volume referente a vazão base que chega à represa (m<sup>3</sup>/mês)*

$I$  = *infiltração da água no solo na represa (m<sup>3</sup>/mês)*

$E$  = *evaporação na superfície líquida da represa (m<sup>3</sup>/mês)*

$O_v$  = *overflow, isto é, volume que sairá da represa (m<sup>3</sup>/mês)*

$O_u$  = *volume retirada para outros fins, tal como irrigação (m<sup>3</sup>/mês)*

Os volumes que entram no sistema são referentes à precipitação, *Runoff* e vazão de base. Os volumes de água que saem do sistema são referentes à infiltração, evaporação, captações e vazões defluentes. Para o cálculo da retirada de volume de água foi considerado o volume de água outorgado na bacia hidrográfica de contribuição de cada um dos reservatórios, através do banco de dados do Estado de Minas Gerais, conforme Tabela 1.



Sistema	Outorgas a montante (m <sup>3</sup> /s)
Rio Manso	0,81036
Serra Azul	0,17540
Vargem das Flores	0,02815

Tabela 1 - Outorgas a montante dos sistemas de captação da COPASA.

Fonte: Autor (2016).

Outro volume de saída considerado foi a captação da COPASA. O volume aplicado nos balanços da 1ª Avaliação foi o volume captado em Janeiro de 2015. Para as demais avaliações foi considerado também no prognóstico a captação de 100% do volume outorgado até sua redução para 50% para os reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores. Por último, a saída referente à vazão defluente dos reservatórios foi considerada como sendo o mínimo exigido pela legislação, o que corresponde a 70% da Q7,10.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo do ano de 2015 foram realizadas 4 avaliações de desempenho dos reservatórios nos meses de março, junho, julho e setembro que resultaram em 33 semanas em restrição de uso nas porções hidrográficas localizadas nos reservatórios e suas bacias de contribuição, através da publicação de 4 Portarias.

As primeiras Portarias Igam que declararam Estado de Restrição do Uso impostas aos reservatórios do sistema Paraopeba foram publicadas em 08 de abril de 2015: Portaria 13 Reservatório Rio Manso e suas bacias de contribuição; Portaria 14 - Reservatório Serra Azul e suas bacias de contribuição; e Portaria 15 - Reservatório Vargem das Flores e suas bacias de contribuição. Em todas as Portarias, as captações de água passaram a ocorrer nos seguintes termos: redução de 20% do volume diário outorgado, para as captações de água para a finalidade de consumo humano, dessedentação animal ou abastecimento público; redução de 25% do volume diário outorgado para a finalidade de irrigação; redução de 30% do volume diário outorgado, para as captações de água para a finalidade de consumo industrial e agroindustrial e redução de 50% do volume outorgado para as demais finalidades.

Na bacia do reservatório Rio Manso, a redução na captação do volume outorgado imposta pela DN atingiu 18 usuários, a bacia do Serra Azul, 6 usuários e a bacia do Vargem das Flores, 3 usuários, cujo somatório das vazões outorgadas está especificado na Tabela 1.

O cenário meteorológico no qual se desdobraram as avaliações foi de um período de estiagem crítico e com o período chuvoso 2015/2016 que apresentou predominância de chuva abaixo da média climatológica na maior parte do estado. Na região Metropolitana as precipitações ocorridas na estação chuvosa apresentaram valores próximos à normal climatológica.

##### **1ª Avaliação**

O cenário inicial dos reservatórios utilizado como base da primeira simulação basearam-se nos dados da COPASA referentes ao mês de fevereiro de 2015 (Tabela 2).

Reservatório	Volume Operacional (m³)	V.O (%)
Rio Manso	64.404.820,00	43%
Serra Azul	7.691.936,00	9%
Vargem das Flores	11.667.908,00	27%

Tabela 2 – Volume registrado em fevereiro de 2015.

Fonte: Autor (2016).

As simulações de operação dos sistemas Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores foram realizadas considerando um balanço mensal cujo resultado tem como referência o volume operacional de cada reservatório. O volume referente à captação da COPASA aplicado nos balanços dos meses de março, abril e maio de 2015, foi o volume aduzido em Janeiro de 2015, considerando também a mesma distribuição de porcentagem de captação em relação à captação total do sistema Paraopeba. Os cenários de precipitação considerados na metodologia de cálculo basearam-se na previsão climática dos meses de março, abril e maio para a região dos reservatórios, considerando os limites em relação à normal. A Tabela 3 mostra os valores previstos em volume acumulado nos três cenários de previsão de precipitação, para os meses de março, abril e maio.

Cenário de Precipitação	Mês	Rio Manso	Serra Azul	Vargem das Flores
		Volume Operacional (m³)	Volume Operacional (m³)	Volume Operacional (m³)
Superior	Março	45.795.789,33	3.543.891,95	16.183.647,25
	Abril	25.859.102,46	-1.988.560,58	14.927.051,63
	Maio	4.490.613,64	-8.322.125,18	10.752.767,24
Média	Março	45.358.301,62	3.203.847,14	15.134.212,25
	Abril	25.071.624,58	-2.600.641,24	13.038.068,63
	Maio	3.528.140,69	-9.070.223,76	8.444.010,24
Inferior	Março	44.920.813,91	2.863.802,34	14.084.777,25
	Abril	24.109.151,63	-3.348.739,81	10.729.311,63
	Maio	2.390.672,65	-9.954.340,26	5.715.479,24

Tabela 3 – Volumes previstos para os sistemas.

Fonte: Autor (2016).

Conforme observado na Tabela 3, na simulação, o reservatório Serra Azul, que iniciava o mês de março com menos de 10% da sua capacidade, exauriria seu volume operacional no mês de abril, sendo o sistema com a avaliação mais crítica. Com base nos cenários futuros elaborados, verificou-se queda contínua de volume nos sistemas Rio Manso e Serra Azul para todos os casos avaliados. Para o sistema Vargem das Flores verificou-se elevação do volume nos meses de março e abril. Na Figura 2 está apresentada a variação prevista do volume acumulado nos sistemas para os meses de março, abril e maio.

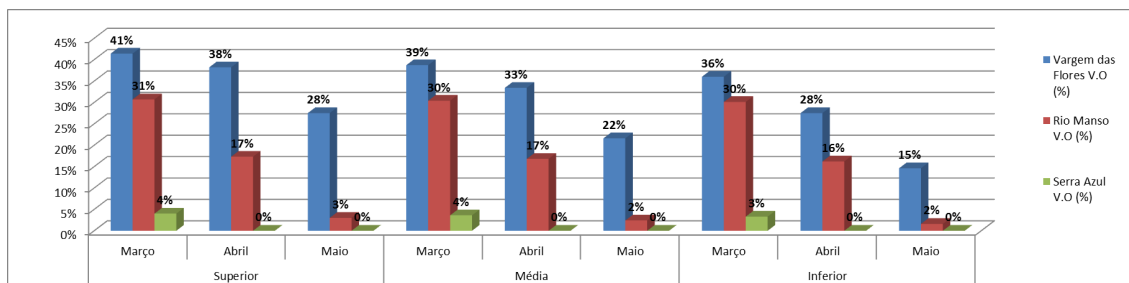


Figura 2 - Variação prevista do volume acumulado nos sistemas

Fonte: Autor (2016).

Estendendo a previsão de porcentagem de volume operacional para os meses de Junho a Novembro e adotando um cenário de previsão de precipitação acumulada igual a zero, o sistema Rio Manso e Vargem das Flores exauririam o volume operacional em junho (Tabela 4).

Sistemas	Rio Manso		Serra Azul		Vargem das Flores	
	% de Volume Operacional	Volume Operacional (m³)	% de Volume Operacional	Volume Operacional (m³)	% de Volume Operacional	Volume Operacional (m³)
Mar	30,1%	44.920.813,91	3,30%	2.863.802,34	36%	14.084.777,25
Abr	16,2%	24.109.151,63	% de Vol. Op.	Déficit de Vol. Op. (m³)	27,5%	10.729.311,63
Mai	1,6%	2.390.672,65	0%	3.348.739,81	14,6%	5.715.479,24
Mês	% de Vol. Op.	Déficit de Vol. Op. (m³)	0%	9.954.340,26	% de Vol. Op.	Déficit de Vol. Op. (m³)
Jun	0%	11.422.343,66	0%	11.972.347,02	0%	88.737,41
Jul	0%	26.624.994,20	0%	14.593.300,68	0%	4.174.402,50
Ago	0%	42.363.324,73	0%	17.482.094,33	0%	8.260.067,59
Set	0%	57.990.741,04	0%	20.277.701,10	0%	12.213.937,04
Out	0%	74.264.751,58	0%	23.434.334,75	0%	6.597.442,13
Nov	0%	90.410.567,89	0%	26.489.141,51	0%	20.780.511,57

Tabela 4 - Prognóstico de Março a Novembro com Previsão de Vazão afluente.

Fonte: Autor (2016).

Considerando o volume não utilizável, apenas o sistema Vargem das Flores operaria mais dois meses, além de junho. Estes resultados demonstraram um cenário de risco de desabastecimento público da Região Metropolitana de Belo Horizonte até o término do período seco, em que habitualmente a climatologia aponta redução dos totais pluviométricos.

## 2ª Avaliação

Na segunda Avaliação, foi realizada uma atualização e calibração da simulação de

volume operacional acumulado em um prognóstico mensal feito de junho até o mês de novembro de 2015, considerando a captação de 100% do volume outorgado até sua redução para 50% para os reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores, adotando um cenário de previsão de precipitação acumulada igual a zero até novembro. Considerando as captações apresentadas até a data de 01/06/2015 com as reduções impostas pela DN CERH/MG n.º 49/2015(MINAS GERAIS, 2015), observou-se que os sistemas Rio Manso, Vargem das Flores e Serra Azul chegariam ao final de novembro com 4%, 8,7% e 3% de seu volume operacional, respectivamente (Tabela 05).

<b>Volume Operacional (%)</b>				
<b>Cenário de Precipitação</b>	<b>Mês</b>	<b>Vargem das Flores</b>	<b>Rio Manso</b>	<b>Serra Azul</b>
<b>Igual a 0</b>	<b>Junho</b>	35,8%	44,5%	15,1%
	<b>Julho</b>	30,8%	37,2%	13,3%
	<b>Agosto</b>	25,7%	29,2%	11,0%
	<b>Setembro</b>	20,9%	21,2%	9,0%
	<b>Outubro</b>	14,7%	12,6%	6,0%
	<b>Novembro</b>	8,7%	4,0%	3,0%

Tabela 05 - Volumes previstos para os Sistemas de junho a novembro

Fonte: Autor (2016).

Com a redução da vazão captada imposta pela Deliberação Normativa CERH/MG n.º 49/2015(MINAS GERAIS, 2015), os sistemas apresentaram uma pequena melhora no comportamento operacional dos reservatórios, entretanto pouco significativa, pois os reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores chegariam a novembro com níveis muito baixos, permanecendo a insegurança ao abastecimento público, conforme apresentado na Tabela 06.

Volume Operacional (%)																			
Cenário de Precipitação	Mês	Vargem das Flores						Rio Manso						Serra Azul					
		100	90	80	70	60	50	100	90	80	70	60	50	100	90	80	70	60	50
Igual a 0	Jun	31,3	32,2	33,2	34,1	35,0	35,9	37,2	38,7	40,1	41,6	43,0	44,5	7,7	8,6	9,4	10,3	11,2	12,0
	Jul	21,6	23,5	25,3	27,2	29,1	31,0	22,3	25,2	28,2	31,1	34,1	37,0	0,0	0,0	1,7	3,5	5,2	7,0
	Ago	11,9	14,7	17,5	20,3	23,2	26,0	6,7	11,2	15,7	20,1	24,6	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
	Set	2,5	6,3	10,0	13,8	17,5	21,3	0,0	0,0	3,2	9,1	15,1	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Out	0,0	0,0	1,1	5,8	10,5	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Nov	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 06 – Prognóstico de junho a novembro.

Fonte: Autor (2016).

Considerando as outorgas para a região do Rio Manso e adotando a captação de 100% e simulações com intervalo de 10% de redução da vazão captada até o limite de 50% da captação, observou-se que esta redução apresentava um horizonte maior da disponibilidade de água no reservatório. Verificou-se que, com a redução de 20% da captação do volume outorgado, o volume operacional previsto para o final de junho seria de 40,1%, e o sistema entraria em colapso no início de outubro. Com redução de 50% o reservatório chegaria a novembro com 3,7% de seu volume operacional. Na condição sem redução de captação, o reservatório se esgotaria no início de setembro. No sistema Serra Azul observou-se que somente com a redução de 50% de captação de todo volume outorgado, o sistema entraria em colapso em agosto, o que, conseqüentemente, comprometeria o abastecimento público. Nas demais simulações, o volume já entraria em colapso no final de julho. O sistema Vargem das Flores, com esta redução, apresentava um horizonte maior da disponibilidade de água no reservatório. Sem a redução de captação o reservatório entraria em colapso em setembro com 2,5% de volume operacional, o que comprometeria o abastecimento. Com a redução de 50% de captação o reservatório chegaria a novembro com 9,3%. Em razão dos cenários apresentados e tendo em vista os objetivos da declaração de situação crítica de escassez hídrica nas bacias hidrográficas, que visam prevenir ou minimizar os efeitos de secas, prevenir ou minorar grave degradação ambiental, atender aos usos prioritários e minimizar os impactos sobre os múltiplos usos, foi prorrogado o prazo do estabelecimento de situação crítica de escassez hídrica.

### **3ª Avaliação**

Nos moldes da 2ª Avaliação, foi realizada a atualização da simulação de volume operacional acumulado em um prognóstico mensal de agosto a novembro. Considerando

as captações apresentadas até a data de 26/07/2015 com as reduções impostas pela DN CERH/MG n.º 49/2015 (MINAS GERAIS, 2015), observou-se que os sistemas Rio Manso, Vargem das Flores e Serra Azul chegariam ao final de novembro com 11%, 11,4% e 3,5% de seu volume operacional, respectivamente (Tabela 07).

<b>Volume Operacional (%)</b>				
<b>Cenário de Precipitação</b>	<b>Mês</b>	<b>Vargem das Flores</b>	<b>Rio Manso</b>	<b>Serra Azul</b>
<b>Igual a 0</b>	<b>Agosto</b>	28,4%	36,0%	11,5%
	<b>Setembro</b>	23,6%	28,1%	9,2%
	<b>Outubro</b>	17,4%	19,6%	6,3%
	<b>Novembro</b>	11,4%	11,0%	3,5%

Tabela 07 - Volumes previstos para os Sistemas de agosto a novembro.

Fonte: Autor (2016).

Os sistemas apresentaram uma melhora no comportamento hidrológico dos reservatórios, sendo que os reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores chegariam a novembro com níveis ainda muito baixos, caracterizando um cenário inseguro. Foi realizado novo prognóstico conforme apresentado na Tabela 08 e verificou-se a necessidade de continuidade na aplicação da norma.

Volume Operacional (%)																			
Cenário de Precipitação	Mês	Vargem das Flores						Rio Manso						Serra Azul					
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	100%	90%	80%	70%	60%	50%	100%	90%	80%	70%	60%	50%
Igual a 0	Ago	23,8%	24,8%	25,7%	26,7%	27,6%	28,6%	28,4%	29,9%	31,4%	32,9%	34,4%	35,9%	3,9%	4,8%	5,7%	6,6%	7,5%	8,4%
	Set	14,5%	16,3%	18,2%	20,1%	22,0%	23,8%	13,1%	16,0%	19,0%	21,9%	24,9%	27,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	3,1%
	Out	3,6%	6,4%	9,3%	12,1%	14,9%	17,8%	0,0%	1,4%	5,9%	10,3%	14,8%	19,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Nov	0,0%	0,0%	0,6%	4,4%	8,1%	11,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,7%	10,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 08 – Prognóstico de agosto a novembro.

Fonte: Autor (2016).

No Rio Manso observou-se que esta redução apresentava um horizonte maior da disponibilidade de água no reservatório. Verificou-se que, captando 100% da vazão outorgada, o volume operacional previsto para o final de setembro era de 13,1%, e o sistema entraria em colapso no início de outubro. Com redução de 50% o reservatório chegaria a novembro com 10,6% de seu volume operacional.

Já no sistema Serra Azul, observou-se que com a redução de 40% e 50% de captação de todo volume outorgado, o sistema entraria em colapso em setembro, o que, conseqüentemente, comprometeria o abastecimento público. Captando 100% da vazão outorgada, o reservatório chegaria ao final de agosto com 3,9% do volume operacional e se esgotaria já no início de setembro. Vargem das Flores, com esta redução, apresentou um horizonte maior da disponibilidade de água no reservatório. Sem a redução de captação, o reservatório entraria em colapso em novembro, com 0,6% de volume operacional, o que comprometeria o abastecimento. Com a redução de 50% de captação o reservatório chegaria a novembro com 11,9%. Em razão dos cenários apresentados, obteve-se o subsídio necessário para a prorrogação do prazo de estabelecimento de situação crítica de escassez hídrica, nas bacias dos reservatórios.

#### **4ª Avaliação**

Nesta Avaliação, realizada em outubro de 2015, o comportamento dos reservatórios do sistema Paraopeba foi avaliado em três diferentes cenários de precipitação (Acima da Normal Climatológica, Igual à Normal Climatológica e Abaixo da Normal Climatológica), tendo em vista que o acumulo de chuvas observadas na região poderia acarretar numa significativa variação de comportamento do sistema. Foi considerada, também, a variação da captação de 100% do volume outorgado até sua redução para 50% para os reservatórios de Rio Manso, Serra Azul e Vargem das Flores, cujos resultados estão apresentados na Tabela 09.

Volume Operacional (%)																			
Cenário de Precipitação	Mês	Vargem das Flores						Rio Manso						Serra Azul					
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	100%	90%	80%	70%	60%	50%	100%	90%	80%	70%	60%	50%
Superior	Out	42%	43%	44%	45%	46%	46%	29%	30%	32%	33%	35%	36%	10%	11%	12%	13%	13%	14%
	Nov	69%	71%	73%	75%	77%	79%	22%	25%	28%	31%	34%	37%	13%	15%	17%	18%	20%	22%
	Dez	100%	100%	100%	100%	100%	100%	18%	22%	27%	31%	36%	40%	19%	21%	24%	27%	29%	32%
	Jan	100%	100%	100%	100%	100%	100%	13%	19%	25%	31%	37%	43%	24%	27%	31%	34%	38%	41%
	Fev	100%	100%	100%	100%	100%	100%	5%	13%	20%	28%	35%	43%	25%	30%	34%	39%	43%	47%
	Mar	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	4%	13%	22%	31%	40%	24%	29%	35%	40%	45%	51%
Média	Out	35%	36%	37%	38%	39%	40%	27%	29%	30%	32%	33%	35%	8%	9%	9%	10%	11%	12%
	Nov	52%	54%	56%	58%	60%	62%	18%	21%	24%	27%	30%	33%	7%	9%	11%	13%	14%	16%
	Dez	74%	76%	79%	82%	85%	88%	10%	14%	19%	23%	28%	32%	8%	11%	14%	16%	19%	22%
	Jan	94%	97%	100%	100%	100%	100%	2%	8%	14%	20%	26%	32%	9%	12%	16%	20%	23%	27%
	Fev	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	7%	14%	22%	29%	7%	12%	16%	21%	25%	30%
	Mar	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	7%	16%	25%	4%	9%	14%	20%	25%	31%
Inferior	Out	29%	30%	31%	32%	33%	34%	25%	27%	28%	30%	31%	33%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
	Nov	35%	37%	39%	41%	43%	44%	13%	16%	19%	22%	25%	28%	1%	3%	5%	7%	8%	10%
	Dez	43%	46%	49%	52%	55%	58%	2%	7%	11%	16%	20%	25%	0%	1%	3%	6%	9%	11%
	Jan	51%	55%	59%	62%	66%	70%	0%	0%	2%	8%	14%	20%	0%	0%	1%	5%	9%	12%
	Fev	55%	60%	64%	69%	74%	79%	0%	0%	0%	1%	8%	16%	0%	0%	0%	3%	7%	12%
	Mar	57%	62%	68%	74%	79%	85%	0%	0%	0%	0%	1%	10%	0%	0%	0%	0%	5%	11%

Tabela 09 – Volumes previstos para o Sistema Paraopeba de outubro/2015 a março/2016

Fonte: Autor (2016).

Com base nos três cenários de precipitação abordados, verificou-se que, de modo geral, os três reservatórios apresentaram recuperação quando se considerou chuvas acima da Normal, porém os demais cenários refletiam insegurança do ponto de vista de recuperação global do Sistema Paraopeba.

O Sistema Rio Manso, considerando redução de 50% de captação, apresentou recuperação pouco significativa no cenário de precipitação superior à Normal. No cenário de precipitação Normal, não houve recuperação de volume, enquanto que no cenário com precipitação inferior à Normal, o reservatório seguiria em queda contínua registrando 10% de volume acumulado em março. O Sistema Serra Azul apresentou recuperação nos meses de outubro a março para o cenário de precipitação superior à Normal, atingindo até 51% no mês de março. No cenário de precipitação Normal, o reservatório também apresentou recuperação, porém, pouco significativa. Já no cenário com precipitação inferior à Normal,



o reservatório apresentou queda em todas as configurações de simulação. No Sistema Vargem das Flores, tanto no cenário de precipitação superior à Normal quanto no cenário igual à Normal Climatológica, o reservatório apresentou recuperação atingindo 100% do volume operacional. No cenário com precipitação inferior à Normal, o reservatório apresentou recuperação pouco significativa.

Neste contexto, tendo em vista principalmente os cenários de chuva Normal e abaixo da Normal e considerando o término da aplicabilidade da DN CERH/MG n.º 49/2015(MINAS GERAIS, 2015), no final do período considerado oficialmente como, e considerando de fundamental importância o estabelecimento de mecanismos de redução das captações outorgadas por meio da suspensão parcial de outorgas, conforme previsto no art. 20 da Lei n.º 13.199, de 29 de janeiro de 1999, foi aplicada a suspensão parcial das outorgas a montante do sistema Paraopeba e sua bacia de contribuição até maio de 2016.

Nos gráficos, apresentados nas Figuras 3 a 6, pode ser verificado o resultado da imposição da restrição das vazões outorgadas de acordo com DN CERH/MG n.º 49/2015(MINAS GERAIS, 2015). O período de aplicação das declarações de situação crítica de escassez hídrica superficial nas porções hidrográficas localizadas nos reservatórios do Sistema Paraopeba e suas bacias de contribuição f de 08 de abril de 2015 a 09 de maio de 2016. As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram, portanto, o comportamento dos reservatórios no período, durante a aplicação da redução imposta pela DN CERH/MG n.º 49/2015(MINAS GERAIS, 2015).

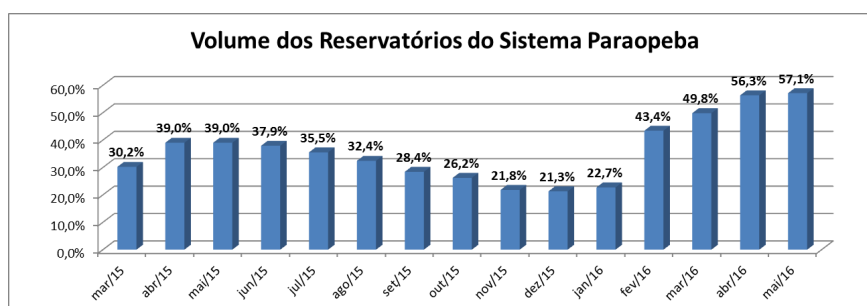


Figura 3 - Variação prevista do volume acumulado nos sistemas

Fonte: COPASA, (2016).

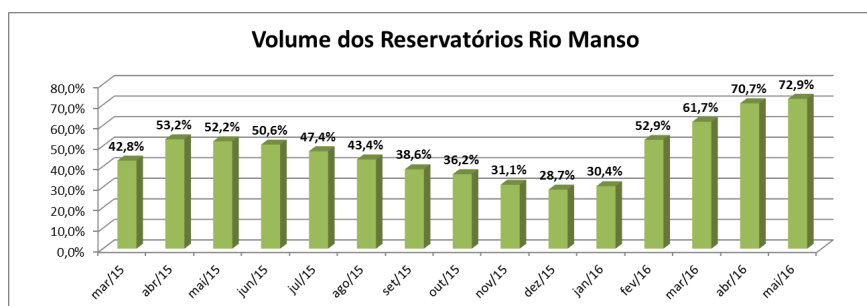


Figura 4 - Variação prevista do volume acumulado nos sistemas

Fonte: COPASA, (2016).

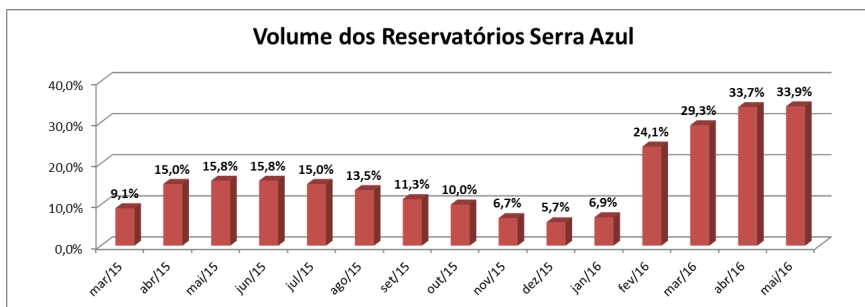


Figura 5 - Variação prevista do volume acumulado nos sistemas

Fonte: COPASA, (2016).

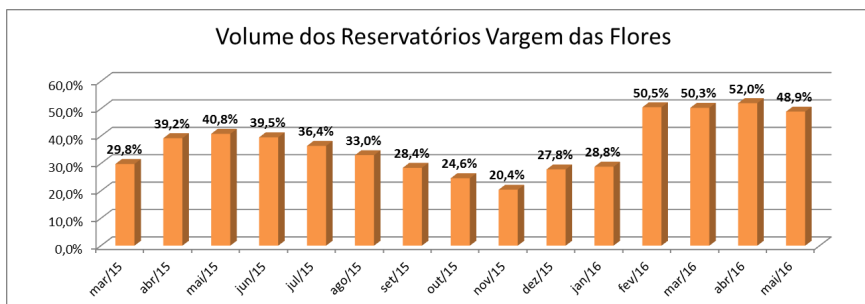


Figura 6 - Variação prevista do volume acumulado nos sistemas

Fonte: COPASA, (2016).

## 5 | CONCLUSÃO

Com base nas quatro avaliações realizadas, observou-se que nos primeiros meses de aplicação das restrições impostas pela norma os reservatórios apresentaram uma queda no volume mensal durante os meses do ano de 2015. A partir do mês de fevereiro os reservatórios apresentaram uma melhora significativa no comportamento hidrológico. A melhora está associada ao período de 33 semanas de volumes captados reduzidos e do período chuvoso próximo a normal climatológica. Conclui-se que se a redução não tivesse sido aplicada, os volumes dos reservatórios poderiam ter se esgotado antes mesmo do período seco terminar, como mostrado nas avaliações.

O monitoramento contínuo com a metodologia aplicada proporcionou ao Poder Público a implementação de uma política pública ativa no que se referiu à aplicação da norma, bem como na tomada de decisão, com bases técnicas, contribuindo para a recuperação dos reservatórios.

## REFERÊNCIAS

CBH-PARAOPEBA. **A Bacia do Paraopeba**. Disponível em: <http://www.aguasdoparaopeba.org.br>. Acesso em: 2012.

COPASA – HIDROSSISTEMAS. **Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, COPASA. 1993.

COPASA (2016). **Nível dos Reservatórios**. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/abastecimento-de-agua/nivel-dos-reservatorios>. Acesso em: 2016.

MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano: Proposta de modelo analítico e aplicação na bacia do rio das velhas, minas gerais**. 2016. 525f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ, 2016.

MINAS GERAIS. (2015). **Deliberação Normativa CERH-MG nº49, de 25 de março de 2015. Estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais**. Disponível em [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2015\\_ARQUIVOS/ESCASSEZ/DECLARACOES/Delibera%C3%A7%C3%A3o\\_Normativa\\_CERH\\_n\\_049.2015.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2015_ARQUIVOS/ESCASSEZ/DECLARACOES/Delibera%C3%A7%C3%A3o_Normativa_CERH_n_049.2015.pdf). Acesso em 2015.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. In: WILHITE et al. **Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability**. WESTVIEW,1987. p. 11-14.

WILHITE, D. A., Drought as a natural hazard: Conceptions and definitions. In: WILHITE, D. A. **Drought : A global assessment**. Routledge, 2000. p. 111 – 120.

## DETERMINAÇÃO DE VAZÕES ECOLÓGICAS DE UM RIO ATRAVÉS DE DIFERENTES METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS, ESTUDO DE CASO: RIO GUALAXO DO SUL/MG

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 25/03/2020

### **Igor Campos da Silva Cavalcante**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/7591290961408106>

### **Lígia Conceição Tavares**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
Porto Alegre – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/0228275544287437>

### **Ian Rocha de Almeida**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
Porto Alegre – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9755292736870569>

### **João Diego Alvarez Nylander**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
Belém – Pará  
<http://lattes.cnpq.br/3462131455560188>

**RESUMO:** A variação temporal das vazões em uma bacia hidrográfica influencia

diretamente os usos consuntivos e não consuntivos desta unidade de gestão, possuindo, portanto, uma importância ecológica para manutenção dos seres vivos e processos no meio ambiente. O presente trabalho tem como área de estudo o rio Gualaxo do Sul, corpo hídrico que corta vários municípios do estado de Minas Gerais, como Barra Longa, Mariana e Diogo de Vasconcelos, afluente do rio do Carmo, juntamente o rio Gualaxo do Norte, e constituinte da hidrografia da Bacia do Rio Doce. Para o desenvolvimento do estudo, o artigo foi dividido em 3 etapas: Determinação da estação fluviométrica; Cálculo das vazões ecológicas Q90, Q95, Q7,10, Método de Tennant e Método de Texas; Avaliação das vazões obtidas pelos diferentes métodos. A estação fluviométrica (código 56240000) utilizada no rio Gualaxo do Sul para o desenvolvimento do estudo, apresentou uma série histórica de 77 anos, do período de 1930 a 2007, localizado no Município de Mariana/MG. A partir da aplicação do método de Tennant ou Montana obteve-se uma vazão média anual de 28,398 m<sup>3</sup>/s. Para a vazão Q7,10, a partir da linha de tendência de um gráfico desenvolvido, para um tempo de retorno de 10 anos, a vazão ecológica recomendada foi de 7,737 m<sup>3</sup>/s. No que diz respeito às vazões Q90 e

Q95, foram obtidas 8,541 m<sup>3</sup>/s e 7,220 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Para o método de Texas, observados os valores médios de vazão mensais usados para a determinação da mediana, obteve-se 17,020 m<sup>3</sup>/s. O entendimento e a obtenção das vazões de referência de um corpo hídrico são de extrema importância para a correta gestão e planejamento deste, auxiliando principalmente na tomada de decisões com vista à preservação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vazões ecológicas, bacia hidrográfica, preservação ambiental.

## DETERMINATION OF ECOLOGICAL FLOWS OF A RIVER THROUGH DIFFERENT HYDROLOGICAL METHODOLOGIES, GUALAXO DO SUL RIVER/MG CASE STUDY

**ABSTRACT:** The temporal variation of flows in a hydrographic basin directly affects the uses of this management unit, having an ecological importance for maintaining living organisms and environmental processes. This research has as a study area the Gualaxo do Sul river which crosses several counties of Minas Gerais States such as Barra Longa, Mariana and Diogo de Vasconcelos, a tributary of the Carmo river along with the Gualaxo do Norte river, constituents of the Rio Doce hydrography. For the development of this research, this article was divided into 3 stages: Determination of the fluvimetric station, determination of the ecological flows Q90, Q95, Q7,10, Tennant method and Texas method and evaluation of flow rates obtained by the different methods. The selected fluvimetric station (code 56240000) in the Gualaxo do Sul River showed a 77 years of historical data, from 1930 to 2007, located in the county of Mariana/MG. The application of the Tennant or Montana method resulted in an average annual flow of 28.398 m<sup>3</sup>/s. For the flow rate Q7,10 from the trend line of a return period of 10 years, the recommended ecological flow rate was 7.737 m<sup>3</sup>/s. Regarding flows Q90 and Q95 it was obtained 8,541 m<sup>3</sup>/s and 7,220 m<sup>3</sup>/s respectively. The Texas method, observing the average monthly flow values used to determine the median, 17,020 m<sup>3</sup>/s was obtained. Understanding and obtaining the reference flows of a water body is extremely important for its correct management and planning, mainly assisting in decision-making with a view to environmental preservation.

**KEYWORDS:** Ecological flows, hydrographic basin, environmental preservation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em uma bacia hidrográfica, os cursos d'água possuem, em geral, dois regimes hidrológicos bem definidos no que diz respeito às suas vazões, que são os períodos de cheia e de estiagem, fenômenos naturais cíclicos (COLLISCHONN et al., 2005). O período de cheia é quando há os maiores índices pluviométricos na bacia, e os rios recebem contribuição dessas precipitações e atingem os seus maiores índices de vazões durante o ano, e o oposto ocorre nos períodos de estiagem, que na maioria das vezes recebem contribuição somente da lenta drenagem da água armazenada nos lençóis subterrâneos (VON SPERLING, 2014).

Quando há a necessidade de se efetuar um uso consuntivo ou não consuntivo do corpo d'água, podendo impactá-lo nas suas características físicas, químicas e biológicas locais ou à jusante, um estudo para a determinação da chamada vazão de referência deve ser realizado. A Resolução N° 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, define vazão

de referência como vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional do Meio Ambiente e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A vazão de referência de um corpo hídrico comumente vai estar no período de estiagem do curso d'água em questão.

Em suma, o conceito de vazão de referência (ou de base, ou de restrição) confunde-se com o termo “vazão ecológica”. Vestena et al. (2012) definem vazão ecológica como a quantidade de água que deve permanecer no leito dos rios para atender as demandas do ecossistema aquático, a fim de preservar a fauna e flora do leito do rio. A determinação da vazão de referência de um corpo d'água deve obedecer estes princípios de vazão ecológica, e para isso existem várias metodologias aplicadas na determinação dessas vazões.

A determinação e conhecimento destas vazões ecológicas influencia diretamente na correta gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, a fim de preservar o ecossistema lótico, bem como garantir sua exploração de maneira sustentável. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo comparar diferentes metodologias hidrológicas para a determinação da vazão ecológica do Rio Gualaxo do Sul (Mariana-MG) além de efetuar uma conclusão sobre a aplicabilidade prática.

## 2 | METODOLOGIA

O presente trabalho tem como área de estudo o rio Gualaxo do Sul, corpo hídrico que corta vários municípios do estado de Minas Gerais, como Barra Longa, Mariana e Diogo de Vasconcelos, afluente do rio do Carmo, juntamente o rio Gualaxo do Norte, e constituinte da hidrografia da Bacia do Rio Doce (WINDMÖLLER et al, 2007). Conforme é apresentado na Figura 1.

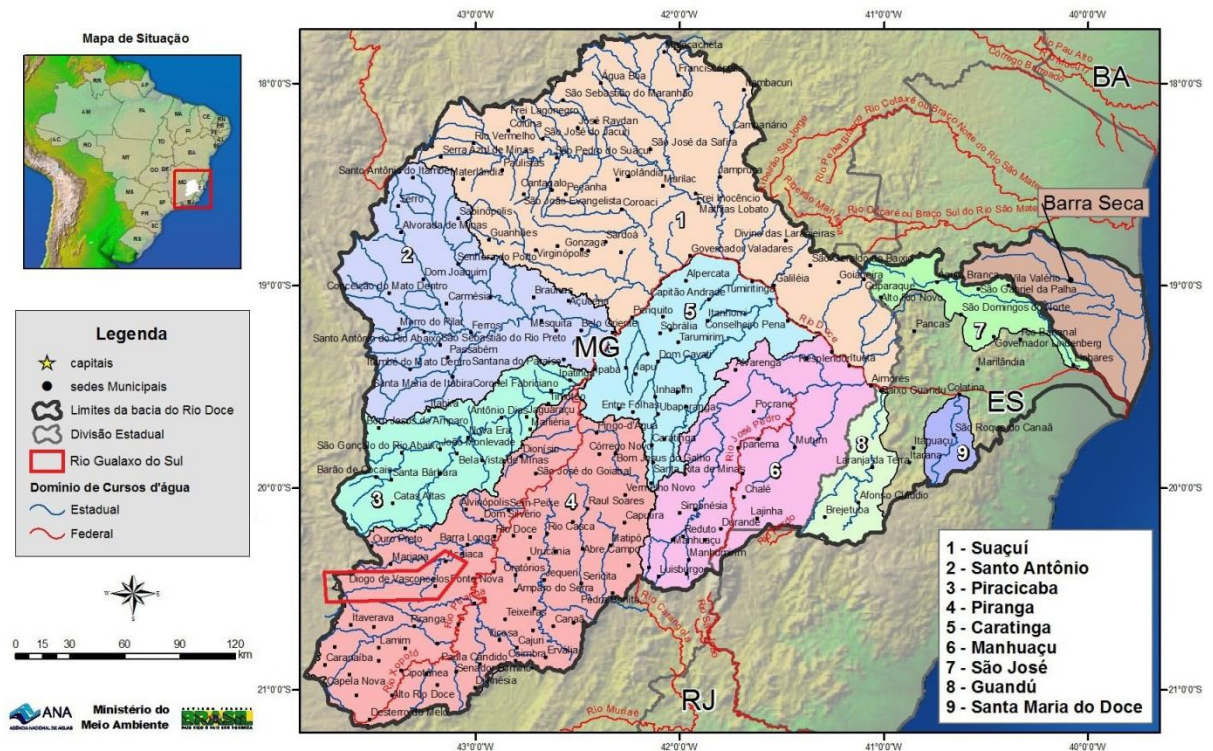


Figura 1 – Localização do Rio Gualaxo do Sul na Bacia do Rio Doce, Mariana – MG.

Fonte: Adaptado de ANA (2010)<sup>1</sup>.

Para o desenvolvimento do estudo, o artigo foi dividido em 3 etapas:

1. Determinação da estação fluviométrica;
2. Cálculo das vazões ecológicas;
  - a) Q90 e Q95;
  - b) Q7,10;
  - c) Método de Tennant;
  - d) Método de Texas.
3. Avaliação das vazões obtidas pelos diferentes métodos.

A primeira etapa consistiu em escolher uma estação fluviométrica na área de estudo, que apresente dados hidrológicos de no mínimo 30 anos, para isso foi utilizado a Plataforma Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), a qual apresenta banco de dados de diversas estações fluviométricas em todo território brasileiro. Após determinar a estação e obtido os registros hidrológicos é feito o tratamento preliminar dos dados, que consiste em retirar todos os registros com nível de consistência 1 (dados de vazão não consolidados).

O desenvolvimento da segunda etapa se deu em quatro fases, onde cada uma é destinada a calcular a vazão do rio por determinado método. Na primeira fase é calculado as vazões Q90 e Q95, isto é, a probabilidade das vazões diárias do rio serem superiores

<sup>1</sup> Fonte: [http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/04\\_Doce.jpg](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Cobranca/04_Doce.jpg)

ou iguais às vazões calculadas é de 90% e 95%, respectivamente (VON SPERLING, 2005). Esse método consiste em distribuir a série histórica das vazões, com nível de consistência 2, em ordem decrescente e atribuir a probabilidade da ocorrência de cada vazão.

A segunda fase da Etapa 2 consiste em determinar por método probabilístico a vazão mínima (Q7,10) que tenha tempo de retorno a cada 10 anos, com a menor média em sete dias consecutivos (VON SPERLING, 2005). Para o desenvolvimento dessa fase é, inicialmente, determinado o período de estiagem do local do estudo, já que é a época que apresenta os menores valores de vazões no rio, para então organiza-los em dados anuais e calcular a média móvel de 7 dias consecutivos, o menor valor de média móvel de cada ano foi retirado para compor o cálculo da Q7,10. Após ter sido obtido os valores de vazão anual, são organizados de forma crescente e feito o ajuste das vazões, auxílio da distribuição normal (Z) e expresso em gráfico (Tempo de Retorno x Vazão), para determinado a curva de tendência das vazões calculadas e retirar o valor para o tempo de retorno de 10 anos.

Na terceira fase (Etapa 2), é desenvolvido o Método de Tennant ou Montana, que consiste em calcular a vazão ecológica, o qual representa as condições de qualidade do habitat aquático, do corpo hídrico, a partir dos seus dados de vazão diária, desse modo se pode estimar o valor de vazão mínimo para a manutenção do ecossistema aquático (ARTHINGTON e ZALUCKI, 1998). Nessa fase, primeiramente, é calculado a vazão média com os dados diários do mês com os menores valores de vazão (estiagem), para representar o valor médio anual, feito isso para toda a série histórica é calculado a média de todos os valores médios anuais já encontrados, por fim é retirada a porcentagem da última média encontrada. A condição do rio em função do percentual da vazão média é apresentada na Tabela 1 abaixo.

Condição do Rio	Vazão Recomendada - m <sup>3</sup> /s (porcentagem em relação à vazão média anual)	
	Período úmido	Período seco
Máxima ou lavagem	200%	
Faixa ótima	60% – 100%	
Excelente	60%	40%
Muito Bom	50%	30%
Bom	40%	20%
Baixa ou degradante	30%	10%
Pobre ou mínima	10%	10%
Degradação elevada	0% – 10%	

Tabela 1 – Porcentagem para determinação da vazão ecológica pelo Método de Tennant

Fonte: Adaptado de Orth & Maughan (1981)

Na última fase da Etapa 2 foi calculado a vazão ecológica pelo método de Texas , que foi



desenvolvido com princípios semelhantes ao do método de Tennant, pois segundo Mathews Jr. e Bao (1991) o método de Texas foi criado para avaliar o equilíbrio entre as necessidades do ecossistema aquático e as demandas de uso da água, incluindo a adequação dos futuros projetos dos reservatórios de água, que poderiam ter uma redução em seu potencial. Para o desenvolvimento desse método foi calculado uma média mensal, a partir de seus registros de vazões diários, para cada mês do ano. Em posse de 12 médias mensais para cada ano da série histórica de vazões é novamente retirado a média mensal dos valores médios já calculados, para retirar a mediana dos doze valores médios da série histórica do corpo hídrico.

Por fim, na última etapa são relacionados e comparados os valores de vazões calculadas na etapa anterior, para avaliar os resultados obtidos por diferentes métodos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estação fluviométrica (código 56240000) utilizada no rio Gualaxa do Sul para o desenvolvimento do estudo, apresentou uma série histórica de 77 anos, do período de 1930 a 2007, localizado no Município de Mariana/MG.

A partir da aplicação do método de Tennant ou Montana obteve-se uma vazão média anual de 28,398 m<sup>3</sup>/s, cuja foi utilizada para formar a Tabela 2.

Condição do Rio	Vazão Recomendada (m <sup>3</sup> /s)	
	Período úmido	Período seco
Máxima ou lavagem	56,796	
Faixa ótima	17,039 – 28,398	
Excelente	17,039	11,359
Muito Bom	14,199	8,519
Bom	11,359	5,680
Baixa ou degradante	8,519	2,840
Pobre ou mínima	2,840	2,840
Degradação elevada	0 – 2,840	

Tabela 2 – Vazões Recomendadas pelo Método de Tennant.

Os valores apresentados na Tabela 2 correspondem as vazões mínimas que o rio deve possuir para dada condição, ou seja, se o rio apresentar vazões de 17,039 m<sup>3</sup>/s à 28,398 m<sup>3</sup>/s sua condição de rio estará em uma faixa ótima, mas se o rio tiver vazões de 0 à 2,840

m<sup>3</sup>/s ele apresentará elevada degradação.

Farias Júnior (2006) diz que 10% da vazão média anual, cuja é 2,840 m<sup>3</sup>/s, corresponde a vazão instantânea mínima para garantir as condições mínimas de habitat necessário a sobrevivência de grande parte das espécies aquáticas visto que implica em uma elevada transformação desse habitat. Já a vazão de 8,519 m<sup>3</sup>/s (30% da média anual) permite condições satisfatórias de profundidade, largura e velocidade no rio. Esse valor de 30% da média anual pode ser usado como sendo a vazão ecológica do rio.

Ainda segundo o mesmo autor, vazões acima de 17,039 m<sup>3</sup>/s (60% da média anual) garantem condições ótimas de habitat, contudo não devem exceder duas vezes o valor da vazão média (200%) cujo é de 56,796 m<sup>3</sup>/s visto que elevadas vazões podem causar erosão nas margens do rio e degradação do habitat aquático. Aplicando-se a metodologia da vazão Q<sub>7,10</sub> obteve-se o gráfico a seguir (Figura 2).

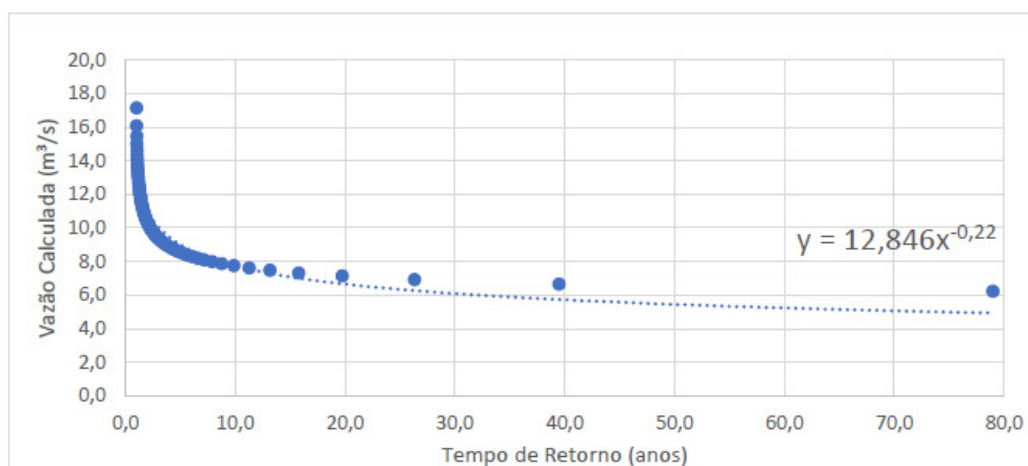


Figura 2 – Gráfico da Vazão Q<sub>7,10</sub> em m<sup>3</sup>/s.

Dessa forma, com base na equação presente na Figura 2 obtida a partir da linha de tendência do gráfico, para um tempo de retorno de 10 anos, a vazão ecológica recomendada é de 7,737 m<sup>3</sup>/s.

Segundo Farias Júnior (2006), no método baseado na curva de permanência (Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>) os valores de vazão ecológica devem ser iguais ou exceder em 90% ou 95% do tempo a vazão diária histórica. Com a aplicação método, o valor de Q<sub>90</sub> é igual a 8,541 m<sup>3</sup>/s e Q<sub>95</sub> é igual a 7,220 m<sup>3</sup>/s.

Na Tabela 3 pode ser observado os valores médios de vazão mensais usados para a determinação da mediana, cuja é considerado a vazão ecológica pelo método Texas ou método da mediana das vazões mensais.

Mês	Média (m <sup>3</sup> /s)
Janeiro	34,978
Fevereiro	30,788
Março	26,764
Abril	19,345
Maio	14,695
Junho	12,750
Julho	11,815
Agosto	11,113
Setembro	11,473
Outubro	13,858
Novembro	20,122
Dezembro	31,332

Tabela 3 – Vazão calculada pelo método da mediana das vazões mensais.

Como pode ser observado na Tabela 3 que o valor da mediana está entre 14,695 m<sup>3</sup>/s e 19,345 m<sup>3</sup>/s, onde a média desses dois valores é de 17,020 m<sup>3</sup>/s, dessa forma, a vazão ecológica pelo método Texas é de 17,020 m<sup>3</sup>/s.

Segundo Granziera (2013) esses valores de vazão encontrados representam os limites máximos de utilização da água na seção do rio, na medida em que estabelecem as vazões mínimas que devem permanecer no corpo hídrico, atendidos os usos múltiplos e as exigências da biota. A Tabela 4 apresenta um resumo dos valores de vazão encontrados para cada metodologia aplicada.

Método	Vazão Ecológica (m <sup>3</sup> /s)
Tennant	8,519
Q7,10	7,737
Q90	8,541
Q95	7,220
Texas	17,020

Tabela 4 – Resumo dos valores de vazão encontrados.

Observa-se que os valores de vazão para os métodos Tennant, Q7,10, Q90, Q95 e Texas são respectivamente 8,519 m<sup>3</sup>/s, 7,737 m<sup>3</sup>/s, 8,541 m<sup>3</sup>/s, 7,220 m<sup>3</sup>/s e 17,020 m<sup>3</sup>/s, ou seja, o valor da vazão ecológica obtida pelo método Texas é superior aos demais métodos aplicados, chegando a ser aproximadamente duas vezes maior que o segundo maior valor, cujo é de 8,541 m<sup>3</sup>/s. Isso pode ser justificado pelo fato de que o método Texas leva em consideração apenas os valores médios e medianos, desprezando os valores mínimos e/ou porcentagens mínimas da série histórica.

É evidente que o menor valor de vazão ecológica encontrada foi o Q95 cujo é de 7,220 m<sup>3</sup>/s, contudo o Estado de Minas Gerais, onde está localizada a estação fluviométrica de estudo, adota a Resolução Conjunta SEMAD/IGAM N<sup>o</sup> 1548/2012, que considera a vazão

de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado, como sendo a vazão de Q<sub>7,10</sub> cujo valor é 7,737 m<sup>3</sup>/s.

Segunda essa resolução, o limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado, para cada seção (trecho de rio ou lago) considerada em condições naturais, será de 50% da Q<sub>7,10</sub>, 3,869 m<sup>3</sup>/s, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da Q<sub>7,10</sub>.

## 4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, percebeu-se que, com exceção do Método de Texas, a variabilidade na determinação da vazão ecológica é baixa, mostrando que a escolha do modelo a ser utilizado não provoca alterações consideráveis na vazão resultante. Quanto ao método de Texas, sua determinação mostra um valor obtido a partir de médias aritméticas, isto é, eliminando as variações entre o período de estiagem e período chuvoso. Apesar da similaridade do Método de Texas e do Método de Tennant, os quais consideram o ecossistema aquático envolvido na dinâmica do rio, diretamente, os resultados foram bastante diferentes. Portanto, o Método de Texas é mais restritivo, isto é, garante uma margem de segurança maior à salubridade do recurso hídrico em questão, especialmente no que diz respeito aos usos consuntivos da água.

O método Q<sub>7,10</sub> é um dos mais utilizados para determinação da vazão ecológica, haja vista sua abrangência de dados. Além de considerar somente o período de estiagem, o qual configura o período crítico de recarga do corpo hídrico, considera ainda o tempo de retorno, que é uma grandeza abstrata, obtida a partir de análise de probabilidade, mas de grande importância no estudo hidrológico. O valor obtido foi o segundo menor, sendo menos restritivo que os valores obtidos a partir dos Métodos de Tennant, Texas e Q<sub>90</sub>, sendo superado somente pelo valor obtido através do Q<sub>95</sub>.

Do ponto de vista prático, todos os métodos são eficientes na determinação da vazão ecológica. Suas diferentes metodologias originam diferentes resultados, deixando dúvidas ao responsável pela análise das mesmas. Ressalta-se que outros fatores são importantes na determinação da melhor alternativa, os quais não foram levados em consideração nesta pesquisa. A sensibilidade ambiental do local, o tipo de bacia hidrográfica, a parcela de uso e ocupação do solo, dentre outros fatores, são determinantes na escolha e funcionalidade do modelo adotado.

## REFERÊNCIAS

ARTHINGTON, A. H.; ZALUCKI, J. M. *Comparative evaluation of environmental flow assessment techniques: review of methods*. In: Land and Water Resources Research and Development Corporation - LWRRDC Occasional Paper, 1998.

COLLISCHONN, W. AGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R.; SOUZA,

C. F. *Em busca do hidrograma ecológico. Conference paper – november 2005*. Disponível em <[https://www.researchgate.net/profile/Christopher\\_Souza2/publication/242686702\\_Em\\_busc\\_a\\_do\\_](https://www.researchgate.net/profile/Christopher_Souza2/publication/242686702_Em_busc_a_do_)

Hidrograma\_Ecologico/links/0a85e52e5b1f37b740000000.pdf>. Acesso em 31 ago. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução N° 357/2005* –

Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

FARIAS JÚNIOR, J. E. F. DE. *Análise das metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica. Estudo de caso: Rio Coruripe/AL e Rio Solimões/AM*. COPPE/UFRJ. Dissertação. 2006.

GRANZIERA, M.L.M. *A Fixação de vazões de referência*. Revista de Direito Ambiental. Ano 18. Vol. 70. Abril – Junho. 2013.

MATHEWS, R. C.; BAO, Y. *Alternative Instream Flow Assesment Methodologies for Warmwater River System*. In: Warmwater Fisheries Sumposium I, U. S. Forest Service at Scottsdale, Arizona, p 189-196, Jun. 1991.

ORTH, D.J., MAUGHAN, O.E. *Evaluation of the "Montana method" for recommending instream flows in Oklahoma streams*. Proc. Okla. Acad. Sci, n 61, p. 62-66, 1981. Disponível em: <<http://www.dfo-mpo.gc.ca/library/348885.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMAD); INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUASA (IGAM). *Resolução Conjunta N° 1548/2012*. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. *Vazão Ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR*. Revista Ambiente & Água – *An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. Vol. 7, n. 3. 2012.

VON SPERLING, M. *Estudos e modelagem da qualidade da água em rios*. 2ª Edição. Editora UFMG. Belo Horizonte - MG, 2014.

VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WINDMÖLLER, C. C; SANTOS, R. C.; MAYCON, A.; PALMIERI, H. E. L. *Distribuição e*

*Especiação de Mercúrio em Sedimentos de Áreas de Garimpo de Ouro do Quadrilátero de Ferrífero (MG)*. *Química Nova*. n. 5, p.1088-1094, jul. 2007. Disponível em: <[http://biblioteca.cdtm.br/cdtm/arpel/adobe/Art-01\\_Helena\\_E\\_LPalmieri.pdf](http://biblioteca.cdtm.br/cdtm/arpel/adobe/Art-01_Helena_E_LPalmieri.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2016.

## ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR APLICADA COMO ADSORVENTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM FUCSINA BÁSICA

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 06/05/2020

### Milena Maria Antonio

Centro Universitário Hermínio Ometto  
Araras - SP  
<http://lattes.cnpq.br/1139444069757211>

### Mariza Campagnolli Chiaradia Nardi

Centro Universitário Hermínio Ometto  
Araras - SP  
<http://lattes.cnpq.br/5457333111077975>

**RESUMO:** O setor sucroenergético se destaca na região sudeste do Brasil. Dentro do sistema produtivo das usinas de açúcar e álcool, verifica-se a geração de subprodutos, dentre eles, as cinzas do bagaço de cana de açúcar (CBC), um resíduo produzido em grandes quantidades diariamente. Assim, na tentativa de reduzir o descarte e agregar valor às cinzas, buscou-se, através deste trabalho, caracterizar físico-quimicamente este material, verificando as suas propriedades adsorptivas e sua eficiência no tratamento de água contaminada com um corante empregado na indústria têxtil, a fucsina básica. A análise físico-química das cinzas do bagaço da cana revelou que sua composição é predominantemente mineral, sendo bastante promissora para aplicação

em processos adsorptivos. Através de estudos da cinética de adsorção, realizados em batelada, determinaram-se as condições ideais de velocidade de agitação do sistema, massa de adsorvente e tempo de contato adsorvente/solução aquosa de fucsina básica, respectivamente, de 100 rpm, 5 g de CBC e 90 min. Nestas condições, alcançou-se uma capacidade adsorptiva de 99%, e se obteve as isotermas de adsorção que se ajustaram ao modelo de Langmuir, cujos parâmetros indicaram que a CBC apresentou um perfil de adsorção favorável para amostras de água contaminadas com o corante fucsina básica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorvente; Cinzas do bagaço de cana de açúcar; Corante catiônico.

### STUDY AND CHARACTERIZATION OF SUGAR CANE ASH APLIED LIKE ADSORBENT IN THE TREATMENT OF WATER CONTAMINATED WITH BASIC FUCHSIN

**ABSTRACT:** The sugar-energy industry highlights in the southeast region of the Brazil. Inside of productive system of sugarcane industry, there are many by-products, among them, the sugar cane ashes (SCA), one waste produced in large amounts daily. Therefore, trying to reduce

the disposal and add value to the ashes, searched through this study, physicochemical characterization in this material, checking their adsorptive properties and efficiency in the treatment of contaminated water with a dye applied inside textile industry, basic fuchsin. The physicochemical analyses of the sugar cane ashes revealed that their composition is predominantly mineral, being promissory to apply in adsorptive process. Through studies of the adsorption kinetics, accomplished in batch processing, appointed the ideal conditions of the agitation speed inside the system, mass of the ashes and contact time between adsorbent/basic fuchsin water solution, respectively, they are 100 rpm, 5g of the SCA and 90 min. In these conditions, it was achieved the adsorptive capacity of the 99%, and the adsorption isotherms were appropriated for Langmuir model, where the parameters indicated the SCA presented one adsorption profile favorable to water contaminated samples with basic fuchsin. **KEYWORDS:** Adsorbent; Sugar cane ashes; Cationic dye.

## 1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil, tem uma participação de 24% no produto interno bruto, tratando-se do setor que mais contribui para o fortalecimento econômico do país (MAPA, 2017). No âmbito agroindustrial, o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de cana de açúcar, com aproximadamente nove milhões de hectares plantados, sendo que, no período entre 2017-2018, deve apresentar uma produtividade média estimada de 80.000 kg/ha (CONAB, 2018). Além da cana de açúcar ser utilizada na fabricação de etanol e açúcar, apresenta ainda subprodutos e resíduos que são aplicados para a cogeração de energia elétrica, produção de fertilizantes e de ração animal (AGEITEC, 2009). Dentro da cadeia produtiva de uma usina de açúcar e álcool, um dos subprodutos obtidos é o bagaço da cana, composto de lignina, celulose e outras substâncias. Este material pode ser queimado em caldeiras para a produção de vapor, que movimenta turbinas para gerar energia mecânica e, posteriormente, eletricidade (MAZZA, 2012). Neste processo de cogeração de energia, origina-se um resíduo predominantemente mineral, chamado de cinzas do bagaço de cana (CBC). A produção anual de CBC é de 3,8 milhões de toneladas por ano (PAES, 2010), sendo que, para cada tonelada de bagaço queimado são gerados, aproximadamente, 25 kg de cinzas (KAWA, 2015).

As CBC são usadas na lavoura ou, em sua maior parte, submetidas ao descarte pelas usinas, gerando custos para a sua destinação e agregando despesas ao processo produtivo. Neste sentido, torna-se fundamental o desenvolvimento de alternativas para a utilização deste resíduo. Uma vez que muitos trabalhos apresentados na literatura destacam a capacidade adsorvente do bagaço da cana de açúcar e também de suas cinzas (SOUZA et al., 2005; ASSIS, 2012; MAZZA, 2012), neste trabalho foi realizado o estudo e caracterização das cinzas do bagaço de cana de açúcar e a avaliação da sua capacidade adsorvente no tratamento de águas contaminadas com o corante fucsina básica diamante ( $C_{20}H_{20}ClN_3$ ), que pertence à classe dos corantes básicos hidrossolúveis, usado na indústria têxtil para o tingimento da lã, seda e fibras acrílicas (NIST, 2017; MAZZA, 2012). Desta maneira, além de

se desenvolver um procedimento que permite o aproveitamento da CBC, este trabalho pode ainda contribuir com a preservação do meio ambiente.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Cogeração De Energia e a Produção da Cbc

Durante o processo produtivo de uma usina sucroenergética, além da fabricação de açúcar e etanol de primeira e segunda geração, há também a cogeração de energia. Segundo Santos (2015), a cogeração é um sistema de produção de energia combinada, pois se obtêm energia térmica e elétrica simultaneamente, por meio um ou mais combustíveis produzidos nas usinas. No setor sucroalcooleiro tem-se a geração de calor através da queima do bagaço da cana de açúcar (biomassa), produzindo vapor de alta pressão através do superaquecimento da água, que aciona turbinas para a produção de energia elétrica. Conseqüentemente, como em todo processo de transformação, há a geração de resíduos que, neste caso, tratam-se das cinzas do bagaço da cana (CBC). De acordo com Malavolta (2001), estas cinzas são tratadas como resíduo a ser descartado ou aplicado na lavoura, pois, não existe outra aplicação efetiva, e isso, agrega custos ao processo produtivo para sua destinação. Deste modo, é interessante a procura de alternativas ao descarte para este resíduo, proporcionando uma produção mais limpa e que agregue valor a este material.

### 2.2 Características das Cinzas do Bagaço de Cana de Açúcar

A reutilização das cinzas do bagaço de cana depende totalmente das propriedades e características que as mesmas apresentam. Há muitos estudos sobre a aplicação de resíduos vegetais como adsorventes, tais como a casca de arroz, coco e de frutas (banana, maracujá, laranja), as cinzas da casca do arroz, o bagaço da cana de açúcar, entre outros (MAZZA, 2012).

De acordo com Nascimento et al. (2014) e Mazza (2012), o processo de adsorção é um fenômeno físico-químico de transferência de massa relacionado à capacidade de alguns sólidos (adsorventes) em concentrar na sua superfície determinadas substâncias (adsorvatos) que estejam presentes em fluidos líquidos ou gasosos, e que permite a separação dos componentes destes fluidos. Enquanto que, o processo inverso, em que o adsorvato se desprende da superfície do adsorvente, é chamado de dessorção. Quanto maior a área superficial do adsorvente, mais favorável é o processo de adsorção, pois se trata de um fenômeno de superfície. Por isso, de um modo geral, os adsorventes são sólidos particulados porosos. A adsorção acontece por causa da força motriz produzida pela diferença de concentrações entre o fluido e a superfície do adsorvente. E, conforme a natureza destas forças, classifica-se a adsorção em física (fisissorção) ou química (quimissorção), ou ainda podem ocorrer as duas simultaneamente. No primeiro caso, na fisissorção, a interação entre adsorvato e adsorvente é mais fraca, entretanto, o processo ocorre em toda a superfície do adsorvente, havendo a possibilidade de existirem diversas camadas de moléculas adsorvidas.



Trata-se de um processo de adsorção rápido e reversível, resultante da ação de forças de atração intermoleculares fracas entre o adsorvente e as moléculas do adsorvato, mas isso não o torna menos eficiente. A quimissorção abrange perda, ganho ou partilhamento de elétrons, e apenas acontece nos sítios ativos da superfície do adsorvente, sendo bastante específica. Alguns autores atribuem a capacidade adsortiva que a CBC apresenta à sua composição química, uma vez que é constituída predominantemente de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), que é altamente porosa e um dos adsorventes mais usados em diversas aplicações (HELENO et al., 2015; PAULA et al., 2009; COLLINS et al., 1997).

### 2.3 O Corante Fucsina Básica Diamante

A classificação de corantes pode ser realizada considerando-se fatores químicos ou a sua aplicabilidade. Geralmente os fabricantes realizam o agrupamento por classes de cromóforos semelhantes e, neste caso, a fucsina básica se enquadra no grupo dos corantes básicos, da família dos trifenilmetanos, que são hidrossolúveis e catiônicos, utilizados na indústria têxtil para a pigmentação de nylon, lã, algodão e seda, além do uso em ensaios bacteriológicos e histopatológicos (MAZZA, 2012; JUNIOR et al., 2010). Há diversas denominações para este tipo de corante, desde fucsina básica (CAS 569-61-9; CI 42500), Pararosnilina (P), cloridrato de benzenoamina4-(4-aminofenil)(4-imino-2,5-ciclohexadiano-1-ilideno)-metil, paramagenta ou magenta. A fucsina básica é um sólido cristalino verde, mas ao se solubilizar em água, muda sua coloração para magenta (QUÍMICA NOVA INTERATIVA, 2018; JUNIOR et al., 2010). Na Figura 1 é apresentada a estrutura química da fucsina básica diamante, na qual podem ser observados os substituintes dos núcleos aromáticos, responsáveis por sua coloração.

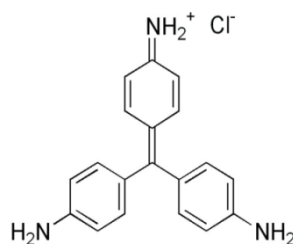


Figura 1: Fórmula estrutural da fucsina básica diamante

Fonte: Junior, et al. (2010).

Segundo Junior et al. (2010) esta classe de corantes oferece riscos à saúde como a neoplasia de tecidos, causada por intoxicações geradas em atividades ocupacionais e também por contaminação ambiental. Por esse motivo, há diversas ações desenvolvidas para degradar, como também, remover este corante de corpos d'água, sistemas aquíferos e mananciais de abastecimento, uma vez que estas fontes de águas podem ser contaminadas pelo corante através do seu descarte deliberado.

## 2.4 Estudo Cinético e as Isotermas de Adsorção

De acordo com Mazza (2012) e Nascimento et al. (2014) para analisar a viabilidade da separação de componentes de uma massa líquida, deve ser estudada a cinética de adsorção, pois é ela que determina a taxa de remoção do adsorvato em função do tempo, ou seja, a efetiva transferência de massa do fluido para a superfície das partículas do adsorvente. Outros parâmetros também são essenciais, como a quantidade de adsorvente, velocidade de agitação, concentração do adsorvato em solução, temperatura e pH. Assim, otimizando-se estes parâmetros, é possível construir as isotermas de adsorção, que são diagramas que representam os modelos cinéticos, e demonstram a eficiência do processo adsorptivo até o ponto de equilíbrio (NASCIMENTO et al., 2014; MAZZA, 2012). Diz-se que a solução de adsorvato está em equilíbrio com o adsorvente quando há igualdade na velocidade com que as moléculas ou íons são adsorvidos/dessorvidos na superfície do adsorvente (NASCIMENTO et al., 2014).

Para a construção de uma isoterma de adsorção é necessário ter a massa de adsorvente ( $m$ , em gramas) a ser acrescentada a um volume ( $V$ , em litros) de um conjunto de soluções com concentrações iniciais ( $C_o$ , em miligramas por litro) distintas e conhecidas. Ao se atingir o equilíbrio de adsorção, obtém-se a concentração final de soluto (adsorvato) na solução em equilíbrio ( $C_e$ , em miligramas por litro de solução) e, por último, a capacidade de adsorção do adsorvente ( $q_e$ , em miligramas de adsorvato, por grama de adsorvente), obtida através de um balanço de massas, representado pela equação 1.

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) * V}{m} \quad (1)$$

Assim, plotando-se um gráfico de  $q_e$  x  $C_e$ , obtém-se a isoterma de adsorção. Os gráficos das isotermas podem apresentar diferentes perfis, que estão diretamente relacionados ao mecanismo de adsorção, como apresentado na Figura 2.

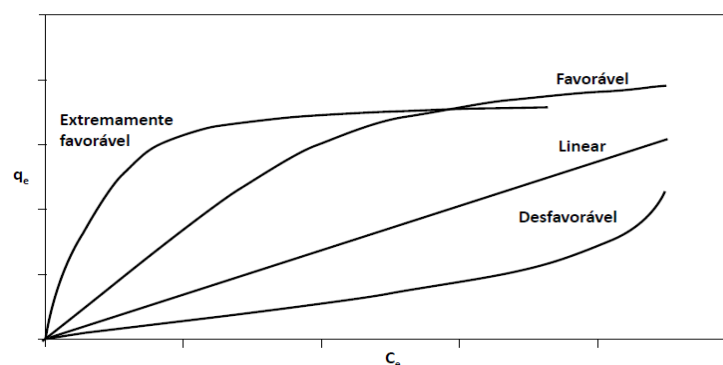


Figura 2: Possíveis perfis das isotermas de adsorção

Fonte: Nascimento et al. (2014)

Segundo Nascimento et al. (2014), com o intuito de ajustar os dados obtidos

experimentalmente sobre a relação  $q_e \times C_e$ , diferentes equações de isotermas foram propostas por Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin e Dubinin–Radushkevich. O modelo mais aplicado aos estudos da cinética de adsorção em sistemas líquido/sólido é o de Langmuir, pois permite prever a capacidade máxima de adsorção do adsorvente, além de ser capaz de descrever, a partir dos dados experimentais, o comportamento do processo adsorptivo. A equação que representa o modelo de Langmuir parte de algumas suposições: Há um número determinado de sítios de adsorção na superfície do adsorvente; Não existe interação entre as moléculas adsorvidas, e os sítios têm energia equivalente; O processo adsorptivo acontece em uma monocamada; Comporta-se, em cada sítio, apenas uma molécula adsorvida.

A equação 2, representa a isoterma de Langmuir, sendo esta uma equação não linear.

$$q_e = \frac{q_{\max} * K_L * C_e}{1 + (K_L * C_e)} \quad (2)$$

Onde:  $q_e$  = quantidade do soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $q_{\max}$  = capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $K_L$  = constante de interação adsorvato/adsorvente ( $\text{L mg}^{-1}$ );  $C_e$  = concentração do adsorvato no equilíbrio ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

Ainda de acordo com Nascimento et al. (2014), um outro detalhe importante da isoterma de Langmuir é que, através de seus parâmetros é possível calcular o fator de separação ou fator de equilíbrio ( $R_L$ ), que caracteriza a isoterma e o processo de adsorção como favorável ou não. O fator de separação  $R_L$  pode ser calculado pela equação 3.

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L * C_0} \quad (3)$$

Onde:  $R_L$  = fator de separação;  $K_L$  = constante de interação adsorvato/adsorvente ( $\text{L mg}^{-1}$ );  $C_0$  = concentração inicial da solução ( $\text{mg L}^{-1}$ ).

Os valores de  $R_L$ , permitem identificar qual o tipo de isoterma obtida, de acordo com o seguinte critério:  $R_L > 1$  é Desfavorável,  $R_L = 1$  Linear,  $0 < R_L < 1$  Favorável e  $R_L = 0$  Irreversível (NASCIMENTO et al. 2014).

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados os seguintes materiais, reagentes e equipamentos: Resíduo da queima do bagaço de cana de açúcar, o qual foi doado pela Usina Foltran – Leme/SP; corante Fucsina Básica Diamante ENCIBRA Reagentes Analíticos; água destilada; peneiras Tyler com diferentes malhas Contenco Indústria e Comércio Ltda.; mufla elétrica Fornitec Indústria e Comércio Ltda.; dessecador; balança analítica Bel Engineering Mark 1300; estufa de secagem e esterilização Fanen 315 SE; vidrarias e materiais volumétricos; jartest microprocessado Alfakit AT 403; centrífuga Centrilab 80-2B-15 mL e espectrofotômetro

UV-Vis Global Trade Technology. Inicialmente, realizou-se a caracterização físico-química das cinzas do bagaço de cana de açúcar, com base nos procedimentos do “Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos” (UFMG, 2002), englobando amostragem, análise granulométrica, determinação do teor de cinzas, umidade, matéria volátil e carbono fixo.

Para a obtenção de amostras representativas da partida de CBC, a amostragem foi realizada por quarteamento, obtendo-se três amostras que foram utilizadas nos ensaios de caracterização física e química do resíduo. Para análise granulométrica, submeteram-se as amostras obtidas ao processo de peneiramento utilizando-se a série de peneiras TYLER de malhas 8, 10, 16, 30 e 80, empilhadas e fixadas nesta ordem, em um equipamento que produz vibração controlada, e quantificaram-se as massas de CBC retidas em cada uma das peneiras, após 10 minutos no nível 10 de vibração. O teor de cinzas foi determinado através de incineração simples da CBC, aquecendo-se a amostra seca de 2,0 g, em mufla elétrica, à temperatura de 800 K, durante 3 horas, para conversão de toda a matéria orgânica em substâncias voláteis, como CO<sub>2</sub>, tartaratos, citratos, entre outros.

Na determinação do teor de umidade da CBC, realizou-se o aquecimento direto de uma amostra de 2,0 g de CBC a 378 K em estufa, que foi pesada a cada 1 h até que se obteve uma massa constante. A matéria volátil foi determinada colocando-se 1,0 g de amostra de CBC livre de umidade, em um cadinho com tampa, seco e tarado, próximo à porta da mufla aquecida a 1253 K durante de 3 minutos. Em seguida, colocou-se o cadinho no meio da mufla por mais 7 minutos com a porta fechada. Retirou-se o mesmo, deixando-o resfriar no dessecador e determinou-se a massa final. A massa volátil equivale à diferença percentual entre a massa perdida por aquecimento e a massa original da amostra. Determinou-se também o teor de carbono fixo na CBC pela diferença entre a soma dos teores (%) de umidade, matéria volátil e matéria orgânica, e 100%. Tendo sido realizada a caracterização físico-química da CBC, avaliou-se a sua capacidade adsorvente para soluções aquosas do corante fucsina básica diamante. É importante ressaltar que, neste trabalho, o adsorvente não foi submetido a nenhum tratamento químico, ou seja, foi utilizado da forma como é produzido, e os testes para o estudo cinético foram realizados à temperatura ambiente e sem qualquer controle do pH. Deste modo, aplicou-se o estudo cinético por meio de ensaios em sistema a batelada, analisando a influência dos parâmetros tempo de contato solução de corante/CBC, massa de adsorvente utilizada e velocidade de agitação, para determinar as condições ideais de adsorção do corante fucsina básica diamante na CBC.

Para determinar o tempo de contato ideal entre a solução de corante e a CBC, foram utilizadas amostras de 5,0 g de CBC retidas na peneira de Tyler malha 10, que foram colocadas em contato com 1 L de solução aquosa do corante fucsina básica diamante, com concentração de 20 mg/L, sob agitação de 100 rotações por minuto (rpm) em jarrest, por 5, 10, 30, 60, 90 e 120 minutos. Após estes períodos de contato da CBC com a solução de corante, uma alíquota da solução foi submetida à centrifugação por 4 minutos a 3000 rpm para remoção da CBC e a concentração do corante na solução foi determinada por espectrofotometria UV-Vis, pelo método de calibração externa, a 550 nm. Na determinação

da massa de CBC ideal para a adsorção, repetiu-se este mesmo procedimento fixando-se o tempo de contato entre a solução de corante e a CBC em 90 minutos e variando-se a massa de CBC em 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 gramas. Já para definir a velocidade de agitação ideal ao sistema utilizado no processo adsorptivo, o procedimento descrito foi repetido com o tempo de contato da solução de corante com a CBC fixado em 90 minutos e a massa de 5,0 g, variando-se a velocidade de agitação do sistema em 20, 40, 80, 100, 150 e 300 rpm. Os parâmetros otimizados foram utilizados para obtenção das isothermas de adsorção a partir de soluções aquosas do corante fucsina básica de concentrações 2, 4, 10, 14, 20 e 40 mg L<sup>-1</sup>.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados obtidos experimentalmente nas análises físico-químicas das Cinzas do Bagaço de Cana foram obtidos através de testes empíricos, cujos resultados mostraram que as cinzas apresentam uma grande diversidade granulométrica em sua composição, sendo que, a maior porcentagem dos grãos possui diâmetros maiores. Como o intuito deste trabalho foi a máxima reutilização deste resíduo, usou-se, no estudo cinético, a maior parte da massa analisada, a qual ficou retida na peneira de malha 10. Verificou-se que a CBC contém uma grande porcentagem em massa de umidade, demonstrando que a CBC se trata de um bom adsorvente para substâncias de caráter polar, que é apontado por alguns autores (FOLETO, 2005; MAZZA, 2012) como consequência do grande teor de sílica em sua composição. Isto também é confirmado nos resultados apresentados nos testes de teor de cinzas e matéria orgânica, que indicam que o teor de cinzas da CBC supera o seu conteúdo orgânico, ou seja, a CBC tem composição predominantemente mineral, correspondente a 62,60%. Quando livre de umidade, a CBC apresenta cerca de 8% de matéria volátil. Com os teores (%) de umidade, matéria volátil e matéria orgânica obtidos experimentalmente, foi possível calcular que a CBC possui 17% de carbono fixo, ou seja, átomos de carbono que se encontram sob a forma não volátil e fixos na estrutura das cinzas, provavelmente sob a forma de carbonatos de metais alcalinos (SOUZA et al., 2005).

Os resultados obtidos para otimização dos parâmetros de tempo de contato entre a CBC e a solução aquosa do corante fucsina básica diamante, massa de CBC e velocidade de agitação do sistema de análise em batelada (Jartest), estão representados graficamente na Figuras 3 (A), (B) e (C), respectivamente. Estes parâmetros foram otimizados para se estabelecer as condições ideais do processo adsorptivo e utilizá-las na obtenção das isothermas de adsorção.

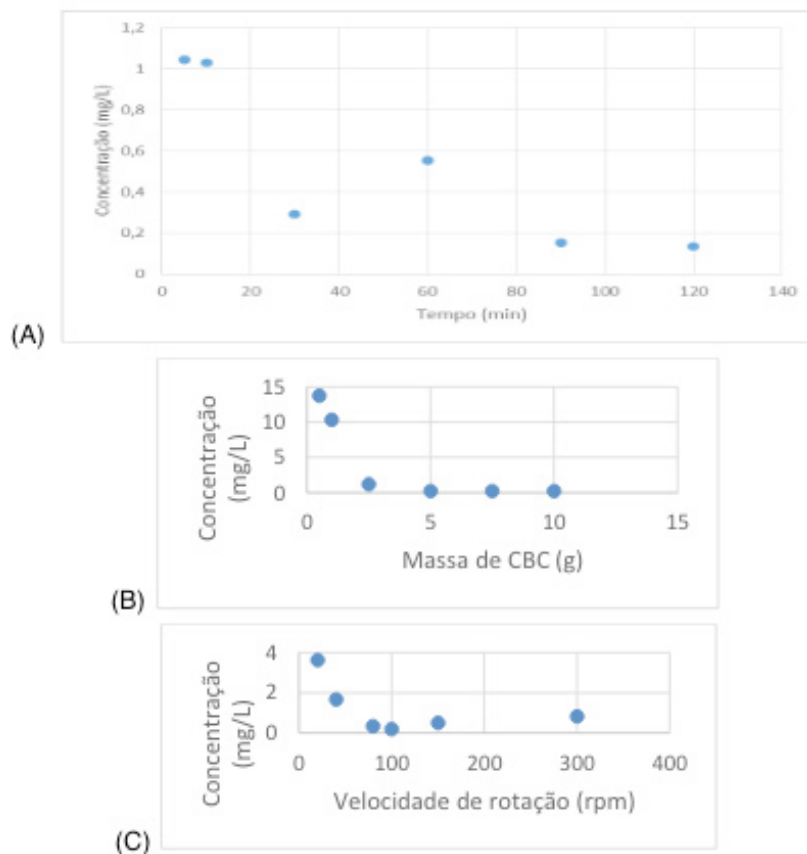


Figura 3: Variação da concentração da solução aquosa de fucsina básica diamante quantificada após (A) diferentes tempos de contato com a CBC, (B) o contato com diferentes massas de CBC e (C) contato com a CBC sob diferentes velocidades de rotação

De acordo com os resultados do estudo da cinética de adsorção apresentados na Figura 3 (A), verificou-se que nos primeiros intervalos de contato da solução do corante com a CBC avaliados, obteve-se uma redução significativa da concentração do corante em solução, pois em apenas 5 minutos de contato, 94,78% do corante foi adsorvida na CBC. Já com 90 minutos de agitação foi alcançado o equilíbrio no processo de adsorção, pois a partir deste período de contato, observou-se uma variação pouco significativa na porcentagem de corante adsorvida na CBC, que permaneceu em torno de 99%. Os dados experimentais, apresentados na Figura 3 (B), mostram que com uma massa de 5,0 gramas de cinzas obteve-se uma porcentagem de adsorção do corante em torno de 99%, ou seja, não sendo necessário o uso de massas maiores do adsorvente para alcançar porcentagens elevadas de corante adsorvido. Com relação à rotação, em 100 rpm é que foram obtidas as maiores porcentagens de adsorção e equilíbrio, conforme mostrado na Figura 3 (C).

Com base nos resultados experimentais apresentados, é possível afirmar que a CBC se trata de um excelente adsorvente para corantes catiônicos, já que, no caso da fucsina básica, quase todo o corante foi adsorvido da solução, sem a necessidade de ativação da CBC, ou qualquer outro tipo de processo ou tratamento que melhorasse tal propriedade adsorvente. O uso da CBC sem aplicação de nenhum tratamento prévio, também permite afirmar que o mecanismo de adsorção observado é misto, já que, a presença de água na superfície da CBC promove a quimissorção das moléculas de corante, enquanto que os

sítios ativos livres da superfície da CBC geram a fisissorção das moléculas do corante.

Na Figura 4 é apresentada a isoterma de adsorção obtida a partir de soluções com diferentes concentrações do corante fucsina básica, à temperatura ambiente, sob as condições otimizadas de tempo de contato (120 min), velocidade de agitação (100 rpm) e massa de adsorvente (5,0 g de CBC). É interessante destacar que se optou por prolongar o tempo de 90 para 120 minutos, para garantir a estabilização do processo adsorptivo.

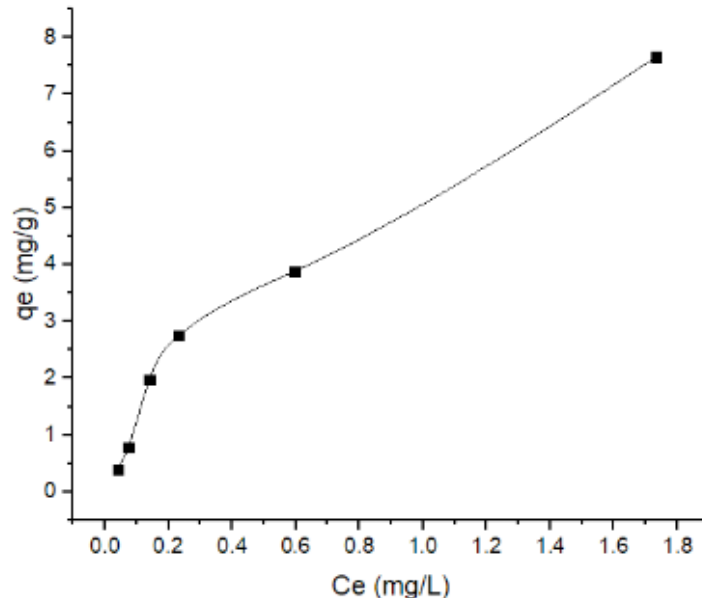


Figura 4: Isotherma de adsorção do corante fucsina básica na CBC

Comparando-se a forma da isoterma de adsorção para o corante fucsina básica na CBC, da Figura 4, com o perfil das isotermas apresentadas na Figura 2, constata-se que a adsorção do corante fucsina básica na CBC pode ser classificada como favorável. Segundo Nascimento et al. (2014), isto indica que a massa de corante fucsina retida por unidade de massa da CBC é alta para uma baixa concentração de equilíbrio do corante na fase líquida. A equação 2 é frequentemente rearranjada para outras formas para se determinar os valores de  $K_L$  e  $q_{max}$ . Neste trabalho, utilizou-se a equação 4, que se trata de uma das formas da equação de Langmuir, e representa o processo de adsorção estudado.

$$q_e = \frac{q_{max} * C_e}{\frac{1}{K_L} + C_e} \quad (4)$$

Com base na equação 4, o gráfico  $q_e \times C_e$  foi ajustado, por regressão não linear, ao modelo de Langmuir, produzindo uma hipérbole do tipo  $y = \frac{P_1 * x}{P_2 + x}$ , onde  $P_1 = q_{max}$ ,  $P_2 = 1/K_L$ ,  $y = q_e$  e  $x = C_e$ . A Figura 5 corresponde à regressão não linear da isoterma da Figura 4, pela equação 4.

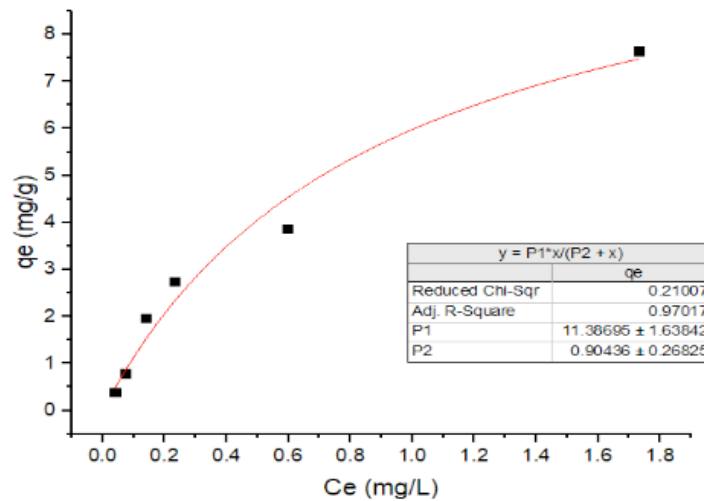


Figura 5: Isoterma de adsorção do corante fucsina básica pela CBC ajustada, por regressão não linear, ao modelo de Langmuir

A partir do ajuste dos dados experimentais ao modelo de Langmuir foi possível determinar a capacidade máxima de adsorção  $q_{\max} = 11,39 \text{ mg/g}$  e a constante de interação adsorvato/adsorvente  $K_L = 1,11 \text{ L/mg}$ . Calculou-se também os valores do fator de separação,  $R_L$ , utilizando a equação 3, para cada uma das diferentes concentrações iniciais de corante utilizadas nos estudos de adsorção. Assim, obtiveram-se os  $R_L$  0,31, 0,18, 0,08, 0,06, 0,04 e 0,02, respectivamente, para as concentrações iniciais de 2, 4, 10, 14, 20 e 40 mg/L. Segundo Nascimento et al. (2014), ao aplicar modelos não lineares, a tendência a erros é menor e, sendo assim, mais adequados.

Os valores de  $R_L$  confirmam que a adsorção do corante fucsina básica pela CBC se trata de um processo favorável, uma vez que todos os valores obtidos estão entre 0 e 1, ou seja, o corante apresenta uma maior afinidade pelo adsorvente do que pela fase líquida. Consequentemente, os resultados apontam que a CBC pode ser utilizada com eficiência no tratamento de águas contaminadas com este tipo de corante, promovendo a preservação do meio ambiente, o reaproveitamento deste resíduo da indústria sucroenergética e, conseqüentemente, agregando valor a um resíduo gerado em grandes proporções no sistema produtivo.

## 5 | CONCLUSÃO

Perante o desafio de se desenvolver processos industriais cada vez mais sustentáveis e que não gerem desequilíbrio ao meio ambiente, muitos estudos têm sido realizados buscando utilizar os resíduos gerados no sistema produtivo industrial. Neste sentido, através deste trabalho foi possível determinar que as cinzas do bagaço da cana de açúcar, um resíduo gerado em grandes quantidades nas usinas sucroenergéticas, apresenta um teor mineral predominante em sua composição que lhe atribui um caráter adsorvente favorável para compostos polares. Esta característica foi comprovada através da aplicação da CBC nos estudos do processo de adsorção do corante fucsina básica, um corante catiônico largamente



empregado pelas indústrias têxteis. As isotermas de adsorção obtidas comprovaram a eficiência do emprego da CBC como material adsorvente, e mostraram que sua aplicabilidade no tratamento de efluentes da indústria têxtil é promissora.

## REFERÊNCIAS

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. *Árvore do Conhecimento: Cana-de-açúcar*. 2009. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_1\\_711200516715.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_1_711200516715.html). Acesso em: 27 jun. 2017.

ASSIS, Patricia Aparecida. **Adsorção de metais pesados em solução aquosa e em drenagem ácida de mina utilizando bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente**. 2012. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

COLLINS, H. C.; BRAGA, G.L.; BONATO, P.S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed. Campinas, SP: Editora UNICAMP, 1997. 279 p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Monitoramento Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana de Açúcar**. V.5 - Safra 2018/19 - N.2 - Segundo levantamento, Brasília, Agosto 2018. p. 12, 17. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 29 set. 2018.

FOLETO, E. L.; HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R. S.; PORTUGAL JR., U. L.; JAHN, S. L. **Aplicabilidade das cinzas de casca de arroz**. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1055-1060, Agosto 2005.

HELENO, R. A., REIS, T. V. S., FUNGARO D. A. **Síntese de sílica gel obtida a partir das cinzas de resíduo de biomassa da cana-de-açúcar por diferentes processos**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CENEN/SP). In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2015, São Paulo. p. 1-9.

JUNIOR, Humberto da Silva; FREITAS, Gutto Raffyson Silva de; NÉRI, Diogo Roberto Ferreira; PEREIRA, Francisco Régis da Silva; FARIAS, Robson Fernandes de; PEREIRA, Francisco Claudece. **Monitoramento do corante pararosanilina em amostras biológicas**. Departamento de Química - Universidade Federal do Rio Grande do Norte UFRN, Brasil. *Eclética química*, v. 35, n. 3, 2010.

KAWA, Luciane. **Resíduo da produção de cana de açúcar**. FAPESP na Mídia. bv-cdi FAPESP. 2015. Disponível em: <http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/109777/residuos-producao-cana-acucar>. Acesso em: 03 out. 2018.

MALAVOLTA, E. **Sobre a utilização agrícola do resíduo de cinza de caldeira, CNA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura**, USP, In: Parecer para a Cargill Citrus Ltda, Piracicaba. 2001, 17.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária puxa o PIB de 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>. Acesso em: 29 set. 2018.

MAZZA, Antonio Iris. **Adsorção de corantes catiônicos em solução aquosa utilizando resíduo de bagaço de cana - RBC**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Pós-Graduação em Ecossistemas Marinhos, Universidade Santa Cecília, Santos, SP, 2012.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. de; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256p.: il.; 21 cm.

NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Fuchsin ren basic**. U.S. Department of Commerce. NIST Chemistry WebBook. 2018. Disponível em: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Formula=C20H20CIN3&MatchIso=on&NoIon=on&Units=SI&clR=on&CMS=on&cUV=on#Notes>. Acesso

em: 20 jul. 2018.

PAES, Matheus Hansen. **Emprego das cinzas do bagaço de cana na construção civil**. Portal Biosistemas Brasil - Aproveitamento de Resíduos. 2010. Disponível em: <http://www.usp.br/portalsbiosistemas/?p=74>. Acesso em: 03 out. 2018.

PAULA, M. O.; TINÔCO, I. F. F.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. **Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 3, p.353–357, Outubro 2009.

QUÍMICA NOVA INTERATIVA. **Fucsina, C<sub>20</sub>H<sub>20</sub>ClN<sub>3</sub>**. Sociedade Brasileira de Química. 2018. Disponível em: [http://qnint.sbq.org.br/qni/popup\\_visualizarMolecula.php?id=8IC5PTKRYv-1DOy3Ssstml2zQqkpZYO845YCTPmym8v48eX88JadbbcM6iX3N6XWNSC\\_0h81tEG\\_prgHlhHAMg==](http://qnint.sbq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=8IC5PTKRYv-1DOy3Ssstml2zQqkpZYO845YCTPmym8v48eX88JadbbcM6iX3N6XWNSC_0h81tEG_prgHlhHAMg==). Acesso em: 15 out. 2018.

SANTOS, Márcio Aurélio Soares. **O que fazer com o bagaço da cana de açúcar? Uma abordagem da teoria das opções reais aplicada a usinas de processamento de etanol e açúcar da região de Piracicaba**. 2015. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Fundação Getúlio Vargas Escola de Economia de São Paulo, 2015.

SOUZA, T. C.; FERREIRA, C. A.; BRANDÃO, P. C.; HORI, C. E.; ROMANIELO, L. L. **Avaliação do uso de biomassa como adsorvente para a separação de contaminantes orgânicos em efluentes líquidos**. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2005, Campinas. p. 1-7.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. **Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos**. 2002. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dta/disciplinas/tal420/2002/Combust%EDveis/GUIA%20DE%20PR%20C1TICA%20DE%20AN%20C1LISE%20IMEDIATA%20DE%20COMBUST%20S%20S%20D3LIDOS.doc>. Acesso em: 01 jul. 2017.

## TECNOLOGIA INOVADORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO: LODO ATIVADO POR AERAÇÃO ESTENDIDA

Data de aceite: 23/06/2020

### **Ana Carolina Carneiro Lento**

Engenheira Civil – CEFET-RJ  
Mestranda em Engenharia  
Urbana e Ambiental – PUC-Rio  
anacarolinaclento@gmail.com

### **Fernando de Oliveira Varella Molina**

Engenheiro Civil – PUC-Rio  
Mestrando em Engenharia  
Urbana e Ambiental – PUC-Rio  
fov.molina@gmail.com

### **Karen Kiarelli Souza Knupp Lemos**

Engenheira Civil – UVA  
Mestranda em Engenharia  
Urbana e Ambiental – PUC-Rio  
Pós-Graduanda Estruturas de Concreto  
Armado – INBEC  
karenkiarelli@gmail.com

### **Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega**

Professor da UNIGAMA  
Professor Associado do CEFET-RJ  
Professor da Universidade Santa Úrsula  
Engenheiro da Prefeitura do Rio de Janeiro  
Perito Judicial do TJRJ  
Pós-Doutor em Engenharia – UERJ  
Doutor em Engenharia Mecânica – PUC-Rio  
Mestre em Tecnologia – CEFET-RJ  
Especialista Engenharia de Meio Ambiente –

UNIG

Especialista em Gestão Ambiental – UCAM

Especialista em Saneamento – FAVENI

Especialista em Engenharia de Segurança do  
Trabalho – Faculdade Silva e Souza

Especialista em Docência do Ensino Superior  
-- Faculdade São Judas Tadeu

Engenheiro Civil e Licenciado em Matemática  
– UNISUAM

Engenheiro Mecânico – CEFET-RJ  
engmarcelocefet@terra.com.br

**RESUMO:** Nem todas as residências possuem ligação com o sistema de coleta de esgoto e, conseqüentemente, o tratamento dos efluentes gerados. Nesses casos adotam-se tratamentos individuais alternativos, com o mais usual sendo o Fossa, Filtro e Sumidouro. Observa-se, porém, que essa técnica apresenta algumas dificuldades, como a remoção de patogênicos baixa (de 40 a 60%), sendo ainda necessário realizar um tratamento posterior para o descarte correto. Assim, o Tratamento de Esgoto através de Lodo Ativado por Aeração Estendida vem como uma ótima solução para o problema. Apresenta pouca complexidade de instalação, reduz mais patogênicos (de 85 a 95%), utiliza menos energia, necessita menos manutenção e

ainda é mais econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** tratamento de esgoto, tecnologia, lodo ativado, aeração estendida

## 1 | INTRODUÇÃO

Problemas relacionados ao tratamento de esgoto são constantes e causam impactos na qualidade de vida e na saúde da população, práticas como a construção de residências em lotes não atendidos pelos sistemas municipais de coleta de esgoto tem se tornado cada vez mais comuns.

Normalmente a forma mais utilizada no tratamento de esgoto nesses locais são as chamadas fossas sépticas, no entanto as mesmas pecam em sua eficiência na remoção de poluentes e microrganismos potencialmente causadores de doenças.

Dessa forma percebe-se que há uma grande necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento. Assim, a invenção a ser abordada neste artigo refere-se a sistemas de esgoto por meio de unidades embaladas ou contêineres.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Sistemas de Tratamento Individuais de Esgoto Sanitário – Fossa, Filtro e Sumidouro

Sistemas individuais são adotados para atendimento unifamiliar ou de pequenos prédios residenciais como alternativa ao lançamento dos esgotos domésticos, podendo funcionar de maneira satisfatória e econômica. Nesse tópico, será abordado um tratamento muito utilizado no Brasil: o Sistema Fossa Filtro e Sumidouro.

Segundo Jomertz e Lanzer (2008), o conjunto fossa, filtro e sumidouro é um tratamento individual que funciona através da proliferação de bactérias, atuando na remoção de boa parte da matéria orgânica. O sistema apresenta uma eficácia de 40 a 60% na remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Nesse tipo de tratamento, o efluente doméstico é transportado de uma fossa séptica, para um filtro biológico e, então, para um sumidouro, como mostra a Figura 1.

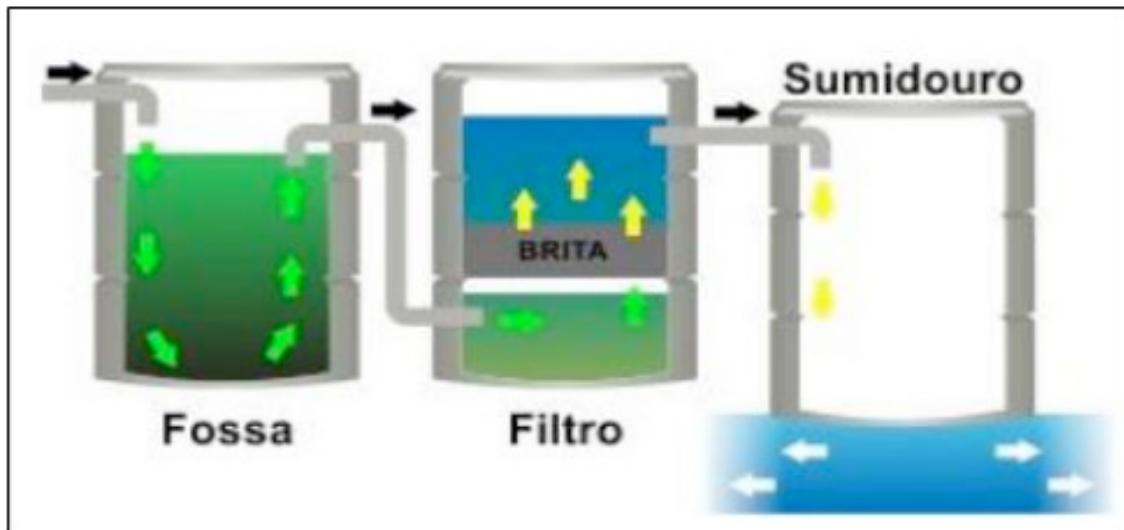


Figura 1-Transporte do efluente no conjunto Fossa Filtro e Sumidouro.

Fonte: Master Ambiental(2014)

Os Tanques Sépticos são recipientes construídos ou instalados no local para manter durante tempo determinado os dejetos domésticos com o objetivo de sedimentar os sólidos e reter material contido nos esgotos para transformá-los bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e menos poluentes. É importante ressaltar que os fluxos de água provenientes de chuveiros, pias, pisos e lavanderias não devem ser encaminhados para a fossa séptica, pois a presença de sabão é prejudicial às bactérias e, portanto, à eficiência do sistema. (ABNT,1993)

O Filtro Anaeróbio é o segundo estágio deste sistema, o qual elevará a eficiência deste até um nível acima de 80% de redução de carga orgânica através da retenção do lodo formado na fossa séptica. É um recipiente fechado, provido de conexões de entrada e saída, de dutos internos, responsáveis por facilitar o processo de filtragem através de uma distribuição equilibrada, e de uma camada filtrante formada normalmente por britas. O fluxo do líquido pelo meio filtrante é ascendente, representando certa “perda de carga” que é compensada através de um desnível deixado entre a saída da fossa e a saída do filtro. O líquido filtrado é coletado por uma espécie de calha, que o encaminha para a conexão de saída e depois o envia ao sumidouro. (ABNT,1993)

O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas, não deve ter menos de 1m de diâmetro e mais de 3m de profundidade, para simplificar a construção. (ABNT,1993)

Segundo a NBR 7229 (ABNT,1993), para evitar um odor desconfortável as fossas sépticas devem ficar a uma distância recomendada de 4 metros da residência e em um nível mais baixo do terreno, longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água para evitar contaminações no caso de eventual vazamento, conforme a Figura 2.

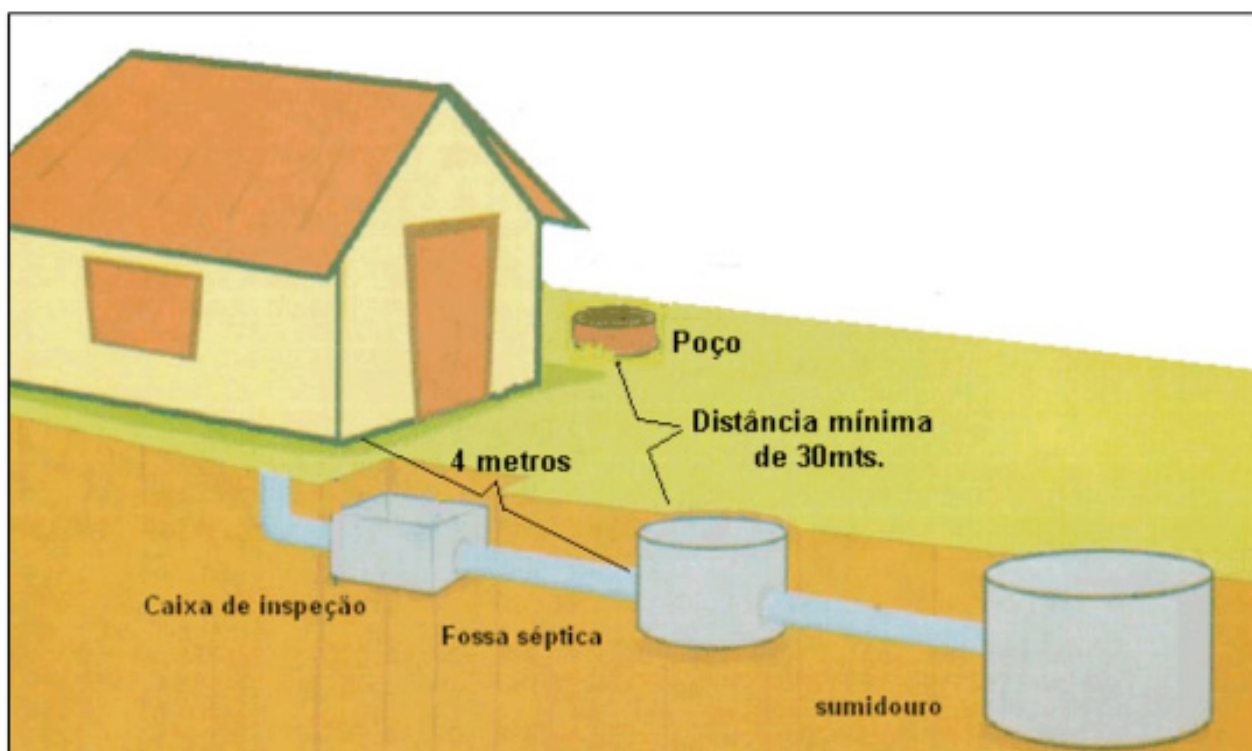


Figura 2-Esquema de instalação do Conjunto Fossa, Filtro e Sumidouro no terreno

Fonte: Construtens (2020)

Levando em consideração as suas dimensões, a fossa séptica feita no local pode ser quadrada (aduelas) ou circular (anel de concreto), respeitando os valores da Tabela 1.

<b>Volume útil (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Profundidade útil mínima (m)</b>	<b>Profundidade útil máxima (m)</b>
Até 6	1,20	2,20
De 6 a 10	1,50	2,50
Mais que 10	1,80	2,80

Tabela 1-Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Fonte: ABNT (1993)

ANBR13969 (ABNT, 1997) é utilizada para o dimensionamento, execução e garantia de desempenho de Filtro Anaeróbico e Sumidouro. Ela conta com as tabelas de dimensionamento, como mostra a Tabela 2 e a Tabela 3.

Vazão (L/dia)	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15°C	Entre 15 e 25°C	Maior que 25°C
Até 1.500	1,17	1,00	0,92
De 1.501 a 3.000	1,08	0,92	0,83
De 3.001 a 4.500	1,00	0,83	0,75
De 4.501 a 6.000	0,92	0,75	0,67
De 6.001 a 7.500	0,83	0,67	0,58
De 7.501 a 9.000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9.000	0,75	0,50	0,50

Tabela 2-Tempo de detenção hidráulica de esgotospor faixa de vazão e temperatura do esgoto para Filtro Anaeróbico

Fonte: ABNT (1997)

Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d)	Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d)
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1.200	0,037
160	0,10	1.400	0,032
200	0,09	2.400	0,024

Tabela 3–Valores parataxa de percolação do efluente no sumidouro

Fonte: ABNT (1997)

Segundo Jomertz e Lanzer (2008), para que esses sistemas funcionem de maneira satisfatória nas habitações os lotes devem possuir área livre e manutenção frequente, com o recomendado sendo uma vez ao ano.

## 2.2 Uma nova tecnologia: Tratamento de Lodo Ativado por Aeração Estendida

Para se ter um tratamento de esgoto eficaz alguns pontos precisam ser levados em consideração: o material residual a ser tratado é heterogêneo, o que dificulta a degradação e por isso uma homogeneização prévia é necessária; o processo precisa ser econômico, utilizando o mínimo de energia possível, e efetivo, removendo uma alta porcentagem de material sólido do fluxo de águas residuais, reduzindo a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); por conta da composição do material, o entupimento das peças que compõem o sistema ocorre de forma recorrente, sendo necessário utilizar técnicas para minimizar ou impedir esse acontecimento; além disso é importante levar em consideração a produção de lodo, pois é de difícil descarte.

Com o objetivo de desenvolver uma nova tecnologia que solucione os problemas mais

comuns encontrados em um Sistema de Tratamento de Esgoto, a Pat.No 24170, emitida em 23 de Janeiro de 2020, apresenta um sistema de tratamento através de Lodo Ativado por Aeração Estendida em um único tanque, capaz de produzir um efluente claro e inodoro, além de ser uma alternativa econômica para efluentes domésticos (TITTLEBAUM e TUCKER, 2020). A Figura 3 apresenta uma planta de corte do sistema.

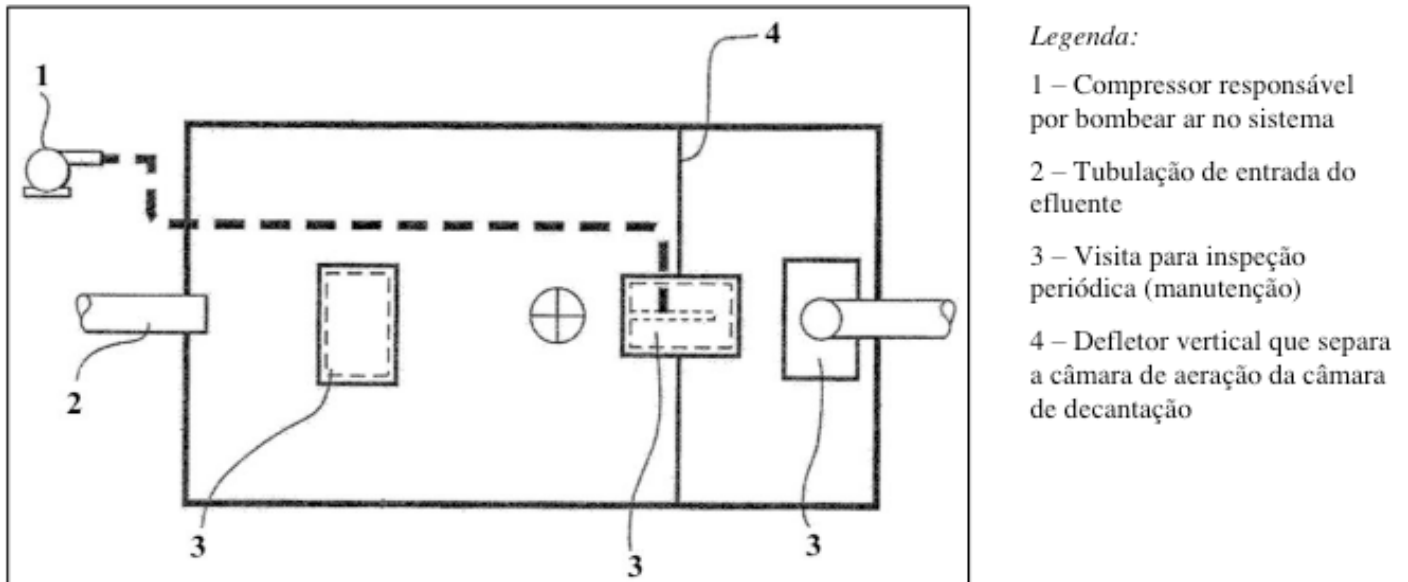
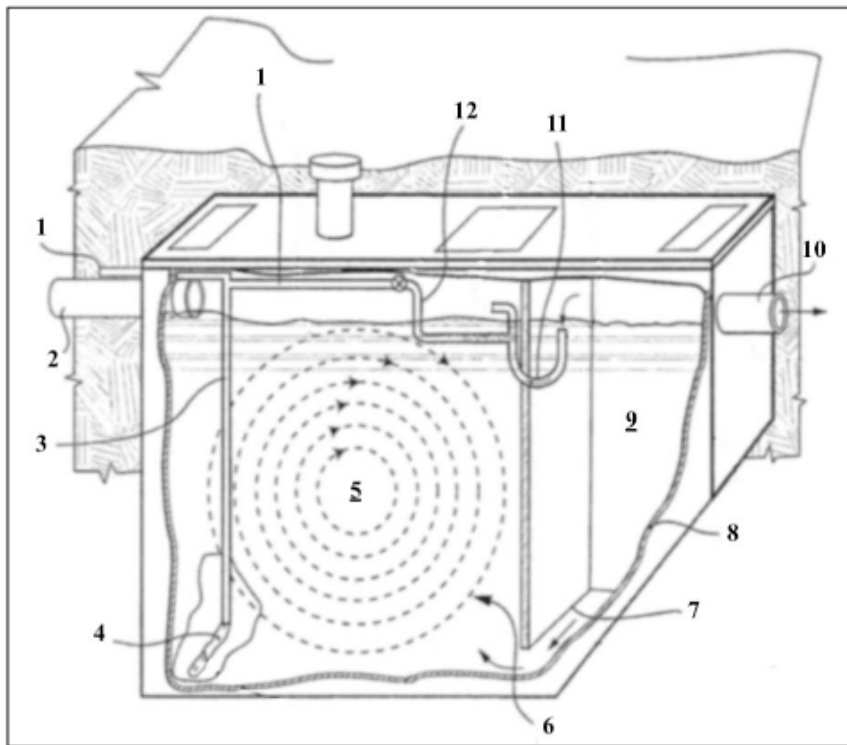


Figura 3–Planta baixa do Sistema de Tratamento de Lodo Ativado por Aeração Estendida

Fonte: Adaptado de Tittlebaum e Tucker (2020)

Nesse sistema, conforme se observa na Figura 4, os efluentes entram através de uma tubulação na Zona de Aeração Estendida, onde inicia-se a decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbios e tem como resultado a formação de gases e materiais celulares adicionais. Ao fornecer oxigênio através do bombeamento de ar para dentro do sistema, o difusor gera um fluxo interno que proporciona uma ótima exposição aos microrganismos e, conseqüentemente, garante uma redução significativa de bactérias patogênicas (de 85 a 95%). Enquanto o processo de aeração ocorre, parte do efluente já tratado é encaminhado para o decantador por conta de uma abertura na parte inferior do defletor.





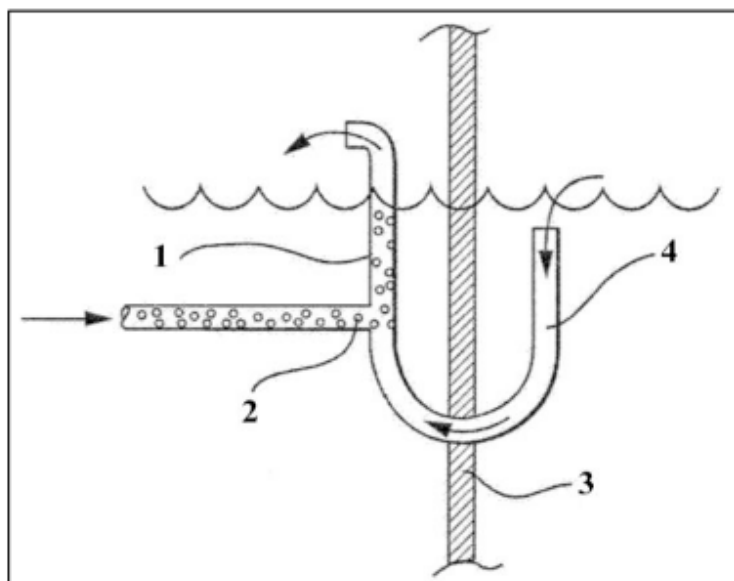
*Legenda:*

- 1 – Tubulação de injeção de ar
- 2 – Tubulação de entrada do efluente
- 3 – Difusor
- 4 – Injeção de ar no efluente
- 5 – Câmara de Aeração
- 6 – Fluxo gerado pelo aerador
- 7 – Parte inferior do Defletor
- 8 – Parede lateral inclinada
- 9 – Câmara de Decantação
- 10 – Tubulação de saída do efluente tratado
- 11 – Conjunto escumadeira
- 12 – Tubulação que recebe o ar do aerador

Figura 4–Planta de Corte: Processo de aeração do Tratamento de Lodo Ativado por Aeração Estendida

Fonte: Adaptado de Tittlebaum e Tucker (2020)

Na superfície do decantador, há um conjunto de escumadeira que remove sólidos flutuantes através da sucção e os retorna à zona de aeração automaticamente, conforme a Figura 5, sem perturbar as condições de repousado decantador.



*Legenda:*

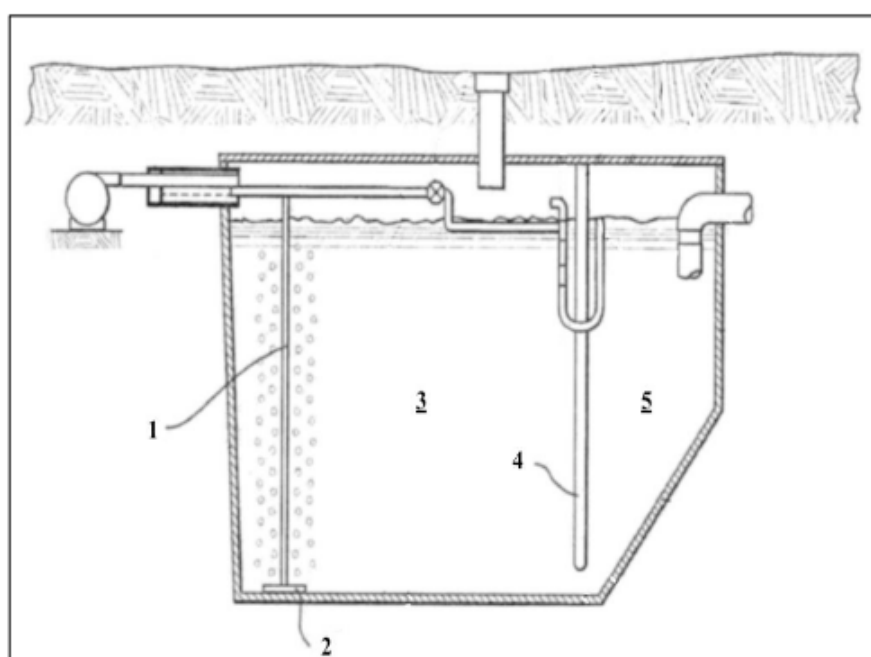
- 1 – Transporte dos sólidos flutuantes junto com o ar presente na tubulação
- 2 – Injeção de ar na tubulação pelo Aerador
- 3 – Defletor vertical
- 4 – Sucção dos sólidos flutuantes

Figura 5–Esquema do processo de remoção de sólidos

Fonte: Adaptado de Tittlebaum e Tucker (2020)

Após aproximadamente 24 horas de detenção nessa Zona de Aeração, a mistura entra no clarificador, onde as condições de repouso permitem a separação dos microrganismos por conta das diferentes densidades (decantação). Os microrganismos assentados são devolvidos à zona de aeração e as águas residuais limpas e tratadas são descarregadas através do conjunto de lavagem.

Como diferencial dessa tecnologia, algumas modificações foram feitas no difusor do sistema, conforme Figura 6. Para obter uma maior eficiência de aeração e evitar entupimento da tubulação, foram colocadas diversas aberturas laterais ao longo do seu comprimento, garantindo uma aeração homogênea. Além disso, ele é fixado no fundo da câmara, evitando que qualquer movimento indesejável cause uma interrupção da aeração, levando a uma não uniformidade do fluxo contínuo necessário dentro da câmara.



*Legenda:*

- 1 – Difusor com aberturas laterais ao longo do seu comprimento
- 2 – Fixação do difusor no fundo da câmara
- 3 – Câmara de aeração
- 4 – Defletor vertical
- 5 – Câmara de decantação

Figura 6–Diferencial do Tratamento de Lodo Ativado por Aeração Estendida com detalhes do difusor

Fonte: Adaptado de Tittlebaum e Tucker (2020)

Pode-se dizer, também, que a existência de paredes inclinadas nas laterais da câmara de decantação evita que qualquer matéria sólida do efluente se acumule sobre ela. Assim, ao se depositar na parede, o material escorrega e é carregado para debaixo do defletor vertical por conta da zona de fluxo presente na câmara de aeração, conforme Figura 4. Desta forma, a matéria volta para o processo de tratamento.

### 3 | CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o aparelho apresentado na Pat. No 24170 é altamente eficiente quando comparado com os sistemas e técnicas normalmente utilizados nas áreas estudadas, como o conjunto Fossa Séptica e Filtro de Sumidouro.

Ao ser comparada com as técnicas usualmente utilizadas, a patente se destaca pela

baixa complexidade de instalação vinculada à desnecessidade de espaço, visto que é enterrada e possui um tanque único, e é também mais eficaz na redução do percentual de patógenos (de 85 a 95%), com as demais técnicas apresentando 50%. Vale lembrar, ainda, que esses tipos de dispositivos são normalmente utilizados em residências que não são atendidas pela rede de coleta de esgoto Municipal. Assim, ao reduzir os patogênicos presentes nos efluentes, acaba minimizando de forma significativa a contaminação do solo exposto e do lençol freático, que são os destinos finais desse despejo.

Cabe ainda comentar que a patente utiliza menos energia, necessita menos manutenção por conta do diferencial adotado em seu difusor, minimizando os riscos de entupimento do sistema, e ser relativamente econômica.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos -NBR 7229. Brasil, 1993. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4522>> Acesso em: 05/04/2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Tanques sépticos -Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos -Projeto, construção e operação-NBR 13969.** Brasil, 1997. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3633>> Acesso em: 05/04/2020

CONSTRUTENS. **Dicas para a instalação de fossa séptica e sumidouro.** São Paulo, 2019. Disponível em: <[http://www.construtens.com.br/dicas\\_de\\_fossa\\_septica.html](http://www.construtens.com.br/dicas_de_fossa_septica.html)> Acesso em: 05/04/2020

JOMESTZ, Julio Cesar; LANZER, Lúcia. **Projeto do Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Doméstico(SITED-08).** Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <<https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5662.pdf>> Acesso em: 05/04/2020

MASTER AMBIENTAL. **Alternativas individuais para tratar esgoto são cada vez mais viáveis.** Paraná, 2014. Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/noticias/agua-saneamento/alternativas-individuais-para-tratar-esgoto-sao-cada-vez-mais-viaveis/>> Acesso em: 05/04/2020

TITTLEBAUM, Marty; TUCKER, Grady. **Aerobic Wastewater Treatment System.** Depositante: Marty Tittlebaum e Grady Tucker. US No 2020024170-A1. Depósito: 18 de Dezembro de 2018. Concessão: 23 de Janeiro de 2020. Disponível em: <[https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2020024170A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20200123&DB=en.worldwide.espacenet.com&locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2020024170A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20200123&DB=en.worldwide.espacenet.com&locale=en_EP)> Acesso em: 01/04/2020

## PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 04/03/2020

### Rovane Marcos de França

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC  
Florianópolis – SC  
<http://lattes.cnpq.br/6209658709582146>

### Adolfo Lino de Araújo

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC  
Florianópolis – SC  
<http://lattes.cnpq.br/9757401468324839>

### Flavio Boscatto

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC  
Florianópolis – SC  
<http://lattes.cnpq.br/0451079245488362>

### Cesar Rogério Cabral

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC  
Florianópolis – SC  
<http://lattes.cnpq.br/5017586133450806>

### Carolina Collischonn

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC  
Florianópolis – SC  
<http://lattes.cnpq.br/3062085462016920>

**RESUMO:** O tema Gestão Territorial no Brasil tem sido destaque nos últimos anos por diversas razões, que passam por atualização profissional e tecnológica, difusão de conhecimento cadastral,

convergência normativa, mas, sobretudo pela criação do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER. Este tem sido o principal elemento de discussão sobre Cadastro e, a partir de sua publicação, abre-se um novo campo de possibilidades para uma elaboração de um sistema cadastral viável à estrutura legal e fundiária brasileira. O presente artigo visa a contribuir com as discussões apresentando uma definição conceitual de parcelas e Objetos Territoriais que possa se adequar tanto ao SINTER como ao Cadastro. A proposta é o resultado das contribuições coletivas do grupo de professores do Instituto Federal de Santa Catarina, cujas teses e dissertações abordam o tema Cadastro Territorial, e representa a visão de cadastro compartilhada pelo grupo que pode vir a ser implantada no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cadastro; SINTER; Gestão Territorial; Parcelas; Objetos Territoriais

### PARCELS AND TERRITORIAL OBJECTS: A PROPOSAL FOR SINTER

**ABSTRACT:** Land Management in Brazil has been highlighted in recent years for several reasons, which include professional and technological updating, diffusion of cadastral

knowledge, normative convergence, but above all by the creation of the National System of Territorial Information Management - SINTER. This has been the main element of discussion about Cadastre, and since its publication, a new field of possibilities for elaboration of a cadastral system viable to the Brazilian legal and land structure is opened. This article aims to contribute to the discussions by presenting a conceptual definition of parcels and Territorial Objects that can be adapted both to SINTER and Cadastre. The proposal is the result of the collective contributions of the group of professors of the Federal Institute of Santa Catarina, whose theses and dissertations deal with the subject Cadastre, and represents the shared view of the group that can be implanted in Brazil.

**KEYWORDS:** Cadastre; SINTER; Land Management; Parcels; Land Objects.

## 1 | INTRODUÇÃO

A título de contribuição com as discussões acerca do tema Gestão Territorial, e em virtude da publicação do Decreto Federal Nº 8.764/16 que instituiu o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER (BRASIL, 2016), o presente artigo apresenta uma síntese das ideias, conceitos e sugestões à comunidade acadêmica e técnica com vistas à elaboração dos futuros manuais e marcos normativos para o Cadastro do Brasil.

Os autores do presente artigo se constituem presentemente como meros compiladores das ideias de um grupo mais numeroso de profissionais pertencentes aos quadros do Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC. Tal grupo possui ampla e profunda formação na área de Cadastro Territorial, com reconhecida expertise no assunto, conhecendo as realidades estruturais do Cadastro em nosso e em outros países, as quais foram objetos de estudo de suas diversas dissertações, teses e publicações acadêmicas. Este documento é, portanto, uma breve síntese das discussões e estudos realizados por este grupo ao longo de muitos anos.

A proposta aqui delineada para a estruturação dos Cadastros Territoriais urbanos procura viabilizar de maneira eficiente, econômica e tecnicamente segura que o SINTER cumpra o papel integrador – previsto no referido Decreto – em curto prazo, e que todo o esforço que está sendo realizado tenha êxito pela manutenção das estruturas cadastrais em médio e longo prazo.

Destaca-se ainda que todo o escopo da presente proposta está em perfeita consonância com as premissas das novas versões das normas brasileiras NBR13.133 (ABNT, 1994) e NBR14.166 (ABNT, 1998), que apesar de estarem atualmente em processo de revisão, já se conhece o seu conteúdo básico, linhas de ação e princípios fundamentais.

Com a intenção de enriquecer os trabalhos e de ver materializada, ao final, aquela que pode vir a ser a mais significativa mudança na realidade cadastral brasileira, apresenta-se a atual proposta.

## 2 | PREMISSAS TÉCNICAS

A fim de nortear a proposta foram definidas algumas premissas, que devem ser

atendidas para que a estruturação cadastral do SINTER atenda ao seu fim, quais sejam:

- Implantação de rede de referência ao nível de levantamentos de limites legais;
- Cadastro por medição em campo dos vértices definidores das parcelas, como ocorre nos países de referência na área;
- Previsão para multifinalidades do Cadastro;
- Observação do Direito de Propriedade;
- Integração entre registro imobiliário e Cadastro;
- Necessidade de profissionais habilitados e credenciados para a execução dos levantamentos;
- Aproveitamento de normas que já estejam difundidas pelos profissionais com os ajustes necessários aos propósitos do Cadastro;
- Precisão posicional dos levantamentos viável, compatível com a realidade e sustentada tecnicamente;
- Utilização de produtos de sensores remotos;
- Os cadastros municipais fiscais, com as mais variadas configurações, tendo como unidade básica a inscrição imobiliária e que levam em consideração a ocupação do território, permitem o uso inicial dos dados já existentes;
- Aceleração de processos de regularização fundiária pode ser viabilizada através do SINTER.

Tais premissas não encerram todas as possibilidades no âmbito do Cadastro, mas dão um indicativo mínimo do que deve ser atendido para a materialização da proposta aqui apresentada.

### 3 | CONCEITOS

Para a proposta deste artigo faz-se necessário também definir alguns conceitos importantes que influenciam na implantação de uma base para o Cadastro, e cujo sentido é utilizado ao longo do texto.

#### 3.1 Imóvel

Os bens imóveis são definidos no Código Civil como sendo o solo e tudo quanto se lhe incorporar natural ou artificialmente (BRASIL, 2002).

#### 3.2 Imóvel rural

Conforme o Estatuto da Terra (BRASIL, 1964), imóvel rural é o *“prédio rústico, de área contínua qualquer que seja a sua localização que se destina à exploração extrativa agrícola, pecuária ou agroindustrial, quer através de planos públicos de valorização, quer através de iniciativa privada”*.

### 3.3 Imóvel urbano

São todos os imóveis que não são rurais.

### 3.4 Imóvel registrado

Imóvel registrado é o cadastrado no cartório de Registro do Imóvel (CRI), o que equivale à propriedade. O imóvel registrado possui matrícula única em dado CRI, mas a numeração de matrícula pode se repetir em outros CRI.

### 3.5 Imóvel não registrado

São os imóveis de posse ou imóveis públicos que ainda não tenham matrícula no CRI, como ruas, terrenos de marinha, praças, terras devolutas, etc.

### 3.6 Parcela

Conforme o Decreto Federal N° 8.764/16 que instituiu o SINTER (Art. 9º, §1º), parcelas cadastrais são unidades do cadastro que identificam áreas com regimes jurídicos distintos (BRASIL, 2016). A expressão referente ao “regime jurídico distinto” mencionado acima parece ter sido extraída e adaptada de Brandão (2003), cuja terminologia original, e que parece mais apropriada, era “regime jurídico único”. Ajustando o conceito de “regime jurídico único”, apresentado por Brandão (2003) em sua tese de doutorado, ao entendimento dos autores da proposta, a parcela corresponde a um conjunto específico de características, quais sejam:

- Continuidade espacial
- Unicidade dominial
- Mesma situação jurídica (imóvel registrado ou não)
- Mesma situação administrativa-política (estado, município)

Já para Portaria Ministerial N° 511/2009 (Art. 2º) a parcela é definida como sendo “*a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único*” (BRASIL, 2009). Entretanto, tal definição carece de retificação quanto ao termo “contígua”. Conforme Boscatto *et. al.* (2018), o termo correto para definir espacialmente o estado da parcela em si é “contínua”, já que a contiguidade seria a característica da situação entre uma parcela e outras que lhe sejam vizinhas.

Ainda assim, em relação ao regime jurídico, os autores consideram mais adequado o conceito da Portaria Ministerial N° 511/2009, pois uma parcela existente e dividida (parcelamento do solo) a interesse do proprietário terá o mesmo regime jurídico, mas comporá uma nova parcela. Ou seja, uma parcela possui regime jurídico único, mas não significa que duas parcelas devem ter regimes diferentes.

Independente do uso dado à parcela, o regime jurídico é único, mesmo no caso de um edifício em que seus apartamentos são imóveis registrados individualmente, mas todos são vinculados à parcela (mesmo que espacialmente não estejam dentro de sua projeção).

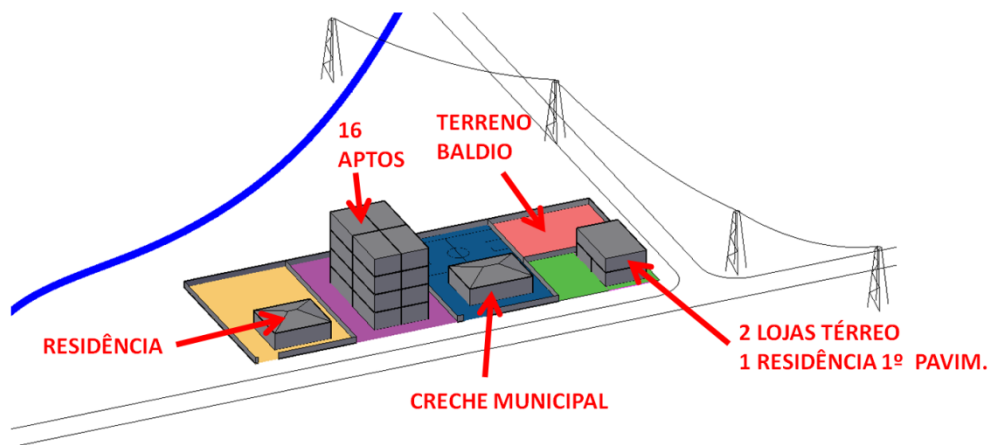


Figura 1 – Exemplo de ocupação territorial.

Fonte: Do Autor

Ainda em concordância com a Portaria Ministerial Nº 511/2009, no seu Art. 2º, a parcela no Cadastro deve ter um identificador único, inequívoco e estável.

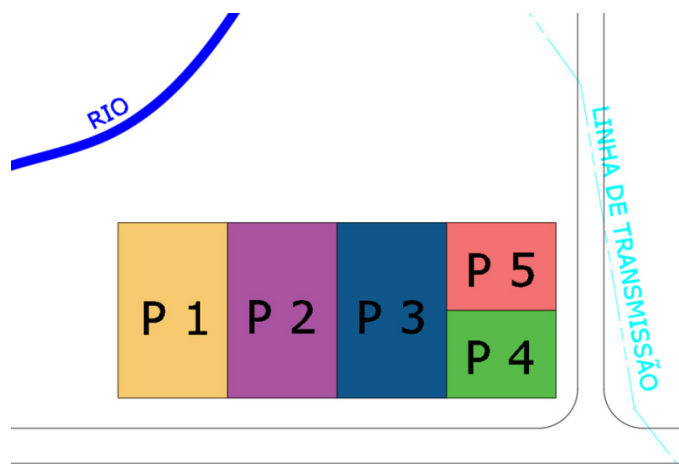


Figura 2 – Parcelas territoriais definidas e identificadas.

Fonte: Do Autor

As áreas de restrição legal ou presença de edificações, com os mais variados usos, não mudam a definição da parcela, nem alteram o seu regime jurídico (Figura 3).



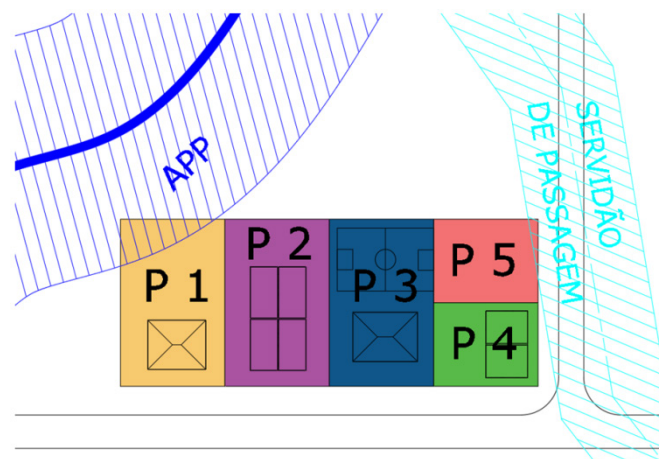


Figura 3 – Parcelas territoriais se mantém mesmo com áreas de restrição ou edificações.

Fonte: Do Autor

### 3.7 Objeto Territorial

Objeto Territorial (OT) é uma porção de terra com condições homogêneas em seus limites, em função de sua finalidade. É todo elemento natural, artificial ou restritivo por legislação sobre o solo. Os Objetos Territoriais podem ser legais ou físicos (KAUFMANN e STEUDLER,1998; SANTOS et. al., 2013). As definições a seguir são resultantes do entendimento dos autores sobre o tema e representam a proposta para adequação dos conceitos de parcela e OT ao contexto do Cadastro e à realidade nacional.

#### 3.7.1 Objeto Territorial Legal

Objeto Territorial Legal (OTL) é toda área contínua que define um direito homogêneo ou restrição homogênea por legislação. Ela não necessita estar delimitada em campo para existir. Enquadram-se como OTL as áreas de preservação permanente (APP), zoneamentos do Plano Diretor, reserva legal, servidão de passagem, etc.

No exemplo da Figura 1, a linha de transmissão e o rio não são OTL, mas a APP formada devido ao rio e a servidão de passagem devido à linha de transmissão, o são, vide figura 4.

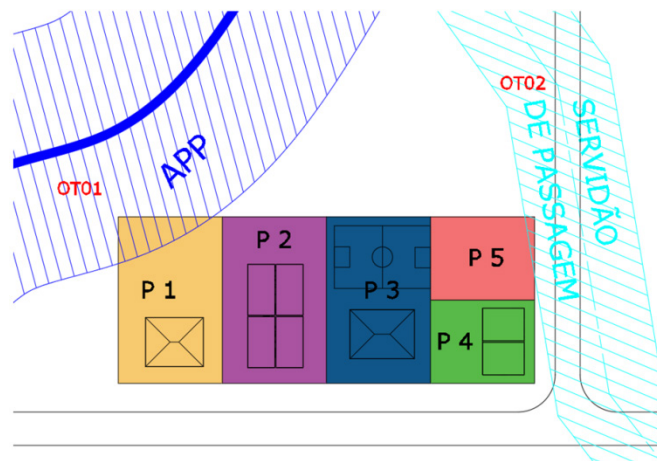


Figura 4 – Objetos Territoriais Legais.

Fonte: Do Autor

### 3.7.2 Objeto Territorial Físico

Objeto Territorial Físico (OTF) é todo elemento natural ou artificial sobre o solo. Enquadram-se como OTF edificações, vegetação, lagos, rios, linhas de transmissão, etc.

Na Figura 5 observa-se que a linha de transmissão é um Objeto Territorial Físico (OT25) e a servidão gerada em função dela é Objeto Territorial Legal (OT02). O rio é um Objeto Territorial Físico (OT24) e a APP definida por ele é Objeto Territorial Legal (OT01). As edificações são Objetos Territoriais Físicos. Destaca-se que os Objetos Territoriais, sejam Legais ou Físicos, podem se sobrepor, mas sempre estarão vinculados a uma parcela territorial ou porção dela.

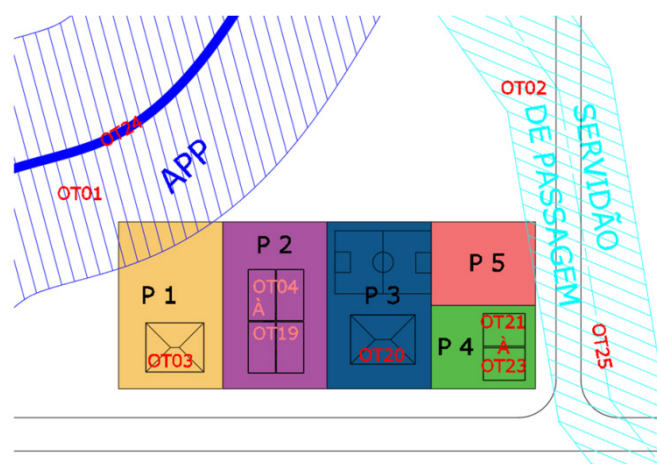


Figura 5 – Objetos territoriais legais e físicos definidos.

Fonte: Do Autor

## 3.8 Matrícula x Parcelas x Objetos Territoriais

As parcelas poderão ter uma ou mais matrículas no CRI em função dos objetos territoriais. Conforme as Figuras 4 e 5 apresentadas anteriormente, diversas situações se configuram, quais sejam:

- Objetos Territoriais que não podem ter matrícula:

OT01: é OTL e a APP pode sofrer alteração pela legislação;

OT02: é OTL e a servidão será averbada na matrícula do CRI;

OT25: é OTF, mas não tem necessidade de estar registrado no CRI.

- Objetos Territoriais que podem ter matrícula:

OT03: esta residência poderá receber uma matrícula no CRI por direito de laje, mas estará sempre vinculada à parcela territorial P1. Caso a edificação seja do mesmo proprietário da parcela territorial, poderá somente a parcela P1 ter matrícula no CRI.

OT04 a OT19: cada apartamento terá sua matrícula individualizada com uma fração ideal da parcela territorial em função da incorporação. Todos os OT estão vinculados à parcela territorial P2;

OT20: não se justifica ter matrícula própria pelo seu uso, sendo registrado no CRI somente a parcela territorial P3. Porém, nada impede de o OT20 ter matrícula própria, caso o proprietário seja individualizado;

OT21 e OT22: são de uso comercial e podem ter matrícula própria em caso de incorporação, mas serão vinculadas à parcela territorial P4;

OT23: poderá ser um direito de laje ou mesmo um apartamento de uma incorporação, mas estará vinculada à parcela territorial P4.

OT24: se o rio é privado ele será um OT; se for um rio público deverá ser obrigatoriamente uma parcela.

Observa-se que a parcela poderá ter mais de uma matrícula em função de seus Objetos Territoriais.

## 4 | ESTRUTURAÇÃO

Para a implantação do Cadastro se fazem necessários alguns pontos fundamentais para sua estruturação, sendo eles:

- Implantação da RRCM (Rede de Referência Cadastral Municipal).

A rede deve ser implantada conforme a NBR 14.166, que está em processo de revisão atualmente. Sua alta densidade é a garantia de êxito para os levantamentos topográficos atenderem o princípio da vizinhança.

- Atendimento ao Princípio da Vizinhança.

A adoção efetiva do princípio da vizinhança garante que não existam distorções entre os levantamentos com erros sistemáticos diferentes a partir de pontos de apoio diferentes. Os vértices da RRCM devem estar homogêneos através de ajustamento.

- Coordenadas dos vértices como definidores do limite da parcela.

A definição geométrica do limite das parcelas deve ser pelas coordenadas geodésicas de seus vértices permitindo a composição de uma base única para todo o país nos imóveis urbanos, a exemplo do que já ocorre com os imóveis rurais. Igualmente aos moldes do cadastro rural, os vértices devem possuir códigos únicos e inequívocos, e estarem localizados nas mudanças de direção e de confrontação do limite.

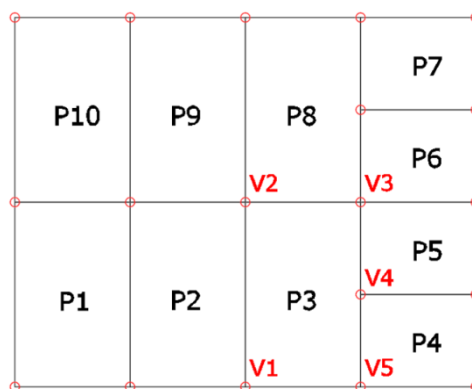


Figura 6 – Vértices definidores da parcela P3.

Fonte: Do Autor

- Confrontação deve ser necessariamente com parcelas e por vértices.

Cada vértice do imóvel deve confrontar com parcelas e não com matrículas ou proprietários.

O padrão atual, inclusive nos imóveis rurais, define a confrontação por linhas, ocultando lindeiros reais que são influenciados por mudanças geométricas das parcelas. Nesse artigo é apresentada uma sugestão de alteração conceitual no entendimento de confrontação entre parcelas. O entendimento proposto é que a confrontação passe a ser considerada por vértice, já que um vértice pode ter mais confrontantes que o alinhamento, e, conseqüentemente, alterações nas suas coordenadas atingem outras parcelas confrontantes que não são consideradas quando o conceito de confrontação se dá por linhas. Como exemplo, na Figura 6, o vértice V2 da parcela P3 confronta as parcelas P2, P9 e P8. Em casos de retificação ou usucapião da parcela P3, o proprietário da parcela P9 também deve anuir. Se a confrontação se mantiver por linhas, apenas os proprietários das parcelas P2 e P8 seriam notificados, ocultando o interesse do proprietário P9, sendo que o vértice V2 também define a sua parcela.

- Levantamento topográfico dos vértices.

Os vértices devem ser levantados com topografia de campo utilizando qualquer técnica que permita o cálculo e demonstração da precisão posicional obtida do vértice. Este levantamento deve ser certificado por um órgão de cadastro para garantir que não exista sobreposição ou espaço entre outras parcelas já certificadas. O levantamento topográfico deve ter um responsável técnico credenciado. O investimento neste levantamento poderá ser de responsabilidade do proprietário, conforme a necessidade de alteração da parcela ou

qualquer tipo de edificação.

- Obtenção de uma Base Cadastral provisória.

Alternativamente, pode-se obter uma Base Cadastral provisória a partir de uma base cartográfica existente ou mesmo com o uso de sensoriamento remoto (aerofotogrametria e imagem de satélites), que dará a celeridade na criação do mapa parcelário. Quando da necessidade da manutenção da Base Cadastral (casos de alteração da parcela ou qualquer tipo de edificação) a pedido do proprietário da parcela, devem ser realizadas medidas com topografia de campo e certificadas.

- Definição de uma precisão posicional.

Para que os levantamentos topográficos atendam à qualidade cadastral se faz necessário que seja definida uma precisão posicional (e não relativa) dos vértices das parcelas a serem certificadas.

Pela teoria dos erros, a precisão define a tolerância admitida entre medições distintas de um mesmo ponto. Essa tolerância é dada por três vezes o valor da precisão, devido a possibilidade de um erro aleatório máximo ocorrer.

Sugere-se para a precisão posicional planimétrica a adoção do valor de  $\pm 8$  centímetros, de acordo com Luz (2013), na dissertação intitulada “Uma proposta para a precisão posicional no cadastro brasileiro”, trabalho da orientação do Prof. Dr. Jürgen Wilhelm Philips.

- O setor responsável de cadastro.

Faz-se necessária a criação de um setor de Cadastro com o fim de manter a base atualizada ao dia, tendo em vista que a cada dia chegam novos levantamentos para empreendimentos imobiliários nas prefeituras, por exemplo. No Brasil não se tem regulamentada a criação de um órgão nacional ou estadual responsável pelo cadastro urbano. Conforme a Constituição Federal (BRASIL, 1988), é delegada à prefeitura (Art. 30) promover “... *adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo urbano*”, o que exige da prefeitura uma organização de sua base cartográfica e cadastral. Logicamente, as prefeituras estão focadas no cadastro fiscal, mas o cadastro fiscal pode subsidiar inicialmente o controle do cadastro legal. As prefeituras já executam, portanto, a atividade de controle dos parcelamentos num setor específico de planejamento.

Por estes motivos, sugere-se que o setor de cadastro seja mantido na própria prefeitura. As prefeituras terão que se adequar a esta necessidade técnica fazendo uso das ferramentas disponibilizadas pelo SINTER.

- Relacionamento com os Registros de Imóveis

O Cadastro das parcelas deverá estar conectado com os CRI através do SINTER, permitindo consultas em tempo real para emissão de certidões e consultas atualizadas a partir do CRI e prefeituras.

- Certificação dos limites para integridade das parcelas definitivas

Será necessário o processo de certificação (similar ao que existe no cadastro de imóveis rurais) para as parcelas definitivas, ou seja, as medidas em campo obtidas com topografia. Entretanto, diferentemente do que é realizado no âmbito rural, sugere-se que análise não deverá ser somente de sobreposição, mas também da consistência de justaposição e, dessa forma, impedindo espaços vazios entre as parcelas. A ação de certificação de parcelas deve ser executada pelo órgão responsável pelo cadastro.

## 5 | IMPLANTAÇÃO DA BASE CADASTRAL

Para a implantação de uma base cadastral adequada a realidade brasileira e que poderá ser compartilhada pelo SINTER com diversos órgãos sugere-se o fluxo apresentado na figura 7.

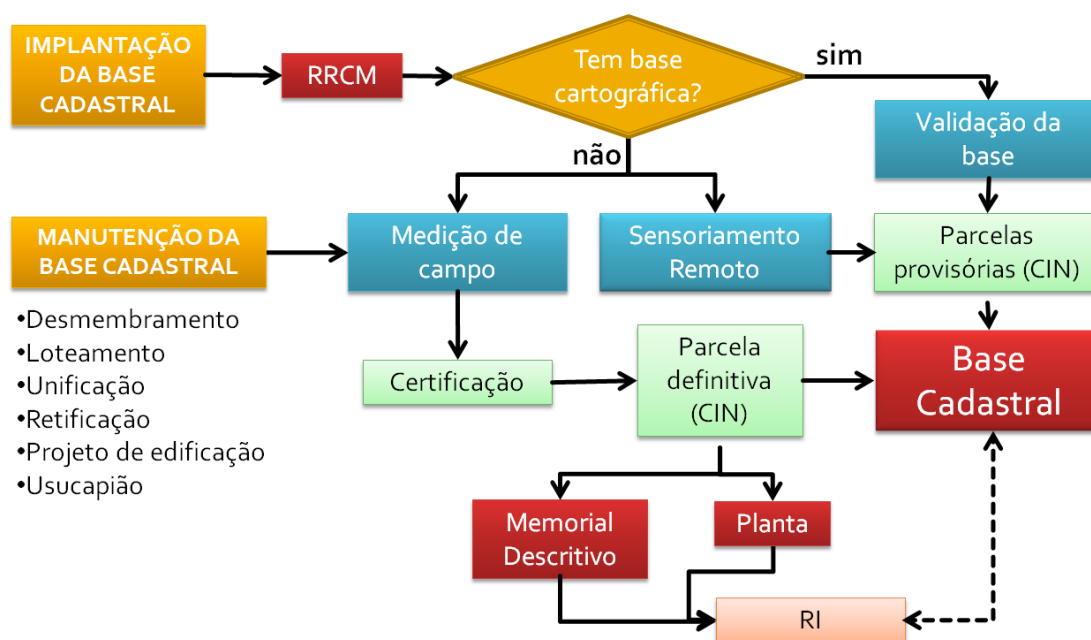


Figura 7 – Fluxograma da Implantação e Manutenção da Base Cadastral.

Fonte: Do Autor

A primeira etapa consiste na materialização de uma Rede de Referência Cadastral Municipal adequada e em conformidade com a NBR14.166. Em seguida, deve-se verificar a existência ou não de uma base cartográfica. Se essa existir, deve-se passar por uma etapa de validação antes da criação das parcelas provisórias. Se não existir, pode-se optar pela criação de parcelas provisórias via sensoriamento remoto, ou diretamente de parcelas definitivas por medições de campo com levantamentos topográficos. As parcelas provisórias também recebem um código único, mas permanecem na Base Cadastral sob a indicação de situação provisória, até que algum processo de manutenção sobre esta parcela seja ativado e a parcela seja devidamente certificada (conforme apresentado no capítulo 6).

No fluxo proposto na Figura 7, as coordenadas da parcela que compõem o imóvel são

registradas no CRI somente após ser devidamente certificada, garantindo a geometria e o princípio da Especialidade Objetiva. Isto não impede de a parcela provisória ir a registro para regularização fundiária, porém, as coordenadas não podem estar especificadas no registro, sendo uma informação que ainda deve ser comprovada com medição de campo, o que ocorrerá nos processos de manutenção da base cadastral.

## 6 | MANUTENÇÃO DA BASE CADASTRAL

A manutenção da base cadastral surge a partir do interesse do proprietário, como consequência de desmembramento, unificação, loteamento, retificação, usucapião e qualquer outra ação que exija mudança ou alteração na parcela. Além destas, a aprovação de um projeto de edificação em determinada parcela também poderá ativar a necessidade de manutenção da base cadastral, visto que nestes casos também já é comumente realizado um levantamento topográfico.

A manutenção da base cadastral deve ser realizada obrigatoriamente a partir de uma medição de campo com topografia e, somente por esta via, a parcela provisória é devidamente certificada passando a situação de definitiva.

## 7 | CONCLUSÕES

Vislumbra-se que os conceitos e a proposta de estruturação cadastral apresentada no presente artigo são totalmente viáveis para implantar em municípios de qualquer tamanho, sendo necessário um pequeno número de adequações para comportar um setor de cadastro a fim de operacionalizar as ferramentas disponibilizadas pelo SINTER.

Desta forma, em curto prazo, os municípios, os CRI, a Receita Federal e a sociedade terão conhecimento da situação fundiária urbana do país e, em longo prazo, de forma estruturada e sustentável, estará resolvida a questão legal dos imóveis urbanos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.133: Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 1998. 23p.

BOSCATTO, Flavio; ARAÚJO, Adolfo Lino de; FRANÇA, Rovane Marcos de. **Cadastro Territorial e Georreferenciamento de Imóveis**. Série: Topografia e Agrimensura para Cursos Técnicos. Livro Digital. Florianópolis: IFSC, 2018. 22p. Disponível em: <<https://goo.gl/6m79ve>>. Acesso em 16 jul 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal Nº 8.764/16**, de 10 de maio de 2016: Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER. Brasília, 2016.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal Nº10.406**, de 10 de janeiro de 2002: Institui o Código Civil. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal Nº 4.504**, de 30 de novembro de 1964: Institui o Estatuto da Terra. Brasília, 1964.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Portaria Nº 511**, de 7 de dezembro de 2009: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Brasília, 2009.

KAUFMANN, Jürg; STEUDLER, Daniel. **Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system**. Rüdlingen: FIG – Federação Internacional de Geômetras, 1998. 44p.

LUZ, Luiz Arnaldo da Silva. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2013. 82p.

SANTOS, Juciela Cristina dos; FARIAS, Edla Siqueira de; CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório. **Análise da parcela como unidade territorial do cadastro urbano brasileiro**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 574-587, dez. 2013. Disponível em <<https://goo.gl/KEzh6w>>. Acesso em 30 abr 2018. <https://goo.gl/BQgb8e>.



## TIJOLO SOLO CIMENTO: ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Data de aceite: 23/06/2020

### Ândeson Marcos Nunes de Lima

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
(PUC SP)

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia -  
Engenharia Civil  
São Paulo - SP

### Karen Niccoli Ramirez

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
(PUC SP)

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia -  
Engenharia Civil  
São Paulo – SP

Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
São Paulo – SP

**RESUMO:** As pesquisas que utilizam materiais e técnicas alternativas de construção estão assumindo grande importância na engenharia. Com a possível escassez de recursos naturais, a construção civil, que consome grande parte desses recursos, procura reduzir consumo e minimizar impactos gerados. O tijolo de solo-cimento, constituído de solo, cimento e água é uma opção para suprir essas necessidades, já que possui fácil processo

de fabricação, favorecendo a redução de custos e prazo de construção. Para tal, é necessário relacionar as vantagens e desvantagens da fabricação e utilização do tijolo. Este capítulo busca avaliar a resistência à compressão dos tijolos solo cimento com base na NBR 8492/2012. Realizaram-se ensaios de limites de consistência e granulometria dos solos escolhidos - solos A, B e C -; verificou-se que apenas o solo B não possui as características para ser utilizado na confecção dos tijolos, pois seu valor de limite de plasticidade foi de 32,67%, enquanto a norma exige valor máximo de limite de plasticidade de 18%, porém seguiu-se o estudo com esse solo para averiguar como a resistência do tijolo seria afetada. A literatura identifica que alguns fatores como tipo de solo, umidade de moldagem, tipo de prensa, relação solo/cimento e processo de cura são determinantes para a qualidade dos tijolos, assim estes foram confeccionados a partir das diretrizes da NBR 8492/2012. A análise dos resultados evidencia que tijolos fabricados com solo B, como esperado, não atingiram o valor mínimo de resistência exigido pela norma, 2,0 MPa com média abaixo deste valor. O solo C apesar de ter seus valores de limites de consistência dentro do especificado pela norma também não conseguiu chegar ao valor mínimo de

resistência exigido; já o solo A, apresentou médias de resistência à compressão maiores que 2,0 MPa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Tijolo solo-cimento; Resistência à compressão.

**ABSTRACT:** Research using alternative construction materials and techniques is assuming great importance in engineering. With the possible scarcity of natural resources, civil construction, which consumes a large part of these resources, seeks to reduce consumption and minimize the impacts generated. The soil-cement brick, consisting of soil, cement and water is an option to meet these needs, since it has an easy manufacturing process, favoring cost reduction and construction time. For this, it is necessary to relate the advantages and disadvantages of the manufacture and use of the brick. This chapter seeks to evaluate the compressive strength of soil cement bricks based on NBR 8492/2012. Tests of consistency limits and granulometry of the chosen soils were carried out - soils A, B and C -; it was found that only soil B does not have the characteristics to be used in the making of bricks, since its plasticity limit value was 32.67%, while the standard requires a maximum plasticity limit value of 18%, however it followed study with this soil to see how the strength of the brick would be affected. The literature identifies that some factors such as soil type, molding humidity, type of press, soil / cement ratio and curing process are determinant for the quality of the bricks, so they were made from the guidelines of NBR 8492/2012. The analysis of the results shows that bricks manufactured with soil B, as expected, did not reach the minimum resistance required by the standard, 2.0 MPa with an average below this value. Soil C, despite having its values of consistency limits within the specified by the norm, also failed to reach the minimum required resistance value; soil A, on the other hand, presented compressive strength averages greater than 2.0 MPa.

**KEYWORDS:** Sustainability; Soil-cement brick; Compressive strength.

## 1 | INTRODUÇÃO

A preocupação com a possível escassez dos recursos naturais é a principal justificativa para o aumento da busca pela sustentabilidade. Desta forma, a cada dia, procuram-se materiais e técnicas que minimizem os impactos ambientais.

A construção civil é um setor que consome diariamente materiais como areia, cal, cimento, água potável, por exemplo –, além de gerar entulho e resíduos de materiais utilizados. Em vista que os recursos naturais não são infinitos, é necessário procurar produtos voltados para sustentabilidade. Bellen (2005, p.68) afirma: “A sustentabilidade é um conceito fundamentalmente normativo, ela implica a manutenção, para cada geração, de um nível socialmente aceitável de desenvolvimento humano”.

Uma alternativa para minimizar o uso de materiais com maior impacto ambiental é a confecção de tijolos solo cimento. O processo baseia-se em uma mistura de solo, cimento e água, compactada e curada à sombra, em que o solo é o material que entra em maior proporção, devendo ser selecionado de modo que permita o menor consumo possível de cimento (MOTTA, J. C et al, 2014).

Para isso, é importante conhecer suas propriedades e características mecânicas, por meio de ensaios como o de resistência à compressão e de absorção de água com base na NBR 8492/2012.

Segundo Mota et al. (2010), o tijolo de solo-cimento possui resistência à compressão equiparada a do tijolo convencional. Além de outros benefícios, o material em questão é importante devido à sua matéria-prima, que, de acordo com Pisani (2005, p. 53), “[...] é abundante em todo o planeta, não gasta energia para ser queimado e possui características isolantes [...]”, sendo assim, pode-se economizar energia tanto na fabricação quanto no condicionamento de ambientes confortáveis. O presente capítulo tem como objetivo analisar a resistência à compressão do tijolo-solo cimento a partir de três traços aplicados em três diferentes solos com base na NBR 8492/2012.

## 2 | SOLO CIMENTO

O solo-cimento é o produto resultante da mistura íntima de solo, cimento Portland e água, que compactados na umidade ótima e sob a máxima densidade, em proporções previamente estabelecidas, adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento (ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 1999). O interesse pelo assunto no Brasil se deu a partir de 1936, por meio da ABCP, que pesquisou e regulamentou a sua aplicação.

### 2.1 Qualidade e dosagem do solo-cimento

De modo geral, segundo Nonato e Segantini (2015), visando aperfeiçoar a qualidade e a dosagem do solo-cimento, considera-se adequado o solo que possuir grãos passando na peneira ABNT 4,8 mm (no 04): 100%; grãos passando na peneira ABNT 0,075 mm (no 200): 10% a 50%; Limite de Liquidez < 45%; Limite de Plasticidade < 18%.

De acordo com o CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (1999), a quantidade de cimento a ser utilizada na dosagem deve ser determinada em função das características do solo, do teor de umidade e da densidade a ser obtida na compactação.

Segundo Pinto (1980) o solo ideal para ser utilizado deve conter 15% de silte mais argila, 20% de areia fina, 30% de areia grossa e 35% de pedregulho, sendo que os solos arenosos bem graduados e com razoável quantidade de silte mais argila, são os mais indicados, de vez que exigem baixo consumo de cimento; já a Portland Cement Association (PCA, 1969) considera excelentes os solos arenosos e pedregulhosos, contendo de 65 a 90% de areia e quantidade de silte mais argila variando de 10 a 35%.

Quando o solo não possui essas características, muitos autores consideram a possibilidade de se efetuarem correções na sua granulometria, através da composição com solos mais arenosos ou mesmo a adição de areia grossa, de modo que o resultado seja favorável, técnica e economicamente (FERRAZ, 2004).

## 2.2 Custo do Solo Cimento

De acordo com a ABCP (1986), a utilização do solo-cimento na construção de habitações populares permite grande economia, com redução de custos que pode atingir até 40%. Contribui para isso o baixo custo do solo, que é o material usado em proporção maior em relação à água e o cimento, além de redução de custos com transporte e energia, existindo ainda a possibilidade de redução de custos com mão-de-obra, pois o processo não requer, em grande número, profissionais especializados em construção.

O aprimoramento de equipamentos para a fabricação dos tijolos tem contribuído para a racionalização das técnicas de construção, possibilitando a elaboração de projetos com maior qualidade, permitindo o uso do material em obras de padrão médio.

## 2.3 Vantagens e Desvantagens

Entre as vantagens do tijolo de Solo-Cimento pode-se destacar seu processo de fabricação, no qual se utiliza basicamente um material de grande abundância em todo planeta: o solo. Observa-se também que o processo é simples e rápido de ser realizado manualmente. Além disso, não é necessária a queima do tijolo, com isso não há emissão de gases poluentes.

Em relação às desvantagens do produto, refere-se a potenciais processos erosivos no meio ambiente que podem ocorrer caso não haja um estudo prévio do solo e da região escolhida para sua extração. Outro ponto são as possíveis falhas na dosagem que serão analisadas nos ensaios do tijolo, o qual influencia no surgimento de patologias na construção, podendo alterar as características do tijolo desejado (MOTTA, 2014).

## 3 | MÉTODO

Para início do estudo, foram realizadas pesquisas às bases de dados acadêmicas, pesquisa documental, relatórios técnicos, artigos de periódicos, teses e dissertações, a fim de levantar informações relacionadas ao tema de estudo, também foram feitas duas visitas técnicas a empresas que fabricam os tijolos, ocasião em que foi possível acompanhar a confecção de tijolos solo-cimento e obter a matéria –prima – solos A e C, para produção dos corpos de prova. O solo B foi retirado próximo ao local em que foi realizada esta pesquisa e não é utilizado comercialmente para fabricação de tijolos solo-cimento.

Foram realizados ensaios de limite de consistência e granulometria em cada um dos solos para avaliar se estas características eram compatíveis com as exigências da NBR 8491/2012 – Tijolo de solo cimento – Requisitos.

Moldaram-se então, com os três solos, os tijolos de solo-cimento que, posteriormente, foram submetidos ao ensaio de compressão axial de acordo com a norma NBR 8492/2012 - Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método ensaio. Os resultados obtidos nos ensaios foram analisados, tabelados e comparados com os valores mínimos exigidos pela mesma norma.

## 4 | ENSAIOS NO SOLO

Como comentado, antes da confecção dos tijolos, foi realizada a caracterização dos 3 diferentes tipos de solos - solo A, solo B e solo C, por meio dos ensaios de Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e do ensaio de Análise Granulométrica. Os resultados de LL estão apresentados na tabela 1.

Solo	Limite de Liquidez (LL) %
<b>A</b>	19,48
<b>B</b>	39,45
<b>C</b>	28,49

Tabela 1: Limite de Liquidez dos solos

Fonte: Própria, 2019.

O Limite de Liquidez, segundo NBR 8491:2012- Tijolo solo-cimento requisitos, deve ser menor que 45%, logo os solos cumprem os requisitos, o que evidencia que estes solos possuem uma boa coesão entre as partículas, permitindo se realizar a moldagem com relativa eficiência.

O ensaio de determinação do limite de plasticidade mostra o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço, sendo assim, é a umidade de transição entre os estados plástico e semissólido do solo. Na tabela 2, podem-se observar os resultados obtidos no ensaio.

Solo	Limite de Plasticidade (LP) %
<b>A</b>	<b>15,28</b>
<b>B</b>	<b>32,67</b>
<b>C</b>	<b>14,95</b>

Tabela 2: Limite de Plasticidade dos solos

Fonte: Própria, 2019.

Vale ressaltar, que, segundo a norma NBR 8491:2012, para fabricação dos tijolos, o LP deve ser menor que 18%, logo o solo A e B cumprem este requisito.

Já os resultados do Índice de Plasticidade (IP) – tabela 3 - permitem classificar o solo quanto a sua plasticidade, índice este que é obtido por:

$$IP = LL - LP$$

Solo	(%)	Classificação segundo a NBR 6459.
A	4,20	Fracamente Plástico
B	6,78	Fracamente Plástico.
C	13,54	Medianamente Plástico

Tabela 3: Classificação dos solos a partir do Índice de plasticidade.

Fonte: Própria, 2019.

Em relação à análise granulométrica, os solos foram classificados como:

Solo A: 19,77% de argila e silte, 63,39% de areia fina e 19,77% de areia média.

Solo B: 15,26% de argila e silte, 5,33% de areia fina e 69,41% de areia média.

Solo C: 35,13% de argila e silte, 25,23% de areia fina e 39,64% de areia média.

## 5 | O TRAÇO

A partir da revisão da literatura, observou-se que o traço empregado mais comum era o 8:1, logo este foi escolhido. Em seguida, também foram moldados tijolos com os traços 7:1 e 9:1, de modo a permitir uma comparação e análise numa faixa entre três traços; o Cimento Portland utilizado foi o CP II Z-32. Os traços utilizados para cada um dos tipos de solos estão apresentados nas tabelas 5 a 7. Com o solo A, fixou-se 250 gramas de cimento e a partir dele, foram obtidas as quantidades de solo e água para cada traço. O primeiro traço de 7:1, apresentou 250 gramas de cimento, 1750 gramas de solo e 10% do solo em água, ou seja, 175 ml de água. O segundo traço de 8:1, apresentou 250 gramas de cimento, 2000 gramas de solo e 10% do solo em água, ou seja, 200 ml de água. Para o terceiro traço de 9:1, obteve-se 250 gramas de cimento, 2250 gramas de solo e 10 % do solo em água, ou seja, 225 ml de água.

Com o solo B, também foi fixado o cimento em 250 gramas e a partir dele, foram obtidas as quantidades de solo e água para cada traço. O primeiro traço de 7:1, apresentou 250 gramas de cimento, 1750 gramas de solo e 26% do solo em água, ou seja, 455 ml de água. O segundo traço de 8:1, apresentou 250 gramas de cimento, 2000 gramas de solo e 26% do solo em água, ou seja, 520 ml de água. Para o terceiro traço de 9:1, obteve-se 250 gramas de cimento, 2250 gramas de solo e 26 % do solo em água, ou seja, 585 ml de água.

Com o solo C, o processo foi igual ao solo A e solo B. Logo, o cimento foi fixado em 250 gramas e a partir dele, foram obtidas as quantidades de solo e água para cada traço. O primeiro traço de 7:1, apresentou 250 gramas de cimento, 1750 gramas de solo e 20% do solo em água, ou seja, 350 ml de água. O segundo traço de 8:1, apresentou 250 gramas de cimento, 2000 gramas de solo e 20% do solo em água, ou seja, 400 ml de água. Para o terceiro traço de 9:1, obteve-se 400 gramas de cimento, 2250 gramas de solo e 20 % do solo em água, ou seja, 450 ml de água.

<b>Traço</b>	7:1	8:1	9:1
<b>Cimento (g)</b>	250	250	250
<b>Solo (g)</b>	1750	2000	2250
<b>Água (l)</b>	175	200	225

Tabela 5: Traços Solo A

Fonte: Própria, 2019.

<b>Traço</b>	7:1	8:1	9:1
<b>Cimento (g)</b>	250	250	250
<b>Solo (g)</b>	1750	2000	2250
<b>Água (l)</b>	402,5	460	517,5

Tabela 6: Traços Solo B

Fonte: Própria, 2019.

<b>Traço</b>	7:1	8:1	9:1
<b>Cimento (g)</b>	250	250	250
<b>Solo (g)</b>	1750	2000	2250
<b>Água (l)</b>	350	400	450

Tabela 7: Traços Solo C

Fonte: Própria, 2019.

## 6 | ENSAIO DE COMPRESSÃO

O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme a NBR 8492/2012, os resultados individuais de resistência à compressão foram obtidos a partir de  $t = F/S$ . Sendo,  $t$  a resistência à compressão simples,  $F$  a carga de ruptura do corpo de prova, o  $S$  a área de aplicação de carga.

Foram confeccionados sete corpos de prova de cada solo e para cada traço, totalizando 63 corpos de prova por solo.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se observar o corpo de prova na prensa e sua ruptura.



Figura 1: Corpo de prova sendo ensaiado



Figura 2: Corpo de prova após ensaiado

Fonte: Própria, 2019.

## 7 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nos Gráficos 1 a 3, são apresentados os valores médios de resistência obtidos por cada traço em cada solo.

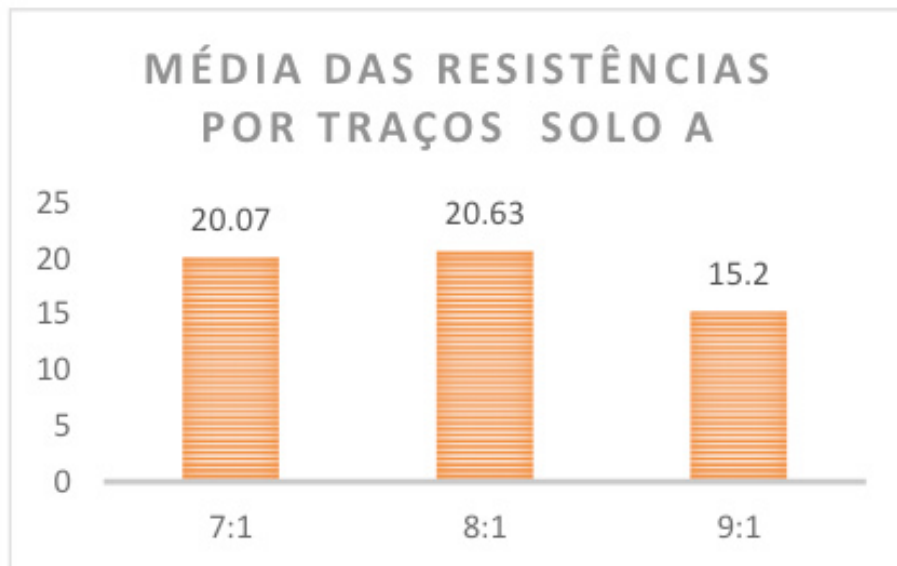


Gráfico 1: Média das resistências dos traços do solo A.

Fonte: Própria, 2019



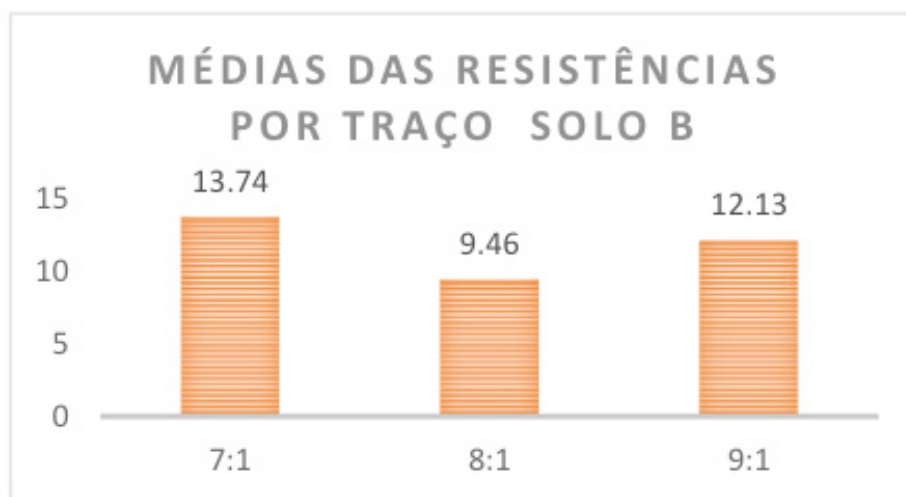


Gráfico 2: Média das resistências dos traços do solo B

Fonte: Própria, 2019.

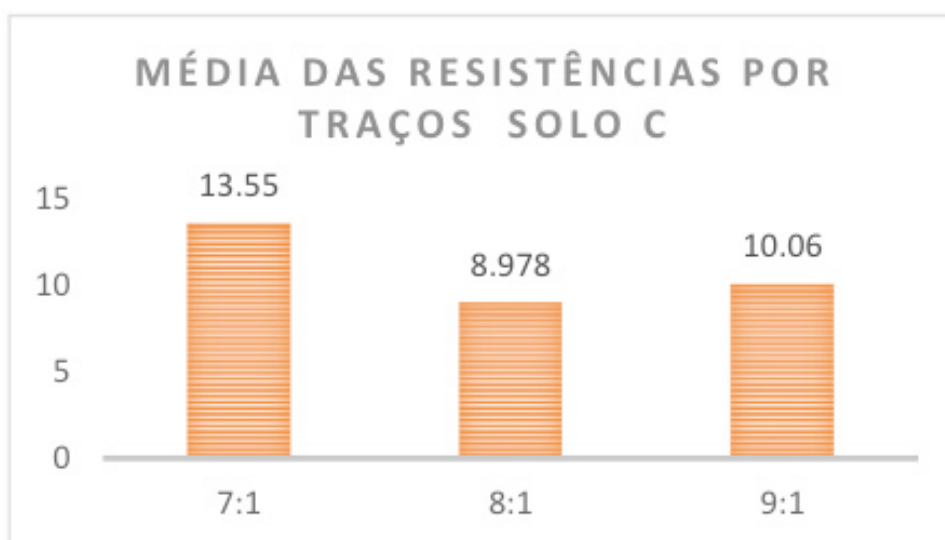


Gráfico 3: Média das resistências dos traços do solo C

Fonte: Própria, 2019.

Tomando-se o traço 7:1 como referência, foi realizada uma análise de variação percentual entre os traços (tabelas 8 a 10); o critério de escolha deste traço como base é que este apresenta a menor relação solo/cimento entre os analisados, uma característica importante já que a ideia é criar um tijolo que apresente uma maior quantidade de solo para uma menor quantidade de cimento e que chegue à resistência mínima exigida pela norma.

É possível observar na tabela 8, que para o solo A, o traço 8:1 obteve um aumento de 2,79% na sua resistência média em relação ao 7:1, enquanto o traço 9:1 obteve uma redução de 24,27%.

SOLO A			
TRAÇO	7:1	8:1	9:1
Varição das Resistências (%)	—	2.79%	-24.27%
Resistências Médias	20.07	20.63	15.2

Tabela 8: Variação das porcentagens médias dos traços do solo A

Fonte: Própria, 2019.

Na tabela 9, são apresentados os dados referentes ao solo B; o traço 8:1 obteve uma redução de 31,15% na sua resistência média em relação ao 7:1, enquanto o traço 9:1 obteve também uma redução de 11,72%.

SOLO B			
TRAÇO	7:1	8:1	9:1
Varição das Resistências (%)	—	-31.15%	-11.72%
Resistências Médias	13.74	9.46	12.13

Tabela 9: Variação das porcentagens médias dos traços do solo B

Fonte: Própria, 2019.

Na tabela 10, é possível observar as variações das porcentagens das resistências médias de cada traço para o solo C. Como se pode analisar, o traço 8:1 obteve uma redução de 33,73% na sua resistência média em relação ao 7:1, enquanto o traço 9:1 obteve também uma redução de 25,76%.

SOLO C			
TRAÇO	7:1	8:1	9:1
Varição das Resistências (%)	—	-33,73%	-25,76%
Resistências Médias	13,55	8,98	10,06

Tabela 10: Variação das porcentagens médias dos traços do solo C

Fonte: Própria, 2019.

A partir da análise dos ensaios no solo, dos testes de resistência e das comparações entre todos os solos e traços, pode-se afirmar que o solo A foi o solo mais indicado para a confecção dos tijolos. O solo A apresentou limite de liquidez de 19,48% e limite de plasticidade de 15,28%, a norma NBR 8491:2012 exige que o LP deve ser menor que 18% e o Limite de Liquidez menor que 45%. No ensaio de resistência à compressão, o solo A conseguiu chegar ao valor médio necessário de resistência exigido pela ABNT. Em relação aos três solos, este foi o que apresentou maior média de resistência à compressão e o que apresentou menor variação na porcentagem das resistências médias entre os seus traços.

Na tabela 11, é mostrado o critério de qualidade referente à resistência à compressão dos tijolos Solo- Cimento segundo a NBR 8491/2012.

Características	Exigências NBR 8491
Resistência à compressão	Valor médio $\geq 2,0$ MPa
	Valor individual $\geq 1,7$ MPa

Tabela 11: Limites especificados para tijolos de solo cimento segundo ABNT

Fonte: própria, 2019

Em relação aos valores obtidos no ensaio de compressão dos tijolos, avalia-se que apenas os traços 7:1 e 8:1 do SOLO A conseguiram chegar ao valor médio necessário de resistência exigido pela ABNT, respectivamente 2,007 MPa e 2,063 MPa.

Já os tijolos fabricados com o solo B e C, para todos os traços do estudo apresentaram em valores médios menores aos exigidos pela norma, porém, considerando os valores individuais de resistência dos corpos de prova, a exigência da norma é de no mínimo 1,7 MPa, e neste caso, observou-se que somente o corpo de prova 1 do traço 7:1 (SOLO C) conseguiu um valor unitário de 1,749 MPa enquanto o corpo de prova 3 do traço 7:1 (SOLO B) obteve um valor de 1,983 MPa atingindo o exigido pela norma. Deste modo, somente o solo A é o solo indicado para a confecção e utilização na construção civil.

## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo tem a intenção de trazer informações técnicas sobre os tijolos ecológicos e a busca por novas tecnologias na construção civil.

Com a escassez de recursos e do inadequado descarte de resíduos da construção civil no meio ambiente, torna-se extremamente necessário vencer desafios que estão ligados a soluções construtivas como: uso de novas ferramentas tecnológicas, diminuição do desperdício, reciclagem de resíduos, e emprego de materiais que em sua cadeia produtiva pouco agrida o meio ambiente.

Portanto, a utilização dos tijolos de solo cimento permeia todo esse contexto mencionado e isso se deve a infinidade de vantagens que apresenta os tijolos se tratando de sua composição e de sua confecção. Com esse estudo, foi avaliada a resistência à compressão que esses tijolos apresentam, para assim analisar se é possível e viável a inserção deste tipo de tijolo na construção civil.

Pelo fato desse material se mostrar como excelente alternativa para construções tanto no meio rural quanto no meio urbano e pelas suas elevadas vantagens em seu emprego na alvenaria, torna-se cada vez mais necessário o estudo e pesquisa a respeito do mesmo, com o objetivo de melhorar as características e desempenho dos tijolos de solo cimento. Sendo assim, os tijolos de solo-cimento podem ter grande importância nesse meio, mas precisam apresentar características que o tornem mais resistentes.

## REFERÊNCIAS

- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Dosagem das misturas de solo-cimento** – normas de dosagem. São Paulo: ABCP, Estudo Técnico ET-35, 1986. 51p
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento – análise dimensional, Determinação da resistência à compressão e da absorção de água, 2012.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10833**: Fabricação de Tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica- Procedimento.
- BELLEN, H. M. v. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256p.
- BOMFIM Y.S et al. **Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de Solo-Cimento na construção civil**. Cadernos de graduação, Aracajú, 2016.
- BRASILEIRO L.L; MATOS J.M. E **Revisão bibliográfica**: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Centro de tecnologia CT e UFPI, 2015.
- CEPED – CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. **Manual de construção com solo-cimento**. CEPED/ABCP. Camaçari-BA, 1999. 147p.
- FERRAZ, A. L. N. **Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento**. Ilha Solteira: UNESP, 2004. 107p. Dissertação Mestrado
- MOTA, J. D. et al. **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento**. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.
- MOTTA, J. C, et al. **Tijolo de Solo-Cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em <[www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/)>
- NONATO, André; SEGANTINI, Antônio. **Engenharia sustentável: Aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de Solo-Cimento**. UNICAMP, Campinas-SP e UNESP, Ilha solteira-SP, 2015.
- PCA – Portland Cement Association. **Soil-cement construction handbook**. Illinois, 1969. 42p.
- PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005. 53- 59p.

## ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS COM CAL (UM ESTUDO DE CASO DIRIGIDO A UM SOLO ARENO-ARGILOSO NA FORMAÇÃO AQUIDAUANA)

Data de aceite: 23/06/2020

### Marcelo Macedo Costa

IFMS, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul  
Aquidauana - Mato Grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/7560411343094001>

### Jaime Ferreira da Silva

UFMS, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Aquidauana - Mato Grosso do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/3041396234382233>

**RESUMO:** Este estudo introduz os resultados de uma pesquisa no curso de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul destinada ao estudo da viabilidade da estabilização química do solo Areno-argiloso (Latosolo Vermelho-amarelo) com cal para fins de emprego dando suporte na pavimentação urbana e rodoviária nos municípios de Aquidauana-MS e Anastácio-MS através de ensaios. Nos procedimentos metodológicos foram realizados cinco ensaios de compactação com as seguintes percentagens (2, 3, 5, 7 e 8), mistura do Latossolo Vermelho-Amarelo, expansão 0,19 % e ISC 36,5%. A mistura de 5% dá a estabilização mecânica necessária e

satisfaz a execução da pavimentação de ruas de baixo tráfego, ficando seu custo um quinto (1/5) a menos sem a utilização do cascalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Suporte, Estabilização, Pavimentação

### SOIL STABILIZATION WITH LIME (A CASE STUDY DIRECTED TO A SANDY-CLAY SOIL IN AQUIDAUANA FORMATION)

**ABSTRACT:** This study introduces the results of a research in the Master's course in Geography at the Federal University of Mato Grosso do Sul aimed at studying the feasibility of chemical stabilization of sandy-clayey soil (Latosol Red-yellow) with lime for employment purposes supporting urban and road paving in the municipalities of Aquidauana-MS and Anastácio-MS through tests. In the methodological procedures, five compaction tests were carried out with the following percentages (2, 3, 5, 7 and 8), mixture of the Red-Yellow Latosol, expansion 0.19% and ISC 36.5%. The 5% mixture gives the necessary mechanical stabilization and satisfies the execution of the paving of low traffic streets, the cost being one fifth (1/5) less without the use of gravel.

**KEYWORDS:** Support, Stabilization, Paving

## 1 | INTRODUÇÃO

O solo pode ser considerado como o material da construção civil mais comum e de maior abundância na crosta terrestre. Contudo, devido aos elevados custos das obras de engenharia civil, as aplicações clássicas dos solos como materiais de pavimentação tem se regido por especificações técnicas rigorosas que permitem apenas o uso de jazidas de empréstimo de qualidade tecnológica superior, no que se diz respeito à resistência ao cisalhamento, deformabilidade e permeabilidade. Este fato traz à tona a necessidade de se desenvolver estudos de processos de estabilização que possibilitem melhorar determinadas propriedades de engenharia dos solos, em particular no nível internacional, de modo a enquadrá-los dentro das especificações construtivas vigentes.

Dentre as técnicas de estabilização de solos em estradas, duas tem-se destacado devido ao sucesso alcançado com diversos tipos de solos: (1) estabilização mecânica, por compactação ou correção granulométrica; (2) estabilização química, com adição de cimento, cal e betume, entre outros materiais.

A estabilização mecânica por compactação refere-se ao processo de tratamento de um solo com a finalidade de minimizar sua porosidade pela aplicação de sucessivas cargas, pressupondo que a redução do volume de vazios relaciona-se com um ganho de resistência mecânica. Por outro lado, a estabilização mecânica engloba as melhorias introduzidas em um solo pela mistura deste com outro ou outros materiais que possibilitem a obtenção de um novo produto com propriedades adequadas para determinados fins de engenharia.

Com relação a estabilização química, pode-se afirmar que ela consiste na adição de um determinada substância química ao solo, de modo a resultar em mudanças que venham a influenciar as propriedades de resistência mecânica, permeabilidade e deformabilidade deste, atingindo-se, então, o objetivo de estabilizá-lo.

Quanto à estabilização química, objeto desta pesquisa, solos estabilizados com cal (misturas solo-cal) são produtos conhecidos no contexto técnico-científico internacional. A estabilização solo-cal em estradas engloba várias modalidades, com especial destaque para: modificação dos solos pela ação da cal, com vistas a acelerar o processo construtivo; melhoria do subleito; e, melhoria da resistência e durabilidade dos solos de graduação fina, no intuito de utilizá-los, após a estabilização, como camadas tradicionais dos pavimentos rodoviários.

No Brasil, os estudos sobre o emprego de agentes estabilizantes nos solos, até o presente momento, gozam de pouca divulgação e não estão regulamentados pelos organismos estaduais e federais rodoviários, via especificação de serviço.

Referindo-se a geologia da Formação Aquidauana, o conhecimento que esta é dividida em três intervalos estratigráficos, SCHNEIDER *et al.* (1974) a saber: a) o inferior, caracterizado por conglomerado basal seguido de arenitos vermelhos a róseos, médios e grossos, com estratificação cruzada acanalada, diamictitos e arenitos esbranquiçados; b) o intervalo médio, de siltitos, folhelhos e arenitos finos, vermelhos e róseos, laminados, com intercalações de diamictito e folhelho cinza-esverdeado; e c) o intervalo superior, dominado

por arenitos vermelhos com estratificação cruzada.

Complementando estas informações, CORRÊA *et al.* (1976) divide a Formação Aquidauana em três unidades informais, a saber, a) a inferior, de arenitos, arcóseo, subarcóseo e arenitos conglomeráticos mal selecionados, com seixos de quartzito e gnaisses; b) a unidade média, de siltitos e argilitos com intercalações de arenitos e diamictitos; e c) a unidade superior, composta de arcóseos e arenitos, subordinadamente siltitos. Dados palinológicos apresentados, indicam que a Formação Aquidauana é do Carbonífero Superior (Stephaniano) DAEMON e QUADROS (1970).

Em toda essa área, o clima é bastante variável, mas são os fatores litológicos e geomorfológicos que respondem pelas diferentes fisionomias savanícolas observadas. O clima é do tipo termoxeroquimênico atenuado. A duração do período seco é 3 a 4 meses e as precipitações de 1000 mm a 1500 mm anuais.

A partir de um perfil de solo característico da Formação Aquidauana, pode-se distinguir os seguintes horizontes:

**Horizonte B:** Apresenta-se como uma camada bastante espessa, de coloração vermelha ou vermelha-amarelada e classificam-se em *Horizonte B latossólico*; *Horizonte B textural*; *Horizonte B incipiente*; *Horizonte grei* e *Horizonte esporádico*.

Diante das características de ocorrência de solos nesta região, Formação Aquidauana/MS, esta pesquisa tem como objetivo efetuar um estudo de laboratório para averiguar a eficiência da estabilização com cal de um solo com propriedades areno-argiloso característico do horizonte B.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

Em se tratando de processos de estabilização dos solos e, considerando que a modalidade solo-cal goza de boas referências bibliográficas no meio técnico brasileiro, é de interesse uma breve citação aos estabilizantes comumente empregados e aos processos de estabilidade solo-cal, em particular.

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 A Cal

Cal hidráulica é o aglomerante que resulta da calcinação e posterior pulverização por processos de imersão ou suspensão em água, de calcários argilosos a uma temperatura inferior à da fabricação dos cimentos.

Em função de sua composição química, a cal hidráulica é definida pelo índice de hidráulicidade de VICAT (I) ou pelo módulo de hidráulicidade (M), que são dados pelas relações que se seguem, em que se consideram as percentagens em peso de seus elementos constituintes:

$$I = \frac{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + Fe_2O_3}{CaO + MgO}$$

$$M = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

O tempo de pega, não só das cales, mas dos aglomerantes hidráulicos em geral é função do índice de hidraulicidade: quanto maior o índice de hidraulicidade I, tanto mais rápida a pega da cal, ou do aglomerante. As matérias-primas para a fabricação das cales hidráulicas são os calcários impuros: com 20% - 30% de argila e 70% - 80% de calcário ( $CaCO_3$ ). A fabricação da cal hidráulica é realizada nos mesmos tipos de fornos empregados para a obtenção de cal aérea, que tanto podem ser intermitentes como contínuos. A “*American Society for Testing Materials*” (ASTM), em sua designação C 141-67, atualizada em 1978, estabelece as seguintes especificações para os tipos definidos de cal hidráulica: Cal hidráulica de alto teor em cálcio – cal que não contém mais de 5% de óxido de magnésio (da porção não volátil). Cal hidráulica magnesianiana – cal que contém mais de 5% de óxido de magnésio (da porção não volátil).

### 2.1.2 A Estabilização Solo-Cal

No emprego das misturas solo-cal considera-se, de modo geral, os solos de granulometria fina, onde a cal pode ser utilizada como um agente estabilizador primário e único. A ação da cal nestes solos está ligada a fenômenos de troca catiônica, responsáveis por ações de floculação, e a reações pozolânicas, responsáveis por efeitos de cimentação. Os autores LIMA *et al.* (1993) fazem referências à troca catiônica em geral, como também às mudanças na plasticidade do solo e podem dar origem, ainda a pequenos aumentos na resistência mecânica das misturas solo-cal, enquanto as reações pozolânicas resultam em consideráveis ganhos de resistência mecânica.

Um breve resumo de algumas das alterações físicas produzidas pela adição da cal pode ser apresentado, na forma:

- O índice de plasticidade diminui por um fator de três ou mais, em alguns casos;
- O limite de plasticidade geralmente aumenta, diminuindo o limite de liquidez;
- A fração de solo que passa na peneira de abertura nominal de 0,42 mm decresce substancialmente;
- Bases e sub-bases estabilizadas com cal formam uma barreira resistente à água, por impedir a penetração desta e favorecer a rápida evaporação da umidade existente;



- A cal e a água aceleram a desintegração dos torrões de argilas durante a pulverização do solo. Assim, este se torna mais friável e pode ser trabalhado com maior facilidade.

Recomenda-se que os solos nos ensaios para fins de dosagem em percentagem da cal na estabilização, estes terão ganhos significativos de resistência com o respectivo estabilizante, do ensaio de compressão simples de amostras moldadas na energia do ensaio de compactação Proctor Normal; no caso em que se deseje uma melhor trabalhabilidade do solo, com ganhos modestos de resistência mecânica, além dos ensaios de compressão simples, pode-se utilizar, também, o Índice de Suporte Califórnia (ISC) (TRB, 2012).

## 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 Materiais

#### 3.2.1 O Solo

A escolha incidiu sobre um solo Latossolo vermelho amarelo, ocorrendo no horizonte B, em uma rampa de corte na BR-419, município de Aquidauana, km 14. Este material, aqui denominado de **SCA**, de comportamento pouco expansivo não tem sido objeto de estudos nos Setores de Geotecnia. De acordo com ensaios de laboratório o solo **SCA** pode ser descrito como constituído de 65,75% de fração de areia e de 34,25% de fração silte e argila, segundo a escala granulométrica adotada pelo DNIT (2006). Para este solo, reporta, também, um limite de liquidez de 17,6%, um índice de plasticidade de 2,3 e a presença de caulinita, oxi-hidróxidos (goethita e hematita) e hidróxido de alumínio (gibbsita).

#### 3.2.2 Os Estabilizantes

A cal utilizada nas misturas foi uma cal hidratada, fabricada pela indústria de calcinação (Calcinação MAX) e denominada Supermax CH I, empregada em argamassas em várias cidades.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Metodologia de Campo

As amostras foram colhidas em taludes com pá, enxada, picareta. Após a aquisição das amostras, estas foram armazenadas no Laboratório do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) para posterior emprego nos ensaios oportunos.

#### 3.3.2 Metodologia de Laboratório

Os procedimentos de laboratório englobaram as seguintes etapas:

- Peneiramento das amostras em peneiras de abertura de malha 2 mm;
- Secagem do solo à sombra, com as amostras recolhidas em bandejas;
- Armazenamento das amostras em sacos plásticos, vedados, para posterior utilização.

Logo após esta sequência, procedeu-se aos seguintes ensaios de caracterização do solo:

- Granulometria: NBR 7217/87;
- Massa Específica dos Grãos do Solo: NBR 6457/86;
- Limites de Atterberg: NBR-6459/ABNT (LL), NBR-7180/ABNT (LP);
- Compactação: NBR 7182/86 (Ensaio de Compactação Proctor Normal ).

Em relação aos ensaios de compressão simples e compressão diametral, bem como o ensaio ISC (energia normal de compactação), todos os corpos de prova foram moldados à partir de valores da massa específica seca máxima e do teor de umidade ótimo, que constituem-se em um par ordenado obtido do ensaio de compactação.

Os corpos de prova para os ensaios de compressão simples e diametral foram moldados por processo dinâmico, em três camadas submetidas ao esforço de compactação do Proctor Normal. Os corpos de prova apresentaram dimensões de 100 mm de diâmetro por 125 mm de altura. A ruptura dos corpos de prova se deu na velocidade de 1,00 mm/min.

Quanto aos ensaios de ISC, os corpos de prova foram moldados na energia de compactação do ensaio Proctor Normal. A seguir, levou-se os corpos de prova devidamente aparelhados com a sobrecarga e tripés de leitura de expansão à câmara úmida onde ficaram imersos em tanques de água por 96 horas, com leituras de expansão a cada 24 horas. Findada esta etapa, os corpos de prova foram levados a uma prensa CBR para fins de avaliação da capacidade de suporte.

Procurou-se avaliar o comportamento do solo **SCA**, na forma: adição de cal ao solo seco ao ar, nos teores de 2%, 3%, 5%, 7% e 8%. Todos os percentuais referem-se à massa seca do solo.

Para as misturas obtidas nestes percentuais (solo-cal), quase não se encontram disponíveis, no Brasil, especificações para os ensaios de compactação e resistência.

Não houve necessidade de adição de betume no solo-cal, em estudos anteriores às misturas solo-cal não se mostrou um expediente técnico efetivo para promover uma melhoria na resistência mecânica desta.

Para os ensaios de compactação, as misturas foram obtidas adicionando-se ao solo, inicialmente, a cal deixando-se a mistura em repouso por 24 horas. Em seguida, procedeu-se, então, ao ensaio de compactação.

Quanto à determinação do valor ISC das misturas, a metodologia empregada no ensaio foi a mesma citada no item 3.2.2 **Metodologia de Laboratório**.

Com relação aos corpos de prova a serem rompidos nos ensaios de compressão simples e compressão diametral, estes foram moldados à semelhança do processo descrito também no item 3.2.2 **Metodologia de Laboratório**. Foram preparados doze corpos de prova por teor de mistura do solo e agentes estabilizantes, os quais foram armazenados em sacos plásticos vedados e identificados, após o que foram mantidos em câmara úmida. Os corpos de prova foram rompidos, respeitando-se os dias de cura de 1, 7 e 14 dias, sendo uma metade ensaiada em compressão simples e a outra em compressão diametral, a velocidade de 1,00 mm/min.

## 4 | APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES PERTINENTES

### 4.1 Apresentação dos resultados

O Quadro 1 apresenta os resultados dos ensaios de caracterização tecnológica do solo SCA e o Quadro 2 traz os resultados dos ensaios de compactação executados com as misturas. As variações da resistência mecânica a compressão simples e diametral para diferentes teores de cal em função do tempo de cura das misturas são evidenciadas nos Quadros 3 e 4, sendo que a relação entre as resistências à compressão simples e diametral. Obtidas nos ensaios, são apresentadas no Quadro 5.

Os resultados dos ensaios ISC constam do Quadro 6.

### 4.2 Discussão dos Resultados

#### 4.2.1 Ensaio de Compactação

Para as misturas solo-cal, notou-se uma diminuição da massa específica seca máxima para 7% e 8% e um aumento no teor da umidade, para teores crescentes a partir de 5% de cal.

#### 4.2.2 Ensaio de Compressão Simples

Notou-se, para as misturas solo-cal, um crescimento da resistência em função do aumento do teor de cal ( menos a do 3%) e do período de cura das amostras, conforme no Quadro 3. A medida que se elevou o teor de cal para 8% nas misturas solo-cal, Quadro 3, notou-se ganho significativo na resistência mecânica com aumentos no tempo de cura e perda no 3% .

#### 4.2.3 Ensaio de Compressão Diametral

Os resultados do ensaio de compressão diametral, apresentados no Quadro 4 reafirmam o comportamento observado a partir dos dados do ensaio de compressão simples, para as misturas solo-cal. Para o período de cura de 14 dias os teores de cal, exceção 3%, os resultados obtidos apresentam altas substanciais nas resistências medidas e pouca dispersão.

#### 4.2.4 Índice Suporte Califórnia

Em relação às misturas solo-cal (Quadro 6) observou-se um aumento substancial nos valores ISC, podendo-se citar o percentual de 45,2% de ganho para o teor de 2%, e, crescente, chegando a 87,1% em 8% , não houve expansão para teores crescentes de cal. Em relação ao solo, este resultado está acordo com que corresponde as pesquisas realizadas de FERRAZ (1994).

## 5 | QUADROS DE RESULTADOS

LL (%)	IP (%)	ISC (%)	EXP (%)
17,6	2,3	36,5	0,19

LP (%)	RCS (kPa)	$\gamma_{d \text{ Máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	W <sub>ot</sub> (%)	H.R.B.
15,3	3,5	2,049	9,9	A-2-4

Quadro 1 – Parâmetros Tecnológicos do Solo SCA

mistura	Teor de umidade ótimo %	Massa específica seca máxima g/cm <sup>3</sup>
SCA	9,9	2049
SCA + 2%CAL	9,7	2060
SCA + 3%CAL	9,8	2040
SCA + 5%CAL	10,3	2018
SCA + 7%CAL	12,0	1880
SCA + 8%CAL	12,4	1892

Quadro 2- Resultados referentes às curvas de compactação

(Valores em kPa)

Mistura	Dias de Cura		
	1 Dia	7 Dias	14 Dias
SCA	287	373	485
SCA+2%CAL	607	867	1239
SCA+3%CAL	573	818	1169
SCA+5%CAL	617	882	1260
SCA+7%CAL	607	867	1239
SCA+8%CAL	676	966	1380

Quadro 3 – Variação da Resistência à compressão simples das misturas Solo-cal em relação aos dias de cura.

(Valores em kPa)

Mistura	Dias de Cura		
	1 Dia	7 Dias	14 Dias
SCA	287	373	485
SCA+2%CAL	607	867	1239
SCA+3%CAL	573	818	1169
SCA+5%CAL	617	882	1260
SCA+7%CAL	607	867	1239
SCA+8%CAL	676	966	1380

Quadro 4- Variação da Resistência à Compressão Diametral das misturas solo-cal em relação aos dias de cura.

Mistura	Dias de Cura		
	1 Dia	7 Dias	14 Dias
SCA	3,73	3,59	3,59
SCA+2%CAL	6,60	6,57	6,59
SCA+3%CAL	4,70	4,67	5,85
SCA+5%CAL	5,88	5,88	5,86
SCA+7%CAL	4,16	4,15	4,16
SCA+8%CAL	4,39	4,39	4,39

Quadro 5 – Variação da Relação Compressão Simples/ Compressão Diametral das misturas Solo-cal em relação aos dias de cura.

Misturas	ISC (%)	Expansibilidade (%)
SCA	36,5	0,19
SCA+2%CAL	53,0	0
SCA+3%CAL	54,6	0
SCA+5%CAL	59,4	0
SCA+7%CAL	56,7	0
SCA+8%CAL	68,3	0

Quadro 6 – Resultados referentes à expansibilidade do solo, via ensaio ISC.

## 6 | CONCLUSÃO

A presente pesquisa permitiu concluir que:

a) Resultados Relativos à Resistência à Compressão simples:

Misturas Solo-cal: Houve um ganho de resistência para todas as misturas e todos os dias de cura analisados, resultando em resistência à compressão simples maior que aquela do solo natural em até 87,1%, como foi o caso da mistura solo-cal com 8%, para o período de cura de 14 dias.

b) Resultados Relativos à Compressão Diametral

Misturas Solo-cal: Observou-se um comportamento semelhante aquele detectado a partir dos resultados dos ensaios de compressão simples, porém, notando-se uma maior redução dos resultados do ensaio de . SCA+3%CAL

### c) Resultados Relativos ao Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Para as misturas solo-cal, observou-se um aumento significativo nos valores ISC e não houve expansão para teores crescentes de cal.

## 7 | COMENTÁRIOS FINAIS

Avalia-se que este estudo com a aplicação da cal a 5% no Latossolo Vermelho-Amarelo atinge o suporte necessário para a pavimentação urbana de baixo tráfego das cidades de Aquidauana-MS e Anastácio-MS, sem a necessidade de utilização de cascalho.

## REFERÊNCIAS

CORRÊA, J. A.; NETO, C.; CORREIA FILHO, LEWSKI F. C. L. G.; CAVALLON, L. A.;

CERQUEIRA, N. L. S.; NOGUEIRA, V. L. **Projeto Bodoquena: relatório final**. Goiânia: CPRM, 1976. 8 v. Convênio DNPM / CPRM.).

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. **Bioestratigrafia do Neopaleozóico da bacia do Paraná**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. Anais ... Brasília: SBG, 1970. p. 359-412. DNIT. **Manual de Pavimentação**, 2 ed. Rio de Janeiro, 2006.

FERRAZ, R.L.; “**Contribuição ao estudo da estabilização dos solos para fins rodoviários e habitacionais**”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 1994

LIMA, D.C.; ROHM, S.A.; BARBOSA, P.S “**Estabilização dos solos III: Misturas solo-cal para fins rodoviários**”. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, Publicação nº334, Viçosa-MG. 32p. 1993.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28. Porto Alegre. 1974  
TRB, “**State-of-the-art: Lime Stabilization: Reactions, Properties, Design, Construction**”. In: Transportation Research Board. august 2012.

## ESTUDO DA ADIÇÃO DO PAPEL RECICLADO NO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇA DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

Data de aceite: 23/06/2020

Data de Submissão: 29/04/2020

### **Camilla Gomes Arraiz**

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

São Luis - Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/8718953087466000>

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

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/5214416871742356>

### **Leticia Maria Brito Silva**

Universidade Ceuma

São Luis - Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/2051219408849229>

### **Mariana de Sousa Prazeres**

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/7532910948771388>

### **Jayron Alves Ribeiro Junior**

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/2453528848909979>

### **Moises de Araujo Santos Jacinto**

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/2662433839830308>

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

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/1957653175840481>

### **Bruna da Costa Silva**

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/6403927694339320>

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

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

São Luis – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/0584960846811437>

### **Yara Lopes Machado**

Universidade Federal do Pará – UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/7057289790371911>

### **Eduardo Aurélio Barros Aguiar**

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

São Luis – Maranhão

<http://lattes.cnpq.br/6455696944208916>

**RESUMO:** O concreto é um material de construção civil proveniente da mistura, em proporção adequada, de aglomerantes, agregados, água e por vezes, aditivos. Para melhorar suas propriedades, podem ser adicionados materiais, como o papel, que também é produzido em larga escala. Assim, sua disponibilidade para a reciclagem e limitação para a quantidade de ciclos torna-o um material viável para uso na construção civil, eliminando a quantidade



excessiva de resíduos, integrando um método sustentável de produção. Logo, a pesquisa em questão objetiva avaliar as propriedades do concreto convencional e concreto simples adicionado de papel reciclado, incluindo o estudo da viabilidade técnica de uso de peças de concreto para pavimentação. O concreto do estudo em questão foi analisado através de ensaios laboratoriais na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Foram realizados 3 estudos. O primeiro utilizou-se de um traço 1:2:3:0,6 com adição de papel triturado em forma de pelotas em quantidades de 5%, 10%, 15% e 20% do volume de cimento. O segundo utilizou-se de um traço 1:2:3:0,45, porém com a porcentagem que obteve os melhores resultados no estudo I, que foi a de 20%. Ambos com confecção de corpos de prova cilíndrico. E por fim, o terceiro estudo, que se utilizou do mesmo traço do estudo II e mesma porcentagem de papel, porém com a confecção de blocos de concreto. Os ensaios realizados foram o de resistência à compressão, absorção e consistência. Depois de realizados os ensaios, observou-se que a resistência aumentou a medida que a porcentagem de papel era crescente, a absorção não aumentou significativamente a ponto de afetar na perda da resistência e a consistência foi ideal para a produção das peças. Assim, constatou-se que o uso do papel é completamente viável para produção de peças de concreto para pavimentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto; Propriedades; Papel; Pavimentação; Sustentável.

## STUDY OF THE ADDITION OF RECYCLED PAPER IN CONCRETE TO MANUFACTURE A CONCRETE PAVING PIECE

**ABSTRACT:** Concrete is a building material derived from mixing, in appropriate proportion, binders, aggregates, water and sometimes additives. To improve its properties, materials such as paper, which is also produced on a large scale, can be added. Thus, its availability for recycling and limitation on the amount of recycling makes it a viable material for use in construction, eliminating excessive waste and integrating a sustainable method of production. Therefore, the research in question aims to evaluate the properties of conventional concrete and plain concrete added from recycled paper, including the study of the technical feasibility of using concrete paving pieces. The concrete of the study in question was analyzed through laboratory tests at the State University of Maranhão (UEMA). Three studies were performed. The first used a 1: 2: 3: 0.6 stroke with the addition of shredded pellet paper in quantities of 5%, 10%, 15% and 20% of the cement volume. The second used a 1: 2: 3: 0.45 trait, but with the percentage that obtained the best results in study I, which was 20%. Both made of cylindrical specimens. And finally, the third study, which used the same trait of study II and the same percentage of paper, but with the making of concrete blocks. The tests performed were compressive strength, absorption and consistency. After the tests were performed, it was observed that the strength increased as the percentage of paper increased, the absorption did not increase significantly to the point of loss of strength and the consistency was ideal for the production of parts. Thus, it was found that the use of paper is completely viable for the production of concrete paving pieces.

**KEYWORDS:** Keyword: Concrete; Properties; Paper; Paving; Sustainable.

## 1 | INTRODUÇÃO

O concreto é um material de construção proveniente da mistura, em proporção adequada, de aglomerantes, agregados e água. Este material está presente em praticamente todas as construções civis, sejam elas praças, edifícios, casas ou até mesmo rodovias. Cerca de 11 bilhões de toneladas de concreto são produzidas, o que resulta em aproximadamente em um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante ao ano, valor inferior apenas ao consumo de água. E ainda, no Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos (IBRACON, 2009).

A grande disponibilidade dos materiais que formam o concreto e a grande disponibilidade para inúmeros usos deixam claro que o concreto é solução para diversos elementos construtivos, entre eles, peças de concreto para pavimentação. Vale ressaltar que a alta demanda de concreto implica em estudos voltados para a melhoria das características físico-químicas do material, e mais recentemente benefícios nos aspectos econômicos e ambientais, por meio de aditivos provenientes de soluções sustentáveis.

A capacidade de exploração dos recursos naturais no Brasil, pela indústria de papel e celulose cresceu de maneira exponencial, devido às melhorias na tecnologia implantada no país e aos investimentos realizados na área, ocasionando assim, uma crescente preocupação em torno dos impactos ambientais causados pelo setor, sendo estes o esgotamento do recurso utilizado, a produção e o descarte excessivo do produto final, sem uma destinação adequada.

De acordo com o relatório anual da Indústria Brasileira das Árvores, apesar da retração volumétrica de 0,4% da produção brasileira de papel de 2015 em comparação com o ano antecedente, a produção anual totalizou 10,4 milhões de toneladas, mantendo o país na nona colocação no ranking mundial de produtores de papel, posição semelhante também ao de maiores consumidores de papel (IBÁ, 2018).

Com elevados índices de produção e consumo, surgiram complicações e questionamentos quanto ao manuseio do material. A alternativa viável econômica e socialmente é a reciclagem deste papel, visando à preservação de recursos naturais (matéria-prima, energia e água), a minimização da poluição e a diminuição da quantidade de lixo que vai para os aterros.

Alguns estudos sobre o referido assunto já foram realizados no Brasil. Buson (2009) utilizou as fibras do papel kraft como componente de blocos de terra compactados (BTC). Em sua pesquisa considerou o papel kraft como uma alternativa econômica-sustentável para a produção de componentes e elementos construtivos. Já Dias (2017), analisou um compósito de matriz cimentícia com adição de fibras de papel kraft provenientes de embalagens de cimento e argamassa, constatando também que esta adição foi um método sustentável eficiente que agregou melhora nos resultados das propriedades da matriz cimentícia.

Desse modo, como visto anteriormente, o papel é abundante no Brasil, e sua disponibilidade para a reciclagem e limitação para a quantidade de ciclos torna-o um

material viável para uso na construção civil, visto que caso seja utilizado como uma adição para peças de concreto para pavimentação eliminará a quantidade excessiva de resíduos, integrando um método sustentável de produção.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção e características dos materiais

Para fabricação de concreto, é necessário adquirir inúmeros materiais de construção para estudo, entre eles, tem-se: cimento Portland, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água. A escolha desses materiais é de extrema importância para o resultado final de todo processo.

Dessa forma, para produção de concreto destinado à fabricação de peças de concreto para pavimentação, foi utilizado o cimento do tipo CP- II Z 32 (com adição de material pozolânico), que é empregado em obras civis em geral, também na produção de argamassas, concreto simples, armado e protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento. Em relação aos agregados, utilizou-se brita zero como agregado graúdo, pois é recomendado utilizar britas com diâmetros menores, e utilizou-se areia fina, como agregado miúdo, uma vez que se deve evitar areias grossas que dificultam a compactação. E, por fim, a água utilizada não deve possuir substâncias deletérias que possam prejudicar as reações de hidratação do cimento.

Destaca-se que os materiais foram adquiridos em uma loja de construção civil na cidade de São Luís – MA. Excetuando a água, que foi adquirida na própria Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

### 2.2 Obtenção e Processo de Reciclagem da matéria prima

Utilizou-se o papel branco no formato A4, utilizado em escritórios (que foi reaproveitado), no qual passou pelo processo de corte por meio de uma máquina convencional que o cortou em tiras estreitas. Em seguida, o papel foi triturado com ajuda de água em um liquidificador convencional até que virasse uma pasta homogênea. Após, a pasta foi peneirada, até que toda a água presente saísse para não afetar a relação água-cimento do concreto, e, devido possuir uma grande capacidade de absorção de água, foi deixada ao sol até que 100% de sua água fosse retirada, até se assemelhar a um agregado miúdo (figura 1).



### 2.3 Estudo I

Destaca-se que a produção do concreto neste estudo ocorreu com um traço experimental de 1:2:3 com relação água cimento de 0,6 (traço comum utilizado em outras pesquisas). A produção do concreto adicionado de papel se deu com a adição do papel triturado em quantidades de 5%, 10%, 15% e 20% do volume de cimento. Depois de produzidos os corpos de prova cilíndricos padrão e adicionados de papel, os resultados foram analisados quanto a resistência à compressão axial, absorção e consistência, e posteriormente o estudo II foi iniciado.

Destaca-se que o estudo I teve grande importância quanto ao comportamento da consistência do concreto. Depois de analisada essa propriedade, conclusões importantes foram feitas, como por exemplo a escolha de um novo fator água cimento no estudo II e III para que a desmoldagem ocorresse logo após a moldagem, sem que prejudicasse o formato da peça. Assim, a produção seria mais eficaz.

### 2.4 Estudo II

Neste segundo estudo, foram fabricados corpos de prova cilíndricos com concreto padrão e com concreto adicionado de papel (depois de ter passado pelo processo de reciclagem). Porém, a produção do concreto adicionado de papel ocorreu com a porcentagem que obteve resultados mais favoráveis no primeiro estudo, correspondente a 20%. Destaca-se que a produção do concreto neste estudo ocorreu com um traço experimental de 1:2:3 com relação água cimento de 0,45. A escolha da relação água cimento ocorreu com o objetivo de analisar o comportamento do concreto com papel em condições de umidade diferentes, além de que com a escolha deste fator, quando foi feita a produção das peças (estudo III), estas puderam ser desmoldados logo após a moldagem, aumentando assim, a rapidez na produção.

### 2.5 Estudo III

Neste terceiro estudo, foram fabricadas peças de concreto para pavimentação com concreto padrão e com concreto adicionado de papel em forma de pelotas para analisar suas características. Lembrando que a porcentagem de papel adicionada foi a mesma do estudo II (20%).

### 2.6 Atividades Laboratoriais

Esta é a etapa na qual foram feitos todos os ensaios laboratoriais necessários para a obtenção dos resultados finais desta pesquisa. Para que os materiais sejam devidamente misturados e dosados para alcançarem algum resultado, é necessário a realização dos ensaios de caracterização dos materiais. Entre os ensaios realizados nessa pesquisa, tem-se: ensaio da determinação da massa específica do agregado miúdo, do cimento, e do agregado graúdo, ensaio da umidade da areia e ensaio de granulometria do agregado miúdo e graúdo.

Depois de determinada a massa de cada material, eles foram pesados e separados

para posteriormente iniciar a mistura na betoneira. Lembrando que o procedimento foi realizado de acordo com a NBR 12655:2015 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Destaca-se que processo de moldagem dos corpos de prova cilíndricos acompanhou os procedimentos da NBR 5738:2015 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, bem como o processo de moldagem das peças de concreto (figura 2), já que estes não possuem uma norma que especifica o processo de fabricação.

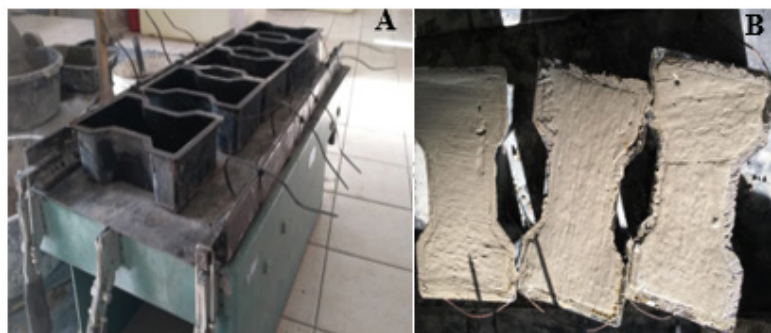


Figura 2 - Execução e moldagem das peças. (A): mesa vibratória e formas de plástico para as peças de concreto (B): concreto na forma. (Autor (2018)).

Posteriormente, houve a execução dos ensaios. O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com os procedimentos e equipamentos mencionados na NBR 5739:2015 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (figura 12) e na NBR 9781:2013 para blocos de concreto. Já para o ensaio de absorção, seguiu-se os procedimentos exigidos pelas seguintes normas: NBR 9778:2005 - Argamassa e concreto endurecidos e NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação. Especificação e métodos de ensaio. E por fim, para a consistência seguiu-se os procedimentos exigidos pela NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. O ensaio é realizado com concreto no estado fresco, logo, imediatamente após a fabricação do concreto na betoneira.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Estudo 1

#### 3.1.1 Resistência à compressão

Pelos resultados apresentados no gráfico 1 observa-se que com passar dos dias, a resistência do concreto aumenta e nesse caso, aumentou ainda mais devido a influência do papel. Analisando o gráfico, observa-se que aos 28 dias os resultados encontrados foram os maiores se comparados com os outros resultados. Com 20% estes valores foram os máximos encontrados, portanto para este percentual, a utilização do concreto seria ideal em relação à resistência.

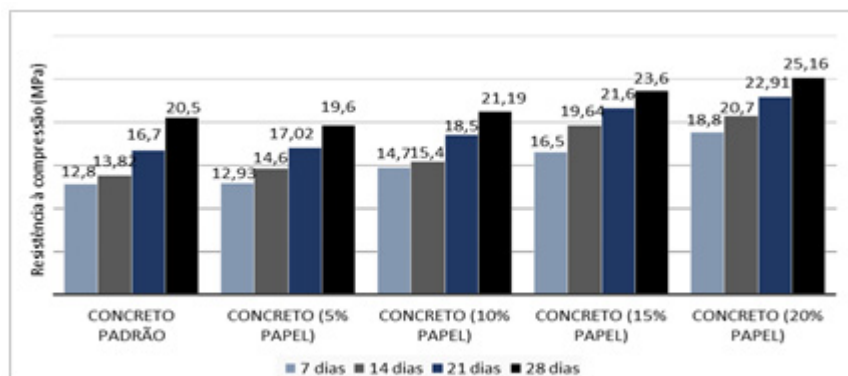


Gráfico 1 - Resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos do estudo I

(Autor (2018)).

Os dados confirmam que a adição do papel realmente foi essencial para o ganho de resistência à compressão do concreto. Em relação a adição do papel reciclado, possivelmente, as melhorias obtidas com o emprego dele para os traços de 5%, 10%, 15% e 20% estejam ligadas ao fato de que o material, à medida que foi passando pelo processo de reciclagem, teve sua dimensão diminuída. Logo, o papel foi adicionado em forma de pelotas de granulometria pequena e junto a essas pelotas, apresentou como resíduo, o seu pó, permitindo assim na hora da mistura um melhor empacotamento com as partículas de cimento e com o agregado graúdo, ocasionando um maior fechamento dos vazios, consequentemente uma maior compacidade à microestrutura da pasta cimentícia, aumentando assim a resistência mecânica.

Outro fato que pode ser relevante para explicar o aumento da resistência é que como o papel é um material absorvente, ao longo do tempo o concreto vai perdendo água para o meio. A medida que o concreto perde água, o papel vai alimentando as partículas de cimento com a água absorvida. Dessa forma, as partículas de cimentos são ainda mais hidratadas, favorecendo assim para o aumento da resistência.

### 3.1.2 Absorção

De acordo com o gráfico 2, observa-se que a medida que a quantidade de papel aumenta, a absorção aumenta. Assim, percebeu-se que o papel é um material bastante absorvente. Isso ocorre devido a sua composição. Ele possui como principais componentes as fibras celulósicas, que por sua vez, apresentam características hidrofílicas, ou seja, apresentam afinidade com as moléculas de água. Apesar de o aumento da absorção do concreto padrão ser diretamente associada à perda da resistência, na pesquisa em questão observou-se que a adição do papel reciclado não afetou na perda desta propriedade.

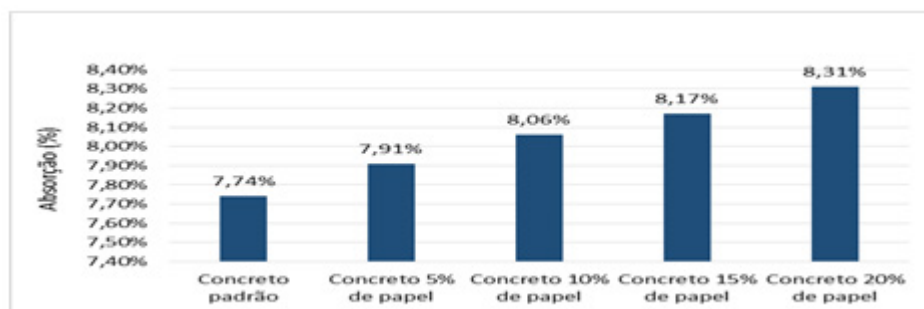


Gráfico 2 - Absorção para o estudo I (Autor (2018)).

### 3.1.3 Consistência

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios para todos os tipos de concreto produzidos neste estudo. Analisando a tabela é possível afirmar que a adição de papel resulta na diminuição do abatimento. A diminuição do abatimento causa perda de trabalhabilidade que ocorreu devido a presença das fibras celulósicas do papel. Estas fibras aumentam a aderência da mistura, contribuindo assim, para obter uma mistura com maior consistência e viscosidade.

Portanto, destaca-se ainda que o concreto no estado fresco de 20% ficou visualmente próximo, mas não semelhante ao concreto utilizado (concreto virado) para fabricação de blocos, o que torna o estudo ainda mais viável.

SLUMP TEST	
%	Slump (cm)
0	15
5	6
10	3,5
15	2,5
20	2

Tabela 1 - Slump Test para o estudo I (Autor (2018)).

## 3.2 Estudo 2

### 3.2.1 Resistência à compressão

No estudo 2 foram analisados apenas a resistência do concreto padrão com o concreto de 20% de papel em corpos de provas cilíndricos. Observando o gráfico 3 abaixo, verifica-se que a resistência aumentou com a adição do papel. Salienta-se que os valores foram maiores que os valores do estudo 1, pois a relação água cimento diminuiu.

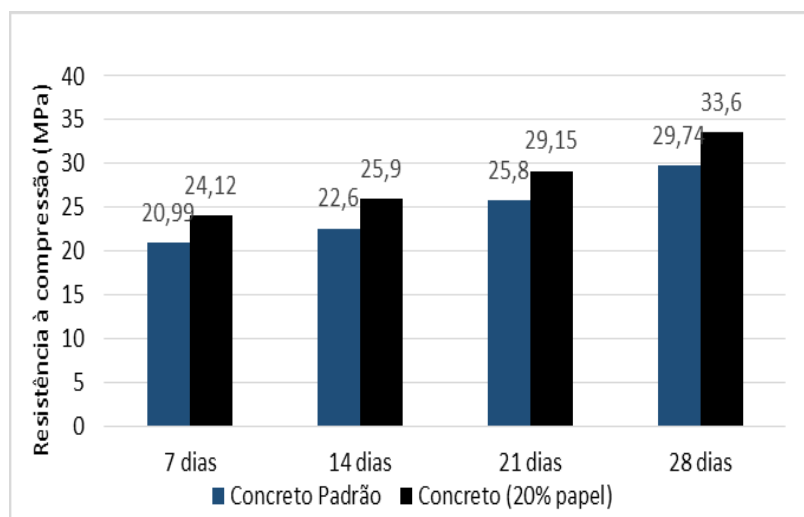


Gráfico 3 – Resistência à compressão para o estudo I (Autor (2018)).

### 3.2.2 Absorção

A análise dos resultados obtidos demonstra que o concreto padrão (sem adição do papel) apresentou uma absorção média de 5,35% aos 28 dias. Por outro lado, o concreto com adição de 20% de papel apresentou uma absorção de 6,40%. Sendo assim, houve uma diferença de apenas 1,05% de absorção entre os materiais analisados. Observa-se, portanto, que com a diminuição do fator  $a/c$  ocorreu a diminuição da porcentagem da absorção aos 28 dias se comparado com o fator  $a/c$  de 0,6, uma vez que este apresentou uma absorção de 8,31% aos 28 dias.

### 3.2.3 Consistência

Para o estudo II, o ensaio de abatimento de tronco de cone resultou em um abatimento próximo a 0 cm. Isso ocorreu devido a capacidade de absorção do papel e da aderência das fibras celulósicas. Como houve uma diminuição do fator  $a/c$  de 0,6 (estudo I) para 0,45 (estudo II), o Slump no concreto fresco de 20% diminuiu de 2 cm (estudo I) para 0 cm (estudo II). Apesar da perda da trabalhabilidade, o concreto fresco do estudo II foi o que mais se assemelhou com o concreto virado para a produção das peças de concreto para pavimentação.

## 3.3 Estudo 3

### 3.3.1 Resistência à compressão

Os resultados do ensaio de resistência à compressão axial do estudo III estão apresentados no gráfico 4. Apesar de uma pequena queda aos 7 dias, a resistência aumentou gradativamente com o passar do tempo. Aos 28 dias, por exemplo, a peça fabricada com papel atingiu 36,43 MPa, ultrapassando o limite mínimo de 35 MPa. Assim, esta peça é totalmente viável tecnicamente em relação a sua resistência para uso em locais com tráfego de carros e pedestres.



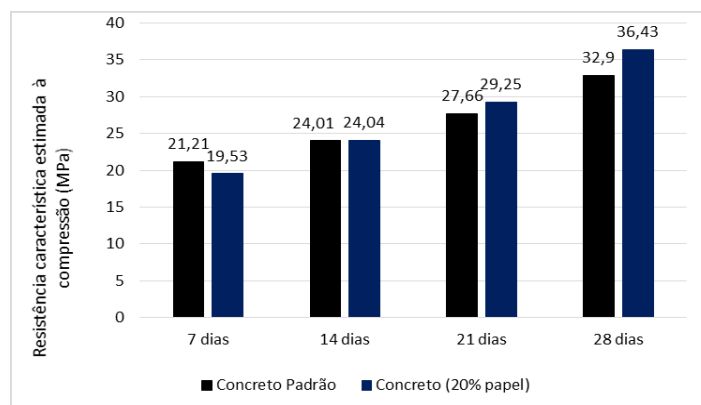


Gráfico 4 – Resistência à compressão para o estudo III (Autor (2018)).

### 3.3.2 Absorção

Os resultados demonstraram que apesar do aumento da absorção, esse aumento não foi significativo a ponto de reduzir a resistência, apresentando um valor de 3,8% no concreto padrão e 4,5% no concreto com adição de 20% de papel.

### 3.3.3 Consistência

Para o estudo III, o ensaio de abatimento de tronco de cone resultou em um abatimento próximo a 0 cm, semelhante ao estudo II. Isso ocorreu devido a capacidade de absorção do papel e a capacidade de promover uma maior aderência entre os materiais da mistura. Apesar da perda da trabalhabilidade, o concreto fresco do estudo II e III foi o que mais se assemelhou com o concreto virado para a produção das peças de concreto para pavimentação.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou analisar e avaliar a viabilidade técnica do concreto com adição de papel reciclado para peças de concreto para pavimentação, através do comportamento de algumas propriedades do material, como a resistência à compressão axial, a absorção e a consistência. A partir dos estudos elaborados, conclui-se que a adição do papel reciclado no concreto interferiu nos resultados das propriedades analisadas neste artigo.

Para a absorção, à medida que a porcentagem de papel aumentava, a absorção do concreto também aumentava. Apesar de ser um fator que geralmente contribui para redução da resistência, para a pesquisa em questão o aumento da absorção surtiu um efeito contrário. Por possuir uma maior absorção, ocorreu uma melhor aderência entre a pasta e os agregados, melhorando a compactação, permitindo assim o aumento da resistência.

Assim, de acordo com a NBR ABNT 9781:2013, a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não podendo ser aceito nenhum valor individual maior do que 7 %, o que ocorreu com a peça estudada no estudo III. Portanto, em relação a absorção os blocos estão dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Para a consistência do concreto, a adição de papel resulta na diminuição do abatimento.

Ao aplicar o concreto com 20% de papel reciclado em formas de peças para pavimentação e realizar o desmolde momentos depois da moldagem, o concreto se moldava de forma correta, sem escorregamentos. Dessa forma, a produção de blocos foi mais rápida, além do aumento da resistência. Portanto, apesar da perda da trabalhabilidade, o abatimento não interferiu significativamente na produção das peças.

Assim, os estudos apresentados provaram que a adição de papel reciclado em forma de pelotas é completamente viável para a produção de peças de concreto para pavimentação, uma vez que a resistência do bloco aos 28 dias de 36,43 MPa ficou dentro do limite estabelecido pela NBR 9781:2013, que é de 35 MPa. A absorção dos blocos e a análise dimensional também ficaram dentro dos limites estabelecidos e a consistência foi totalmente eficaz na produção do objeto de estudo.

Vale a pena destacar que a adição do papel, mesmo que em pequenas quantidades, alterou de forma positiva algumas das propriedades do concreto. Esta adição faz com que ocorra um ganho no volume de concreto, trazendo assim, mais economia para as obras civis e conseqüentemente, ainda tem grande importância no que tange à questão ambiental.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 9781. Peças de concreto para pavimentação -Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 67. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

BUSON M. A. **Desempenho e análise preliminar do desempenho técnico de componentes de terra com incorporação de fibras de papel kraft provenientes da reciclagem de sacos de cimento para vedação vertical**. Dissertação de Mestrado. 2009. Brasília.

DIAS R. A. **Avaliação da interferência da adição de fibras de papel kraft em argamassas**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2017. Brasília.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Estatísticas da Indústria Brasileira de árvores**. São Paulo, 2018. Disponível em: < <http://iba.org/pt/> >. Acesso em: 30 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO - **IBRACON** (2009). Disponível em: < <http://www.site.ibracon.org.br/> >. Acesso em: 30 jan. 2018.

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

Data de aceite: 23/06/2020  
DATA DE SUBMISSÃO: 05/03/2020

### **Rayra Assunção Barbosa Magalhães**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/1514099772615364>

### **Alberto Barbosa Maia**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/9669727155297412>

### **Antônio Sérgio Condurú Pinto**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/1662817759085049>

### **Israel Souza Carmona**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/2703296481844798>

### **Izanara Ferreira da Costa**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/4130374916522269>

### **Luiz Alberto Xavier Arraes**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/9877263159652781>

### **Luzilene Souza Silva**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/7451809904904358>

### **Marcelo De Souza Picanço**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/4535052395600357>

### **Marlos Henrique Pires Nogueira**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/6197868272271781>

### **Mike da Silva Pereira**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/3754043994666369>

### **Núbia Jane da Silva Batista**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/0531640754226438>

### **Pedro Henrique Rodrigues de Souza**

Universidade da Amazônia - Unama

Belém - Pará

<http://lattes.cnpq.br/8042595512251849>

**RESUMO:** O trabalho tem por objetivo realizar uma análise comparativa da resistência à aderência dos revestimentos aplicados através de dois métodos diferentes de execução de revestimento cerâmico externo, em um deles a argamassa colante é produzida em obra, chamado de método

tradicional e também conhecido na região como “úmido sobre úmido”, enquanto o outro utiliza argamassa industrializada ACIII. Para tanto, foi realizado um estudo de caso, em doze obras da região metropolitana de Belém-PA, das quais cinco utilizaram o método “úmido sobre úmido”, seis optaram pela argamassa industrializada ACIII e uma delas fez uso de ambos os sistemas de assentamento cerâmico. Com base nos dados obtidos, foram identificadas obras com a maior eficiência no parâmetro de resistência a aderência e também foram apontadas algumas patologias comuns dos revestimentos cerâmicos. Os resultados apontaram que as obras que apresentaram algum tipo de patologia de descolamento foram justamente aquelas que optaram pela argamassa industrializada ACIII. Estima-se que os parâmetros de controle interno na fabricação da argamassa colante “úmido sobre úmido” proporcionou resultados de maior confiabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** aderência, desempenho, sistema de revestimento.

## ANALYSIS OF THE RESISTANCE ADHESION OF EXTERNAL COATING EXTERNAL METHODS: HUMIDITY ON HUMID AND CONVENTIONAL WITH MOARS TYPE ACIII

**ABSTRACT:** The objective of this work is to perform a comparative analysis of the adhesion strength of the coatings applied through two different methods of external ceramic coating, in one of which the adhesive mortar is produced on site, called the traditional method and also known in the region As “wet over wet”, while the other uses industrialized ACIII mortar. A case study was carried out in twelve works in the metropolitan area of Belém-PA, five of them using the “wet-on-wet” method, six of them opted for the ACIII processed mortar, and one of them made use of both ceramic- Mico. Based on the data obtained, works with the highest efficiency in the adhesion resistance parameter were identified and some common pathologies of the ceramic coatings were also pointed out. The results pointed out that the works that presented some type of detachment pathology were precisely those that opted for the industrialized mortar ACIII. It is estimated that the internal control parameters in the manufacturing of the wet-on-wet adhesive mortar provided higher reliability results.

**KEYWORDS:** Adhesion, performance, coating system.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os revestimentos de argamassa são amplamente utilizados no mercado brasileiro. Segundo Paravisi (2008), o revestimento de argamassa é o sistema mais utilizado no país. Dados da pesquisa de nível tecnológico, realizada pela Comunidade da Construção – Sistemas a base de concreto, apontam para o decréscimo no uso da argamassa preparada em obra e um aumento do uso da argamassa industrializada em 2008, ano da pesquisa, quando comparado com o ano de 2006. Fatores como rapidez de execução e investimento pela indústria cimenteira foram responsáveis por disseminar o uso de argamassas industrializadas nos anos 90. Entende-se por argamassa preparada em obra aquela cujos materiais constituintes são medidos em volume ou massa e misturados na própria obra, de acordo com a NBR 13529.

Um dos principais fatores que interferem no desempenho satisfatório da argamassa

é a aderência, que segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998), pode ser definida como “a propriedade de adesão das argamassas influenciada pela condição superficial do substrato, pelos materiais componentes da argamassa, pela capacidade de retenção de água e pela espessura do revestimento”.

Ainda segundo estes autores, a aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução do revestimento, da natureza e características da base e da sua limpeza superficial. A resistência de aderência à tração do revestimento pode ser medida através do ensaio de arrancamento por tração.

Carasek (2007) informa que a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico devido, basicamente, a penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação. Outra parcela menos significativa que contribui para a aderência das argamassas aos substratos são as ligações secundárias do tipo Van der Waals. Quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e pelas cavidades do substrato. No interior dos poros ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e transcorrido algum tempo, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

A maioria das argamassas tem um pouco de adesão química e mecânica, no entanto, para cada produto, deve prevalecer um dos mecanismos. Sendo assim, em argamassas à base de cimento, predomina a adesão mecânica; e a adesão química, através de ligações químicas, prevalece em adesivos à base de resinas. Esses parâmetros são importantes para a definição do tipo de argamassa a ser utilizada, dependendo do tipo de placa, do substrato e das movimentações previstas para o sistema (CARASEK, 2007).

## 2 | ASPECTOS TEÓRICOS

Neste Trabalho foram pesquisados os principais métodos executivos utilizados para o assentamento do sistema de revestimento externo de fachada. Utilizou-se dois tipos de procedimentos, tanto o convencional, com o uso de argamassa industrializada ACIII, quanto o método úmido sobre úmido, que utiliza argamassa produzida em obra. As principais diferenças entre os métodos estudados estão esboçados nas tabelas 1 e 2.

Método executivo utilizado	Sequência de execução de serviços							
	1° Subida	1° Descida	2° Subida	2° descida	3° Subida	3° descida	4° Subida	4° descida
Convencional	Fixação da alv./Preparo da base e Mapeamento	Lavagem/Insperção da base e Chapisco	Taliscamento e 1º cheia	emboço e reforço de juntas	Tratamento das juntas	Assentamento das placas ceramicas	Tratamento dos frisos	Lavagem e limpeza final

Tabela 1 - Sequência de Serviços Executados Pelas Obras que Utilizam o método convencional com argamassa industrializada ACIII.

Fonte: Própria.

Método executivo utilizado	Sequência de execução de serviços			
	1° Subida	1° Descida	2° Subida	2° descida
Úmido sobre úmido	Limpeza/Lavagem /Apicoamento/Telamento/Chapisco	Taliscamento/ Frisos/Emboço e Revest. Cerâmico	Rejuntamento e tratamento das juntas	Lavagem

Tabela 2 - Sequência de Serviços Executados Pelas Obras que Utilizam o método Úmido sobre úmido.

Fonte: Própria.

Dentre as 12 obras estudadas, observou-se que, havia diferenças no procedimento executivo de revestimento externo dentro de um mesmo método, como por exemplo, utilização de adição de sílica ativa em sua argamassa de assentamento produzida em obra. Os efeitos da sílica ativa, quando adicionada em concretos e argamassas, são observados em função de suas propriedades física e química.

O efeito físico é devido à forma esférica das partículas e sua extrema finura (em torno de 100 vezes menor que o concreto), o que acarreta na densificação da pasta de cimento atuando como microfíler. O efeito químico deve-se ao alto teor de sílica na forma amorfa, com um índice de atividade pozolânica com o cimento Portland de cerca de 210% (WOLSIEFER, 1991). O hidróxido de cálcio, formado na hidratação do cimento, em presença da sílica ativa reage formando silicato de cálcio hidratado semelhante ao formado na reação primária, que é o maior responsável pela resistência da pasta endurecida.

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para se definir os parâmetros de qualidade dos procedimentos executivos em questão foram realizadas pesquisas nas obras para saber se havia sido registrado algum tipo de patologia decorrente do método de assentamento de revestimento externo utilizado, uma

vez que, a qualidade de um revestimento está ligada a durabilidade do mesmo. Quanto ao comparativo de Custo, foram realizados testes em duas Obras, para que se pudesse obter a quantidade de materiais necessários para a produção de argamassa colante produzida em obra para se realizar o revestimento de 1m<sup>2</sup>, e quanto de argamassa industrializada ACIII seria preciso para revestir a mesma área, com base nos dados obtidos foi possível estimar o custo de argamassa de assentamento entre os dois métodos por m<sup>2</sup>. Para obtenção dos resultados de eficiência da argamassa e de resistências de aderência à tração, foram observados os resultados dos testes de arrancamento realizados nas obras.

### 3.1 Descrição do teste para obtenção de custo por m<sup>2</sup> - Primeiro teste

No dia 26 de julho de 2014, foi realizado um teste no pavimento térreo de um edifício, onde dois pilares foram demarcados em 1m<sup>2</sup> cada um e posteriormente, foi aplicado o emboço e sarrafeado (Figura 1 a). Após 4 horas de executado o emboço, foi assentado o revestimento cerâmico em um dos pilares (Figura 1 g) com a aplicação de uma argamassa produzida no local (Figura 1 c, d, e, f), cuja composição é descrita na tabela 3. O método utilizado neste pilar foi o úmido sobre úmido. A areia utilizada na argamassa foi peneirada (Figura 1 b) para se alcançar uma granulometria mais uniforme.

Nata de assentamento - Traço 1:1		
Descrição dos Materiais	Quantidade	Und.
Cimento	1,5	Kg
Areia	1,5	Kg
Aditivo plastificante	0,4	L
Água	2	L

Tabela 3 - Materiais empregados na nata de assentamento.

Fonte: Própria.

O outro pilar recebeu o assentamento do revestimento 72 horas após o emboço, já que a argamassa utilizada neste caso foi a industrializada ACIII, e o mesmo foi executado pelo método convencional.



Figura 1- Esquema do teste úmido sobre úmido.

Fonte: Própria.

Após 28 dias foram realizados testes de arrancamento nas duas peças estruturais, onde foram obtidos os resultados mostrados no relatório tecnológico, o qual é demonstrado nas tabelas 4 e 5.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA - ARGAMASSA COLANTE INDUSTRIAL AC III

Corpo-de-prova	Carga (Kgf)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					Espessura do revestimento (mm)
				AS	AP	CA	S	PC	
1	261,0	2500	1,04		X				
2		2500			X				
3	246,0	2500	0,98		X				
4	284,0	2500	1,14		X				
5	178,0	2500	0,71		X				
6	304,0	2500	1,22		X				
7	215,0	2500	0,86		X				
MÉDIA	-	-	0,99						

(A) Ruptura na interface argamassa e substrato (AS);  
 (B) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP);  
 (C) Ruptura da camada da argamassa colante (CA);  
 (D) Ruptura do substrato (S);  
 (E) Ruptura da placa cerâmica (PC);

Tabela 4 - Resultados da Resistência da Argamassa Industrializada ACIII

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA - ARGAMASSA DE CIMENTO:AREIA (ÚMIDO SOBRE ÚMIDO)

Corpo-de-prova	Carga (Kgf)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					Espessura do revestimento (mm)
				AS	AP	CA	S	PC	
1	136,0	2500	0,54		X				
2	222,0	2500	0,89		X				
3	198,0	2500	0,79		X				
4	202,0	2500	0,81		X				
5	198,0	2500	0,79		X				
6	204,0	2500	0,82		X				
7	201,0	2500	0,80		X				
MÉDIA	-	-	0,78						

(A) Ruptura na interface argamassa e substrato (AS);  
 (B) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP);  
 (C) Ruptura da camada da argamassa colante (CA);  
 (D) Ruptura do substrato (S);  
 (E) Ruptura da placa cerâmica (PC);

Tabela 5 - Resultados da Resistência da Argamassa Produzida em Obra.

Fonte: Relatório Tecnológico.

O resultado de ambos os procedimentos foi satisfatório, contudo, no caso de emprego de pastilha de porcelana, cuja absorção é de 0%, recomenda-se a argamassa colante industrial ou melhorias na argamassa do procedimento úmido sobre úmido. Em relação ao custo de material por m<sup>2</sup>, a tabela 6 demonstra o consumo de matérias e valor gasto para a execução dos dois tipos de métodos em questão.



Área (1m <sup>2</sup> )	Material	Consumo	Custo unitário	Custo	Custo Total (m <sup>2</sup> )
Argamassa dosada em obra	Cimento (Kg)	1,5	R\$ 0,60	R\$ 0,90	R\$ 2,34
	Areia (Kg)	1,5	R\$ 0,05	R\$ 0,08	
	Aditivo plastificante (L)	0,4	R\$ 3,40	R\$ 1,36	
Argamassa Industrializada	Argamassa ACIII (Kg)	4	R\$ 12,48	R\$ 12,48	R\$ 12,48

Tabela 6 - Custo por m<sup>2</sup> de Nata de Assentamento.

Fonte: Própria.

### 3.2 Descrição do teste para obtenção de custo por m<sup>2</sup> - Segundo teste

O mesmo procedimento descrito no 1º teste foi realizado no 2º, com apenas uma peculiaridade, este foi realizado em uma obra, a qual utilizava sílica ativa em substituição ao aditivo plastificante para fabricação da argamassa de assentamento produzida em obra (Tabela 7).

Nata de assentamento - Traço 1 : 0,57		
Descrições dos Materiais	Quantidade	Und
Cimento	2,00	Kg
Areia	1,15	
Aditivo (sílica ativa)	0,14	L
Água	2,00	L

Tabela 7 -- Materiais empregados na argamassa Produzida em obra.

Fonte: Própria.

Após 28 dias foram realizados testes de arrancamento nas duas peças estruturais, onde foram obtidos os resultados mostrados no relatório tecnológico, o qual é demonstrado nas tabelas 8 e 9.

**RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA - ARGAMASSA COLANTE INDUSTRIAL AC III**

Corpo-de-prova	Carga (Kgf)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					Espessura do revestimento (mm)
				AS	AP	CA	S	PC	
1	261,0	2500	1,04		X				
2		2500			X				
3	246,0	2500	0,98		X				
4	284,0	2500	1,14		X				
5	178,0	2500	0,71		X				
6	304,0	2500	1,22		X				
7	215,0	2500	0,86		X				
MÉDIA	-	-	0,99						

- (A) Ruptura na interface argamassa e substrato (AS);
- (B) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP);
- (C) Ruptura da camada da argamassa colante (CA);
- (D) Ruptura do substrato (S);
- (E) Ruptura da placa cerâmica (PC);

Tabela 8 - Resultados da Resistência da Argamassa Industrializada ACIII

**RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA**

Corpo-de-prova	Carga (Kgf)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura					Espessura do revestimento (mm)
				AS	AP	CA	S	PC	
1	511,0	2500	2,04		X				
2	410,0	2500	1,64		X				
3	355,0	2500	1,42		X				
4	394,0	2500	1,58		X				
5	422,0	2500	1,69		X				
MÉDIA	-	-	1,67						

- (A) Ruptura na interface argamassa e substrato (AS);
- (B) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP);
- (C) Ruptura da camada da argamassa colante (CA);
- (D) Ruptura do substrato (S);
- (E) Ruptura da placa cerâmica (PC);

Tabela 9 - Resultados da Resistência da Argamassa feita em obra com adição de sílica

Fonte: Relatório Tecnológico.

A Resistência média de aderência à tração entre a argamassa colante produzida na obra e a placa de porcelana cerâmica foi de 1,70 Mpa. De acordo com os critérios da NBR 14083, esta argamassa colante produzida na obra, em condições de execução de obra, seria classificada com ACIII. Os resultados estão extremamente satisfatórios.

## 4 | RESULTADOS

Entre as 12 obras participantes da pesquisa foram diagnosticadas patologias em 2 delas, sendo que as duas utilizaram o método convencional com argamassa colante ACIII e ambas pertencem à mesma construtora. As patologias encontradas tratam-se de deslocamento da cerâmica. Observou-se a partir do primeiro teste realizado que o custo para a execução do procedimento de revestimento utilizando ACIII, equivale a cinco vezes o custo para a utilização do método úmido sobre úmido. Lembrando que este teste levou em consideração apenas o material empregado na produção das argamassas colantes e o traço utilizado na argamassa de assentamento produzida em obra foi de 1:1 com adição de aditivo plastificante e água na proporção de (1:5) quando o recomendado pelo procedimento úmido sobre úmido é de (1:2) de aditivo e água. Por este motivo a resistência média de aderência à tração observada no resultado do teste de arrancamento foi de 0,76, sendo que nas obras que utilizaram o traço recomendado pelo procedimento úmido sobre úmido alcançaram uma resistência maior.

Já no segundo teste, realizado para a avaliação do custo onde a argamassa utilizada é produzida em obra com traço de (1:0,57) cimento e areia, com adição de sílica na proporção de (1:0,07) de água, foram obtidos resultados que mostram uma diferença ainda maior em relação ao custo da argamassa produzida em obra para a argamassa industrializada, sendo que esta é 88% mais cara. A tabela 10 traz uma análise comparativa de custos entre a argamassa industrializada colante ACIII e a argamassa produzida em obra.

Área (1m <sup>2</sup> )	Material	Consumo	Custo unitário	Custo	Custo Total (m <sup>2</sup> )
Argamassa dosada em obra	Cimento (Kg)	1,5	R\$ 0,60	R\$ 0,90	R\$ 4,38
	Areia (Kg)	1,5	R\$ 0,05	R\$ 0,08	
	Aditivo plastificante (L)	1,0	R\$ 3,40	R\$ 3,40	
Argamassa Industrializada	Argamassa ACIII (Kg)	4	R\$ 12,48	R\$ 12,48	R\$ 12,48

Tabela 10 - Custo com argamassa colante por m<sup>2</sup> com adição de Bianco na proporção de (1:2) Aditivo e água.

Fonte: Própria.

Por fim, foram verificados, conforme mostra a tabela 11, os resultados obtidos a partir do teste de arrancamento realizado nas obras analisando o método executivo, o tipo de argamassa e o tipo de pastilha.

Identificação	Método executivo de fachada	Média dos resultados dos testes de arrancamento (Mpa)
Edifício 1	Úmido sobre úmido - argamassa produzida em obra	1,36
Edifício 2		1,00
Edifício 3		0,98
Edifício 4		0,90
Edifício 5		1,00
Edifício 6	Convencional ACIII/Úmido sobre Úmido	0,76
Edifício 7	Convencional - argamassa ACIII	0,98
Edifício 8		0,70
Edifício 9		0,53
Edifício 10		0,49
Edifício 11		0,29
Edifício 12		0,50

Tabela 11 - Análise dos resultados dos testes de arrancamento.

## 5 | CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado com a participação de 12 Obras localizadas na região metropolitana de Belém – PA, foi possível comparar os procedimentos executivos de fachada, o método úmido sobre úmido, com argamassa produzida em obra e o método convencional com argamassa industrializada ACIII. Com base nos dados analisados, verificou-se a eficiência de ambos os métodos, desde que executados dentro dos quesitos estabelecidos pela NBR 13755/1996. Em relação ao custo, verificou-se uma grande diferença entre as argamassas produzidas em obra e a argamassa industrializada, a argamassa com a adição de aditivo plastificante tem um custo de R\$ 4,38/m<sup>2</sup>, enquanto a argamassa com adição de sílica custa R\$ 1,47/m<sup>2</sup>, em contrapartida a argamassa industrializada supera o preço das duas chegando ao valor de R\$ 12,48/m<sup>2</sup>. No quesito qualidade observou-se que entre as doze obras pesquisadas, apenas duas, as quais utilizam o método convencional com argamassa industrializada ACIII, apresentaram patologias, sendo estas apresentadas sob a forma mais grave a qual se refere ao destacamento das placas cerâmicas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA – ABC. Informações Técnicas 2012. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br/site/index.php?area=4>>. Acesso em: 22 abril. 2016.

\_\_\_\_\_. NBR 13529: Revestimentos de paredes e tetos com argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. NBR 13530: Revestimentos de paredes e tetos com argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BARROS, Mercia Maria S. B. de; SABBATINI, Fernando H. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. Textos técnicos. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C3%A9cnicos/revestimentos%20cer%C3%A2micos/apostila%20revestimentos%20cer%C3%A2micos.PDF>>. Acesso em: 7 abril. 2016.

CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.

FRANCO, Ana Lúcia C. **Revestimentos cerâmicos de fachada: composição, patologias e técnicas de aplicação**. 2008. 80f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Ana%20L%FAcia%20Costa%20Franco.pdf>>. Acesso em: 11 abril. 2016.

FIORITO, Antonio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 2005.

JUNGINGER, Max. Apostila: **Revestimentos cerâmicos aderidos: aspectos técnicos no projeto de fachadas**. CONPAR. Consultoria em patologias e recuperação de edifícios. Disponível em: <<http://www.intere.com.br/teste/compar/Publicacoes/1-Rev-Ceramicos-aderidos.pdf>>. Acesso em: 23 abril. 2016.

MACIEL, Luciana Leone. BARROS, Mércia M. S. Bottura. SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações**

**para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos.**  
São Paulo, 1998.

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios.** 1999. 457p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.  
CAMPANTE, Edmilson F; BAÍA, Luciana L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** Edição I.  
São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

## ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE DRENAGEM URBANA

Data de aceite: 23/06/2020

### **Augusto César Igawa de Albuquerque**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<https://orcid.org/0000-0002-3663-5839>

### **Marcelo Teixeira Damasceno Melo**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<https://orcid.org/0000-0002-4379-271X>

### **Antonio Jorge Silva Araújo Junior**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/0978009563184327>

<https://orcid.org/0000-0003-2919-3240>

### **Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil – PPGEC

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2451471006212065>

<https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>

**RESUMO:** O surgimento de sistemas alternativos de drenagem que tem como princípio a retenção e/ou infiltração vem possibilitando melhorias na gestão urbana, colaborando para a retenção das águas no local de contato na superfície. Assim, o objetivo deste estudo foi propor um sistema de pavimentação drenante, amortecendo a contribuição de escoamento superficial. A metodologia se deu por etapas para construir o sistema piloto, a saber: cálculos para dimensionamento e construção da estrutura do sistema de pavimento drenante, dimensionamento das tubulações e camadas de recobrimento da tubulação, dimensionamento da camada reservatório dimensionamento da chuva de projeto, desenvolvimento da camada assentamento e o pavimento drenante. O tempo de retorno do sistema piloto foi superior ao dimensionado para 10 anos, sendo assim o sistema foi considerado adequado, podendo ser aplicado de forma satisfatória. Avaliou-se como excelente também a capacidade máxima do sistema proposto de acordo com parâmetros da American Association of State Highway and Transportation Officials, mesmo considerando que o sistema com tubulação de 150mm esvaziou em tempo menor que o de 200mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentação

## STUDY OF DRAINAGE FLOORING AS AN ALTERNATIVE URBAN DRAINAGE SYSTEM

**ABSTRACT:** The emergence of alternative drainage systems based on the principle of retention and/or infiltration has enabled improvements in urban management, contributing to the retention of water in the place of contact on the surface. Thus, the objective of this study was to propose a draining paving system, dampening the contribution of runoff. The methodology was carried out in stages to build the pilot system: calculations for dimensioning and construction of the draining pavement system structure, dimensioning of the pipes and covering layers of the pipe, dimensioning of the reservoir layer dimensioning of the design rain, development of the laying layer and draining pavement. The return time of the pilot system was longer than the dimension for 10 years, so the system was considered adequate and can be applied satisfactorily. The maximum capacity of the proposed system was also evaluated as excellent, according to the parameters of the American Association of State Highway and Transportation Officials, even considering that the system with 150mm piping emptied in less time than the 200mm.

**KEYWORDS:** Permeable Paving; Pilot System; Runoff.

### 1 | INTRODUÇÃO

A drenagem urbana, antigamente, tinha como objetivo a remoção das águas da chuva através de sistemas simplificados e soluções imediatas (FARIA; QUINTO JUNIOR, 2017). Já os sistemas de drenagem pluviais atualmente são projetados baseados no escoamento rápido para transferir o ponto de alagamento. Entretanto, houve o surgimento de sistemas alternativos de drenagem que trabalham com de retenção e/ou infiltração, possibilitando melhoria no sistema.

Com o surgimento dessas novas tecnologias e a melhoria do sistema de drenagem clássico, considerando os vários efeitos causados e diversos arranjos de projeto possíveis, a escolha do sistema ideal a ser projetado tornou-se uma tarefa complexa, dificultando ao projetista a escolha dele, pois deveriam ser considerados vários critérios, não só de eficiência hidráulica como também no setor econômico, ambiental e social (BIRGANI; YAZDANDOOST, 2018).

Apesar dessas vantagens, as técnicas alternativas de drenagem urbana são ainda poucos utilizadas, principalmente em países em desenvolvimento. Desde os anos 90, segundo Azzout et al. (1994), a utilização dessas novidades vem sendo freada, pois seu comportamento ao longo do tempo ainda é desconhecido, e não são inteiramente dominadas as variáveis de projeto, execução e manutenção; sendo que essas podem modificar de maneira importante a ordenação de um local.

Tendo em vista que existem vantagens e desvantagens entre o sistema tradicional e o alternativo, este estudo pode mostrar, através do experimento, o quanto um sistema poderá complementar o outro, ou mesmo substituir. Diante disto, métodos de drenagem que

visem a infiltração das águas no solo poderão contribuir para a redução considerável nos escoamentos superficiais, amortecendo os picos de vazões durante os eventos de chuvas intensas. Deve-se adotar métodos não convencionais de drenagem que busquem a melhora do escoamento (BEUX; OTTONI, 2015).

Vários são os benefícios ambientais da pavimentação permeável drenante, como a redução dos coeficientes de Runoff (coeficiente utilizado em equações de dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem urbana), recarga de lençóis freáticos, auxilia na filtragem de alguns poluentes e reduz poças d'água, aumentando a segurança e o conforto de tráfego (MARUYAMA; FRANCO, 2016).

A drenagem é uma forma de mudança do espaço, melhoria na paisagem e qualidade de vida para uma determinada região. A cidade de Belém, utilizada como referência para o estudo, tem um regime pluviométrico intenso, acarretando alagamentos e transtornos para população de modo geral, e esses problemas podem ser minimizados de diversas formas. Assim, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema piloto alternativo de drenagem, onde foram analisados a permeabilidade de sistema de pavimento drenante, buscando minimizar as diversas problemáticas que eventos extremos de chuva podem causar.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Dimensionamento e Montagem da Estrutura do Sistema Piloto

Foram fabricados 02 cubos de 1 metro de largura por 1 metro de comprimento por 1 metro de altura, formando separadamente dois cubos de 1 m<sup>3</sup> (Figura 1). Foram utilizadas cantoneiras de ferro de ½ polegada e barras chatas também de ½ polegada, soldadas com solda E6030 de 2,5mm. Foi inserido reforço nos cantos de 20 cm em cada lado. Após esse processo foi realizado o fechamento, sendo as faces frontal e traseira de material acrílico transparente de 6 mm e as laterais e o fundo de madeirite plastificado de 10 mm. Todas as faces medindo 1mx1m. Os cantos e os encontros das faces foram vedados com silicone tipo Pu 40 de 280g.





Figura 1 – estrutura metálica do sistema piloto com o madeirite  
e acrílico

Fonte: Autores (2020)

## 2.2 Montagem e Recobrimento do Sistema Drenante

### 2.2.1 Confeção da tubulação

Foram utilizadas duas tubulações PVC de diâmetros diferentes com comprimento de 1,10 m, sendo que na tubulação de 150 mm foram feitos 60 furos com diâmetros de 10 mm espaçados longitudinalmente a cada 9 cm e transversalmente a cada 8 cm. No tubo de 200 mm foram feitos 70 furos no mesmo diâmetro com espaçamentos no sentido transversal e longitudinal que foi de 9 cm. Esses espaçamentos foram distribuídos no comprimento de 1 metro deixando 10 cm para fora do sistema para coleta do volume de água drenado. Cada tubo totalizou uma área de coleta equivalente a 4.712 mm<sup>2</sup> no sistema de 150 mm e 5.498mm<sup>2</sup> no de 200mm, em seguida colocou-se os tubos nos cubos.

Após a montagem da caixa e da tubulação iniciou-se o processo de preenchimento das camadas do sistema. Entretanto, antes do preenchimento da camada de recobrimento, os tubos foram envolvidos com uma manta geotêxtil para evitar que os resíduos finos não entrassem nos orifícios dos tubos evitando a perda de material no sistema feito, também foi realizada a vedação entre o tubo e o acrílico na parte posterior do cubo com CAP para diâmetros de 150mm e 200mm.

### 2.2.2 Recobrimento da tubulação

Para recobrir a tubulação e protegê-la de impactos, foi utilizado 0,225m<sup>3</sup> de agregado miúdo para o sistema com tubulação de 150 mm e 0,30m<sup>3</sup> para o de 200mm, como exibido na Figura 2. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15645 (2008) para execução de tubulação de drenagem a cobertura do reaterro deve ter no mínimo de 60 cm a cima da geratriz superior do tubo e/ou aduela para uma tubulação de 400 mm. No caso

desse experimento foi feita a relação (Equações 1 e 2) entre o diâmetro do tubo e altura da camada de cobertura, o experimento tem dois diâmetros de 150 mm e 200 mm.

$$X = \frac{60\text{cm} \times 150\text{mm}}{400\text{mm}} = 22,5 \text{ cm} \quad (1)$$

$$X = \frac{60\text{cm} \times 200\text{mm}}{400\text{mm}} = 30 \text{ cm} \quad (2)$$



Figura 2 – Material para recobrimento da tubulação com agregado miúdo

Fonte: Autores (2020)

### *2.2.3 Assentamento da camada do pavimento permeável*

A camada de assentamento do pavimento foi constituída de agregado miúdo, sendo compactada em altura de 5 cm, conforme institui a NBR 15645 (2008). O recobrimento com agregado miúdo acima da geratriz superior das duas tubulações (22,5 cm e 30 cm) não apresentou alteração de grande representatividade no sistema, atendendo a sua funcionalidade de proteger as tubulações contra esmagamentos. A altura da camada de reservatório foi de 24 cm, porém foi adotado 30 cm em razão de margem de segurança. Calculado e adotado o mesmo valor para os dois sistemas, foi colocada metade e compactada levemente com soquete manual, sendo inserido o restante após.

## **2.3 Construção Da Pavimentação Drenante**

Utilizou-se para confecção de 50 blocos com dimensões de Comprimento (C) 20 cm, Largura (L) 10 cm, definidos a partir do estudo de Silva (2012). Já a Altura (H) de 8cm, foi definida a partir da NBR 16416 (2015), que estabelece requisitos e procedimentos para pavimentos permeáveis de concreto, adotou-se a placa de concreto permeável para tráfego leve. Utilizou-se o traço de 36kg de Cimento Portland Pozolânico CP IV-32 RS, 100 kg de agregado graúdo (seixo) e 12 litros de água.

Após mistura em betoneira, o concreto homogêneo foi colocado em formas de paralelepípedo. O traço de cimento/agregado graúdo foi de 1:3 e a relação água/cimento de 0,33. O bloco é a camada final do sistema drenante (Figura 3), inserido acima da camada de assentamento. O corpo de prova foi submetido a teste à compressão simples para definir peso suportado, sendo comparado após o teste com o estabelecido na NBR citada acima.



Figura 3 – Peças de concreto final de pavimentação drenante

Fonte: Autores (2020)

Para avaliar a capacidade máxima dos sistemas, foi inserida uma vazão de 0,10 L/s durante duas horas. Os sistemas completos estão exibidos na Figura 4.



Figura 4 – Sistema completo para as tubulações de 150mm e 200mm

Fonte: Autores (2020)

## 2.4 Dimensionamento da Chuva de Projeto e Camada Reservatório.

Para a chuva de projeto foi utilizada a fórmula do estudo de Souza et al. (2012) proposta para a cidade de Belém-PA, onde o resultado obtido foi de 55,2 mm/hora. Simulou-se a chuva manualmente com o auxílio de uma mangueira, distribuindo a água de forma uniforme nos sistemas.

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c} \quad (3)$$

Onde: I= intensidade de precipitação (mm/h); TR= tempo de retorno (10 anos); t= tempo de duração da chuva (60 min); K, a, b, c= coeficientes ajustados para chuvas intensas para Belém, onde K= 960,5846, a= 0,0954, b= 9,7993, c= 0,7245.

A camada do reservatório foi constituída de agregado graúdo (seixo) retido nas peneiras 9,5 e 19mm. Feito o preenchimento da camada até sua altura total. O cálculo do dimensionamento foi o seguinte:

$$H = \frac{D}{N} \times (R \times I - Q) \quad (4)$$

Onde: H= altura da camada de reservatório; D= duração da chuva em horas (adotou-se 01 hora); N= porosidade do material agregado graúdo (seixo); R=  $A_p/A_b$ ;  $A_p$ = área impermeável de contribuição;  $A_b$ = área do pavimento permeável em si; I= intensidade de precipitação (0,05522 m/hora); Q= condutividade hidráulica do solo (0,00417m/hora).

A área impermeável de 2m<sup>2</sup> foi estabelecida com bases em 1m<sup>2</sup> de cada lado, simulando uma calçada de um condomínio horizontal, por exemplo. O valor de intensidade de precipitação foi encontrado anteriormente no dimensionamento da chuva de projeto, definido pelo valor de 0,05522 m/hora. Para a duração de chuva, adotou-se o valor de 1 hora, de acordo com a NBR 16416 (2015). A porosidade considerada de 0,45 foi estabelecida a partir da Equação 5 a seguir, baseados na literatura de Suzuki, Azevedo e Kabbach Júnior (2013):

$$N = \frac{V_v}{V_t} \quad (5)$$

Onde: N= porosidade do material;  $V_v$ = volume de vazios, ar e água;  $V_t$ = volume total.

Acima da camada de reservatório foi inserida uma manta geotêxtil, com a finalidade de impedir que a camada de agregado miúdo de assentamento se misturasse a de reservatório.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Ensaios de Teste à Compressão do Pavimento Drenante

O corpo de prova da pavimentação drenante quando colocados em teste à compressão em prensa hidráulica (Figura 5), rompeu-se em 2,68 tonelada força (TF), que corresponde a 3,34 MPa. O resultado do teste atendeu o que estabelece a NBR 16416, para placas de concreto permeável ( $\geq 2,0$  MPa).



Figura 5 – corpo de prova em prensa hidráulica para teste à compressão

Fonte: Autores (2020)

### 3.1 Chuva de Projeto, Condutividade Hidráulica e Volumes Do Sistema

A chuva de projeto foi de 55,2 mm/h, inserida no sistema piloto das duas tubulações, e o sistema foi alimentado com volumes conhecidos. Concomitantemente, foi coletado o volume de saída e cronometrado o tempo do processo. Através dos ensaios foi obtido a média da condutividade hidráulica dos dois ensaios da tubulação de 150mm e dos dois ensaios de 200mm, calculados através da fórmula a seguir.

$$K = \frac{h.cam.}{t} \quad (6)$$

Onde: K= condutividade Hidráulica do sistema; h.cam.= altura total do sistema; t= tempo que a água levou para atravessar o sistema.

O 1º ensaio foi dividido em 12 partes em intervalos de 10 minutos, totalizando 02 horas, apesar de na fórmula ter sido adotado 01 hora, ou seja, a chuva de projeto foi aplicada durante duas horas, totalizando 110,4 litros inseridos em cada sistema. Essa medida justifica-se em razão de haver uma coleta maior de dados para comprovação da efetividade deste sistema. O mesmo ocorreu no 2º ensaio.

No sistema de tubulação de 150mm, houve uma drenagem de 101,2 L para o primeiro ensaio, enquanto no segundo foi de 105,66 L (Tabelas 1 e 2). A condutividade hidráulica

dos dois ensaios para o sistema de tubulação de 150mm foi de 0,298 cm/s, considerando altura de 80,5 cm e a média de tempo de infiltração dos dois ensaios de 270 segundos, ou seja, o tempo transcorrido entre a inserção do primeiro volume de água até o começo do escoamento no tubo de coleta.

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2 l	Litros de saída acumulado
09:49	9,2	9,2	09:54	0	0
09:59	9,2	18,4	10:18	9,2	9,2
10:09	9,2	27,6	10:30	9,2	18,4
10:19	9,2	36,8	10:43	9,2	27,6
10:29	9,2	46	10:53	9,2	36,8
<b>10:39</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>11:03</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
10:49	9,2	64,4	11:13	9,2	55,2
10:59	9,2	73,6	11:24	9,2	64,4
11:09	9,2	82,8	11:36	9,2	73,6
11:19	9,2	92	11:48	9,2	82,8
11:29	9,2	101,2	12:43	9,2	92
11:39	9,2	110,4	**	9,2	101,2

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 1 – 1º ensaio do sistema com tubulação de 150 mm

Fonte: Autores (2020)

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de coleta de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2 l	Litros de saída acumulado
12:21	9,2	9,2	12:25	0	0
12:31	9,2	18,4	12:45	9,2	9,2
12:41	9,2	27,6	12:57	9,2	18,4
12:51	9,2	36,8	13:07	9,2	27,6
13:01	9,2	46	13:17	9,2	36,8
<b>13:11</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>13:27</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
13:21	9,2	64,4	13:38	9,2	55,2
13:31	9,2	73,6	13:48	9,2	64,4
13:41	9,2	82,8	13:59	9,2	73,6
13:51	9,2	92	14:09	9,2	82,8
14:01	9,2	101,2	14:19	9,2	92
14:11	9,2	110,4	15:14	9,2	101,2
	**		**	4,46	105,66

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 2 – 2º ensaio do sistema com tubulação de 150 mm.

Fonte: Autores (2020)

Após a realização dos dois ensaios do sistema com tubulação de 200 mm (Tabela 3 e 4), verificou-se que no 1º ensaio houve a drenagem de 101,2 litros equivalente a 91,67% do total inserido no sistema que foi de 110,4 litros. Já no 2º ensaio houve a drenagem de 92,84 L, o que equivale a 84,1% do mesmo volume inserido no 1º e 2º ensaio.

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2l	Litros de saída acumulado
09:50	9,2	9,2	09:58	0	0
10:00	9,2	18,4	10:29	9,2	9,2
10:10	9,2	27,6	10:47	9,2	18,4
10:20	9,2	36,8	11:02	9,2	27,6
10:30	9,2	46	11:16	9,2	36,8
<b>10:40</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>11:30</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
10:50	9,2	64,4	11:42	9,2	55,2
11:00	9,2	73,6	11:55	9,2	64,4
11:10	9,2	82,8	12:08	9,2	73,6
11:20	9,2	92	12:27	9,2	82,8
11:30	9,2	101,2	14:18	9,2	92
11:40	9,2	110,4	**	9,2	101,2

Tabela 3 - 1º ensaio do sistema com tubulação de 200 mm

Fonte: Autores (2020)

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2l	Litros de saída acumulado
12:20	9,2	9,2	12:27	0	0
12:30	9,2	18,4	13:00	9,2	9,2
12:40	9,2	27,6	13:16	9,2	18,4
12:50	9,2	36,8	13:29	9,2	27,6
13:00	9,2	46	13:42	9,2	36,8
<b>13:10</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>13:53</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
13:20	9,2	64,4	14:04	9,2	55,2
13:30	9,2	73,6	14:14	9,2	64,4
13:40	9,2	82,8	14:24	9,2	73,6
13:50	9,2	92	14:35	9,2	82,8
14:00	9,2	101,2	15:01	9,2	92
14:10	9,2	110,4	**	0,84	92,84

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 4 - 2º ensaio do sistema com tubulação de 200 mm.

Fonte: Autores (2020)

Como o sistema com tubulação de 200 mm tem altura de 93 cm e média do tempo de saída do primeiro volume dos dois ensaios foi de 450 s, foi encontrada a condutividade hidráulica do sistema de 200 mm, equivalente a 0,207 cm/s. Porém, a tubulação de 150mm mostrou condutividade superior à de 200mm (0,298 cm/s e 270 s)

Em relação ao primeiro ensaio dos dois sistemas, que o sistema com tubulação de 150mm drenou volume igual (92 L) que o de 200mm em tempo inferior, mostrando ser mais eficiente quanto ao tempo de drenagem (Figura 6). Acredita-se que essa diferença tenha sido causada por alta compactação da camada de reaterro no sistema com tubulação de 200mm, que possivelmente diminuiu a permeabilidade da camada. O tempo em que a água permanece na estrutura é de extrema importância, onde o efeito danoso do tráfego sobre os materiais saturados pode ocasionar uma redução da capacidade de suporte, levando à diminuição da vida útil do pavimento (SUZUKI; AZEVEDO; KABBACH JÚNIOR, 2013).



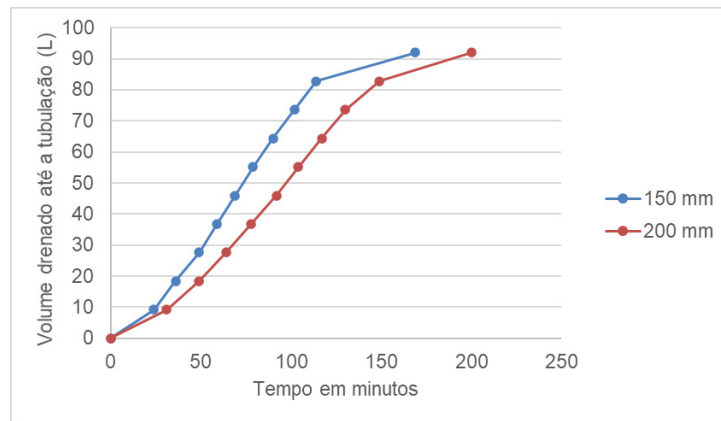


Figura 6 – Comparativo entre os sistemas com tubulação de 150mm e a de 200mm

Fonte: Autores (2020)

Avaliando a capacidade máxima do sistema com tubulação de 150mm, ao ser inserido 0,1 L/s por duas horas, com total de 720 L, o nível de água no reservatório foi correspondente a 15 cm, ou seja, 50% da altura do reservatório. Já no pavimento permeável, onde a altura é de 8 cm, a água atingiu 4,5 cm, o equivalente a 56,25% da altura do pavimento, pressupõe-se que a manta geotêxtil diminuiu a permeabilidade da camada de assentamento do sistema.

Ao ser inserido 0,1L/s por 44 minutos, totalizando 264 L, a capacidade máxima do sistema com tubulação de 200mm, atingiu a saturação total, criando uma lâmina d'água no pavimento permeável. Segundo Castro et al. (2012), a manta geotêxtil tem a finalidade de filtrar a água, entretanto, pode colmatar e não atender mais a sua funcionalidade. Além disso, os autores afirmam ainda que com a saturação do geotêxtil e a pressão que a água exerce para atravessá-lo, os agregados finos que foram anteriormente retidos, podem ser liberados aos poucos para dentro do reservatório.

Foi determinado para o sistema um tempo de retorno de 10 anos, onde ele se mostrou muito superior ao esperado. O tempo de retorno para os dois sistemas é mostrado a seguir:

$$TR = \sqrt[a]{\frac{I x(t+b)c^c}{K}} \quad (7)$$

Onde: I = volume suportado; K, a, b, c = coeficientes ajustados para chuvas intensas para Belém, onde K = 960,5846, a = 0,0954, b = 9,7993, c = 0,7245; t = duração da chuva (60 min.)

Para o sistema com tubulação de 150mm, o tempo de retorno obtido foi de 3.427.510.685 anos, e para o de 200 mm, um tempo de 132.752.919 anos. Foi realizada uma comparação com o tempo de retorno de uma usina hidrelétrica que utiliza 10.000 anos, ou seja, o resultado obtido dos dois sistemas foi considerado excelente para os parâmetros considerados para drenagem urbana.

Foi realizada uma nova simulação de enchimento do reservatório dos dois sistemas, objetivando stressá-los a fim de avaliar a capacidade máxima, ou seja, em quanto tempo

o sistema piloto iria drenar por completo o volume inserido de aproximadamente 140 litros, que foi adicionado de uma única vez. Verificou-se que no sistema com tubulação de 150mm o reservatório esvaziou em 35 minutos. Já no sistema com tubulação de 200mm, o tempo de esvaziamento foi de 1 hora e 08 minutos.

Baseando-se no Quadro 1, adaptado do guia American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), para o dimensionamento estrutural das camadas, considerando saturação de 50% na camada reservatório, a qualidade da drenagem foi considerada excelente, visto que os dois sistemas, drenou o volume total inserido em menos de 02 horas.

Qualidade de drenagem	Tempo U = 50%
Excelente	2 horas
Boa	1 dia
Regular	7 dias
Ruim	1 mês
Muito ruim	>1 mês

Quadro 1 - Relação entre tempo e qualidade da drenagem, segundo a AASHTO

Fonte: AASHTO, 1993.

O sistema foi considerado adequado para a utilização proposta, pois houve condutividade satisfatória de água drenada. A manta que recobriu os tubos apresentou impedimento da passagem de materiais finos, atendendo ao seu objetivo, entretanto, a manta pode ter sido responsável por diminuir a permeabilidade do volume de água drenado no sistema, no entanto, apesar da manta, os sistemas obtiveram resultados satisfatórios.

## 2 | CONCLUSÃO

O pavimento piloto proposto apresentou boa condutividade hidráulica, ou seja, houve drenagem satisfatória, diminuindo a contribuição superficial. O sistema suportou a chuva de projeto, calculado para 55,22 mm/h, extrapolado para duas horas de evento pluviométrico. Avaliou-se como excelente a capacidade máxima do sistema proposto ratificados pelos parâmetros da AASHTO e das Normas Brasileiras utilizadas, mesmo considerando que o sistema com tubulação de 150mm esvaziou em tempo menor que o de 200mm.

Recomenda-se para investigações futuras, o aumento da espessura do acrílico e melhora na vedação entre as faces de acrílico e madeirite para evitar o vazamento entre as junções. A substituição da manta geotêxtil na camada de assentamento por um material de menor granulometria que a da camada reservatório, pode ser considerada para aumentar a condutividade e otimizar os resultados.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (NBR 15645; **Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto**. Rio de Janeiro, 2008. 33p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (NBR 16416; **Pavimentos permeáveis de concreto** -

**Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, 2015. 30p.

AZZOUT, Yolande; CRES, François-Noël; BARRAUD, Sylvie. **Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien.** Tec et doc, 1994.

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Official. **Guide for design of pavement structures.**, Washington, DC, 1993.

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. Métodos Alternativos de Drenagem a Partir da Retenção e Infiltração das Águas de Chuva no Solo, Visando a Redução das Enchentes Urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, 2015.

BIRGANI, Yaser Tahmasebi; YAZDANDOOST, Farhad. An integrated framework to evaluate resilient-sustainable urban drainage management plans using a combined-adaptive MCDM technique. **Water Resources Management**, v. 32, n. 8, p. 2817-2835, 2018.

CASTRO, Andréa Souza et al. Avaliação da evolução do comportamento quantitativo de pavimentos permeáveis no controle do escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 1, p. 263-273, 2013.

FARIA, Teresa de Jesus Peixoto; JUNIOR, Luiz de Pinedo Quinto. Rio e História Urbana: o papel do rio Paraíba do Sul na criação e desenvolvimento do município de Campos dos Goytacazes [RJ]. **Labor e Engenho**, v. 11, n. 2, p. 103-115, 2017.

MARUYAMA, Cintia Miua; FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 4, n. 9, 2016.

SILVA, Fernando. Sistemas Construtivos: Pavimento de concreto permeável. **TÉCHNE**, novembro de 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/pavimentos-de-concreto-permeavel-288015-1.aspx>>. Acesso em: 04 de jun. de 2019.

SOUZA, Rodrigo O. R. de M. et al. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; JÚNIOR, Felipe Issa Kabbach. **Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: conceitos e dimensionamento.** Oficina de Textos, 2013.

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

Data de aceite: 23/06/2020

### **Edson Benício de Carvalho Júnior**

Universidade Católica de Brasília,  
Departamento de Engenharia Civil – Brasília –  
Distrito Federal

### **Wanderley Akira Shiguti**

Universidade Católica de Brasília,  
Departamento de Matemática – Brasília –  
Distrito Federal

### **Alexandre Gomes de Barros**

Universidade de Calgary, Departamento de  
Engenharia Civil – Calgary – Alberta - Canadá

### **Armando de Mendonça Maroja**

Universidade de Brasília, Curso de  
Licenciatura em Ciências Naturais – Brasília –  
Distrito Federal

### **José Matsuo Shimoishi**

Universidade de Brasília, Departamento de  
Engenharia Civil e Ambiental – Brasília –  
Distrito Federal

### **Wesley Candido de Melo**

Universidade Paulista, Departamento de  
Engenharia Civil – Brasília – Distrito Federal

### **Sérgio Luiz Garavelli**

Centro Universitário de Brasília, Departamento  
de Engenharia Civil – Brasília – Distrito  
Federal

**RESUMO:** O presente trabalho avaliou

o incômodo sonoro percebido por comunidades expostas ao ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto de Brasília. Para tanto, foi elaborado um mapa acústico e um questionário foi aplicado para avaliação da reação das comunidades expostas ao ruído aeronáutico. Os resultados indicaram um nível de incômodo elevado ao ruído aeroaviário. Além disso, foi obtido que o ruído aeronáutico e rodoviário interfere significativamente na realização de atividades cotidianas dos pesquisados, tais como estudar, dormir, assistir TV, falar ao telefone e meditar. Essa interferência ocorre tanto no período diurno quanto no noturno. Os respondentes apresentaram significativos níveis de incômodo com o ruído aeronáutico sendo que quanto maior a faixa etária maior o nível de incômodo. Por fim, quando o respondente é despertado durante à noite o nível de incômodo é elevado sendo os pesquisados do sexo feminino mais incomodados.

### **EVALUATION OF ANNOYANCE DUE TO AIRCRAFT NOISE AROUND THE BRASÍLIA INTERNATIONAL AIRPORT**

The present study evaluated the noise annoyance perceived by communities exposed to aircraft noise around the Brasília

International Airport. Therefore, has been drawn up a noise map and a questionnaire was applied to evaluate the reaction of communities exposed to aircraft noise. The results indicated a high level of annoyance due to aircraft noise. Furthermore, aeronautical and road noise interfered significantly in carrying out daily activities of the respondents, such as studying, sleeping, watching TV, talking on the phone and meditating. This interference occurs both in the daytime and at night. Respondents presented significant levels of annoyance with aeronautical noise. It should be noted that the higher the age group, the greater the level of discomfort. Finally, when the respondent is awakened during the night the level of discomfort is high and the female respondents are more troubled.

## INTRODUÇÃO

A contaminação acústica é um dos principais efeitos negativos provocados pela operação de um sítio aeroportuário. O ruído pode desencadear déficits crônicos no sono das pessoas, bem como contribuir para a degradação da qualidade de vida, impactar o sono, comprometer o desempenho cognitivo e afetar o equilíbrio emocional das pessoas provocando sensações de irritação, raiva, frustração e medo (Babisch, 2002; WHO, 2011).

O ruído aeronáutico também exerce influência negativa na percepção de bem-estar e satisfação das pessoas que residem em uma determinada região da cidade (Kroesen, M. *et al.*, 2010). Isso contribui para desenvolvimento de conflitos entre os principais atores envolvidos em áreas de aeroportos, ou seja, operadores, governos locais e comunidade (Faburel, 2005; De Barros, 2013).

O ruído das aeronaves tornou-se um dos principais problemas relacionados à atividade aeroportuária, pois comunidades expostas podem desencadear reações capazes de ocasionar importantes restrições à capacidade operacional, à expansão e até à construção de novos aeroportos (De Barros, 2013; Sadr MK *et al.*, 2014). Do exposto, fica destacada a importância de se realizar estudos capazes de satisfazer não só a demanda pelo transporte aéreo, mas também viabilizar o desenvolvimento de medidas que minimizem o impacto do ruído na saúde e na qualidade de vida das comunidades expostas. Para tanto, torna-se imprescindível diagnosticar quais os efeitos adversos causados pelo ruído sobre as comunidades afetadas. No caso, o incômodo é amplamente aceito como a base para se avaliar a reação de comunidades expostas, não só ao ruído aeronáutico, mas a qualquer ruído ambiente (WHO, 2011).

Desse modo, o presente trabalho avaliou o incômodo sonoro percebido por comunidades expostas ao ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto de Brasília. Para tanto, foi elaborado um mapa acústico e aplicou-se um questionário para avaliação da reação das comunidades expostas ao ruído aeronáutico.

## 1 | MÉTODO

Neste estudo, o método é sustentado em modelagens, com elaboração de mapas acústicos, e avaliação do incômodo sonoro.

## 1.1 Caracterização do Aeroporto

O aeroporto objeto de estudo foi o Aeroporto Internacional de Brasília (Figura 1), cuja sigla ICAO (*International Civil Aviation Organization*) é SBBR.

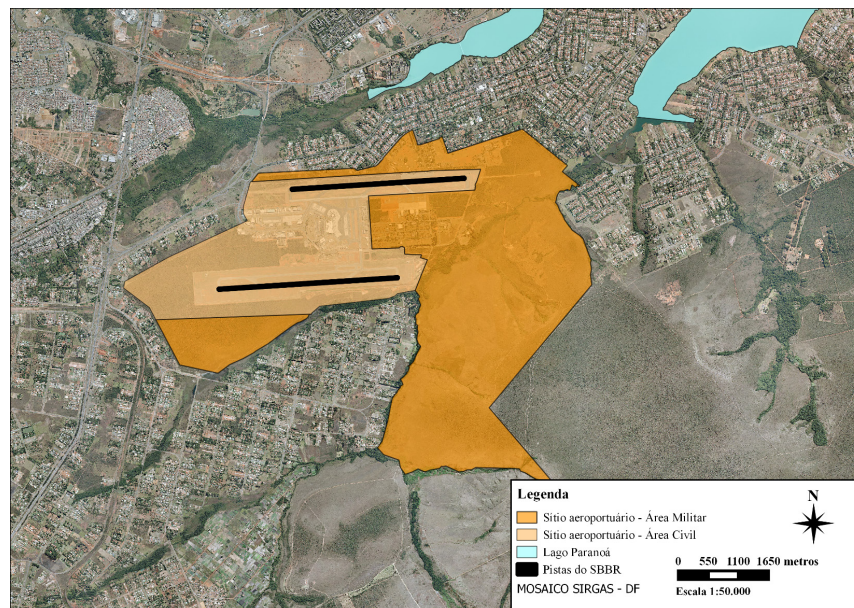


Fig. 1 Mapa de Localização do SBBR

Atualmente, o SBBR é o segundo aeroporto em movimentação de aeronaves e de passageiros no Brasil e devido sua localização geográfica, recebe e distribui mais de 500 voos por dia, sendo considerado ponto de conexão para destinos em todo o país, e no exterior.

## 1.2 Mapas Acústicos

Foram realizadas simulações para a elaboração das curvas de ruído, na métrica acústica DNL (*day-night level*), com uso do software INM 7.0d. Após essas simulações, o *output* gerado foi exportado, para um *software* de Sistema de Informação Geográfica onde os mapas acústicos foram elaborados seguindo a metodologia descrita no RBAC 161 (2013). Para a simulação, vários dados de entradas foram considerados, entre eles: elevação, velocidade média anual do vento, temperatura média anual de referência etc. Esses dados foram obtidos em fontes oficiais do governo ou com a própria empresa operadora do SBBR.

## 1.3 Questionários

Nesse estudo, foi adotada a metodologia internacional de avaliação da reação das comunidades expostas, a uma determinada fonte de ruído ambiente (Fields *et al.*, 2001; ISO, 2003). O %AI (pessoas altamente incomodadas) foi utilizado para avaliar a relação dose-resposta devido à exposição ao ruído aeronáutico. Os participantes deveriam responder posicionando o seu grau de incômodo numa escala de *Likert* de 11 pontos (escala de incômodo) com os limites: 0 para *nada incomodado* e 10 para *extremamente incomodado*. A escolha pela escala numérica de 11 pontos é baseada no pressuposto de que os respondentes estão mais cognitivamente familiarizados com a escala 0 – 10 que com escalas numéricas mais

curtas de 7 ou 9 pontos (ISO, 2003). Já o *DNL* e o  $L_{den}$  foram utilizados como indicadores acústicos. Após a definição da escala de incômodo, o termo %AI é definido como a parte superior (27% -28%) da escala de incômodo (EC, 2002).

O questionário elaborado continha perguntas sobre: dados pessoais, incômodo percebido, interferências na vida diária e nível de sonolência diurna. O instrumento continha sete perguntas relacionadas ao incômodo percebido, devido ao tráfego rodoviário, aeroviário e de outras fontes de ruído (trens, motocicletas, carros de som e construções). Essas são questões de cunho sócio-acústicas, ou seja, pretendem avaliar o grau de incômodo percebido pelos habitantes das regiões pesquisadas. Também apresenta questões relacionadas com as interferências em atividades cotidianas. A opção, de também avaliar o incômodo do tráfego rodoviário, deve-se ao fato dessa fonte de ruído ser a que mais expõem pessoas aos efeitos prejudiciais do ruído no Comunidade Europeia (WHO, 2011).

O questionário foi aplicado por meio *on-line* sendo enviado por e-mail. Para tanto, foi utilizado o software de questionários *on-line SurveyMonkey*. O questionário foi estruturado nesse *software* e um link foi criado para ser enviado aos respondentes. Depois de redigido o questionário, foi realizado um pré-teste com a aplicação de 50 instrumentos. Os dados desses questionários foram analisados, questões foram corrigidas e outras foram eliminadas. O tamanho da amostra foi de 402 indivíduos e para a análise foram realizadas Correlações de Pearson ( $r$ ), Spearman ( $\rho$ ) e Testes Qui-quadrados entre as variáveis. Também foi obtido o nível de significância de cada correlação ( $p$ ), e tabelas de distribuição de frequências foram elaboradas.

## 2 | RESULTADOS

A Figura 2 mostra o mapa acústico e a localização das seguintes Regiões Administrativas do Distrito Federal (RA's): Núcleo Bandeirante, Taguatinga, Park Way (SMPW - Setor de Mansões Park Way), Águas Claras, Lago Sul, Jardim Botânico, Candangolândia, Samambaia e Riacho Fundo I. Para auxílio na interpretação dos mapas de ruído deve-se observar a Tabela 1 que expressa os limites para o indicador de ruído *DNL* bem como a área de cada curva de ruído.

Na Figura 2 é possível visualizar um grande adensamento populacional no interior das curvas compreendidas nos limites  $50 < DNL \leq 60$ . Residentes no interior dessas curvas, principalmente na *DNL* 60, sentem-se altamente incomodados com o ruído aeroviário (Carvalho Jr *et al.*, 2012; Carvalho Jr, 2015).

	<b>DNL</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
DNL 50	50 <DNL ≤ 55	186,76
DNL 55	55 <DNL ≤ 60	92,39
DNL 60	60 <DNL ≤ 65	44,64
DNL 65	65 <DNL ≤ 70	15,76
DNL 70	70 <DNL ≤ 75	5,31
DNL 75	75 <DNL ≤ 80	2,59
DNL 80	80 <DNL ≤ 85	0,8
DNL 85	DNL > 85	0,09

Tabela 1 Indicador Acústico **DNL** e Área Simulada

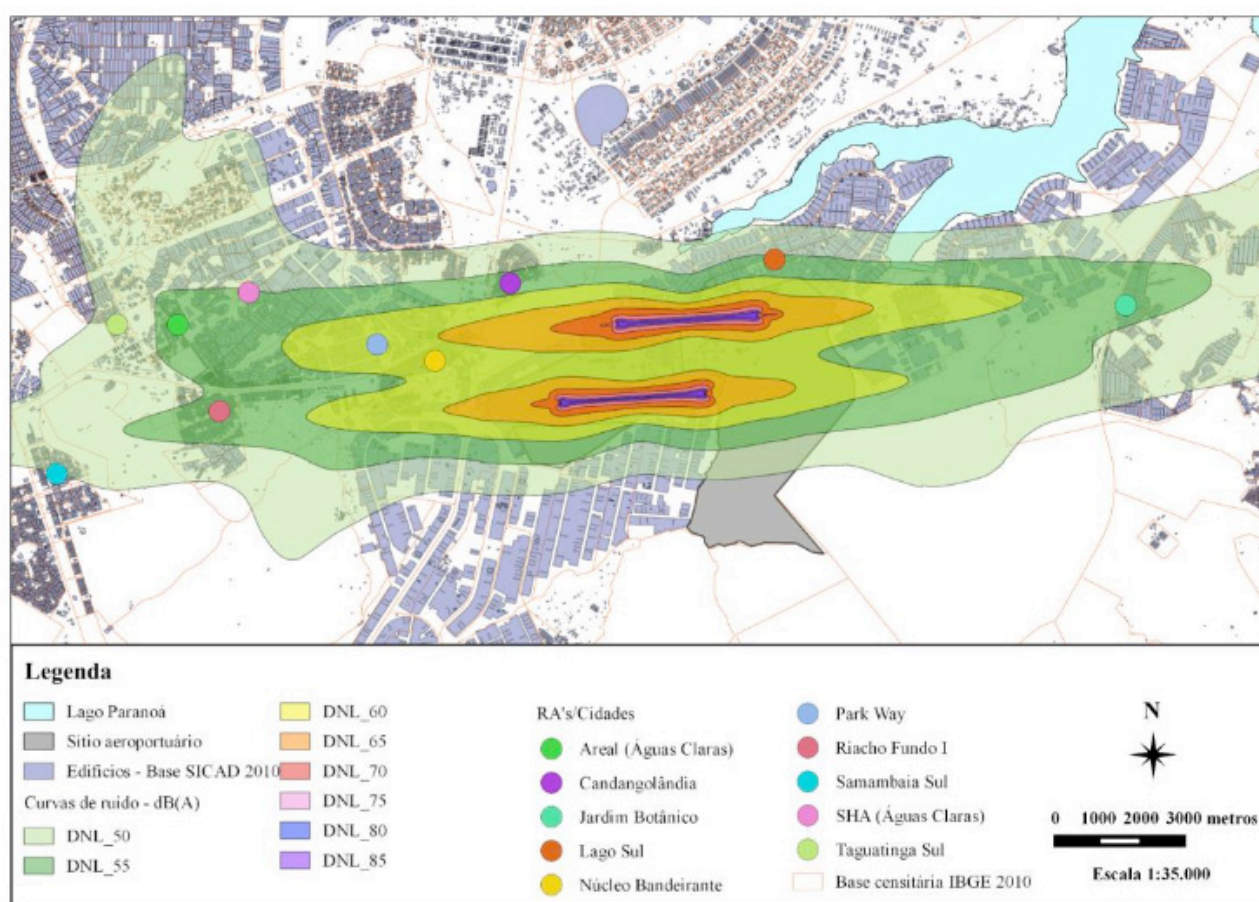


Fig. 2 Localização das RA's entre as Curvas de Ruído Simuladas

Com relação ao questionário, sua confiabilidade foi medida por meio do teste alfa ( $\alpha$ ) de *Cronbach*. Os alfas obtidos para as variáveis do questionário foram: níveis de incômodo com fontes sonoras ( $\alpha = 0,800$ ), nível de incômodo com ruído aeronáutico (0,902) e nível de incômodo com ruído rodoviário (0,919). Desse modo, o questionário apresentou valores para o alfa de *Cronbach* satisfatórios indicando adequada confiabilidade para a análise dos resultados.

No total, 51% dos pesquisados eram do sexo feminino e 49% do sexo masculino. A idade dos respondentes ficou assim distribuída: 18 – 20 anos (21%), 21 – 30 (47%), 31 – 40 (17%),



41 - 50 (9%) e 51 – 60 anos (6%). Quanto à escolaridade, 1% possui ensino fundamental, 15% ensino médio, 66% ensino superior e 18% indicaram possuir pós-graduação. Desse modo, a amostra é composta predominantemente de pessoas jovens, com menos de 30 anos, e com escolaridade elevada. Quanto às residências possuem algum tipo de isolamento acústico, 93% responderam que “não” e 7% “sim”. Com relação ao tipo do imóvel: 38% eram casas com somente pavimento térreo, 26% casas com dois pavimentos, 7% casas como mais de dois pavimentos e 29% apartamentos.

Os respondentes, em todas as faixas etárias, apresentaram consideráveis níveis de incômodo com o ruído das fontes pesquisadas. Cabe destacar que os pesquisados que indicaram como resposta o “0” foram classificados como “Nada Incomodados (NI)”, 1, 2,3, 4 e 5 como “Pouco Incomodados (PI)”, 6 e 7 como “Incomodados (I)” e 8, 9 e 10 como “Altamente Incomodados (AI)”. Os respondentes, em todas as faixas etárias, apresentaram consideráveis níveis de incômodo com o ruído das fontes pesquisadas.

Para o ruído aeronáutico, foi verificado um percentual significativo de respondentes I e AI com destaque para Lago Sul (40%), Núcleo Bandeirante (43%), Riacho Fundo (45%) e Park Way (46%). Além disso, foi verificada uma associação expressiva ( $p = 0,004$ ) entre o nível de incômodo e o ruído aeroviário indicando que a percepção de incômodo ocorre de forma diferente nas RA's analisadas. É o caso, por exemplo, dos elevados %I e %AI observados no Riacho Fundo e Taguatinga Sul ( $50 < DNL \leq 55$ ). Essas RA's apresentam consideráveis percentuais de populações expostas ao ruído aeronáutico, nas  $DNL$ 's 50 e 55, e estão sob a principal rota de pouso que utiliza a pista 1 do SBBR (cabeceiras 11L – 29R). Em 2014, 66% das operações de pouso foram realizadas na cabeceira 11L e 45,3% da operação total (pousos e decolagens) ocorreram na pista 1.

Para o ruído rodoviário todas as RA's apresentaram consideráveis percentuais de incomodados. De forma geral, nota-se que os pesquisados se sentem mais altamente incomodados (AI) com o ruído do tráfego rodoviário do que com o ruído aeronáutico. Cabe ressaltar, que existe uma tendência do aumento do nível de incômodo com o ruído rodoviário em Brasília, pois além dos congestionamentos, que já são comuns nos horários de pico, o crescimento acelerado da frota de veículos provoca acréscimo nos níveis de ruídos (Garavelli *et al.*, 2014).

Para o ruído proveniente de trens, obteve-se percentuais de incomodados nas cidades Núcleo Bandeirante (14%), Samambaia Sul (7%), SHA: I (14%), Park Way (13%) e Taguatinga Sul (8%). No Núcleo Bandeirante e no Park Way a linha férrea passa muito próxima às residências em alguns locais. Já Samambaia Sul, SHA, Park Way e Taguatinga Sul são atravessadas por linhas do Metrô – DF. Foi verificada uma associação entre o nível de incômodo e o ruído proveniente dos trens, pois o valor  $p$  (0,049) mostrou-se altamente significativo indicando que a percepção de incômodo ocorre de forma diferente nas RA's analisadas. O impacto do ruído de trens ainda é pouco estudado no DF. No entanto, Garavelli e Oliveira (2007) avaliaram os níveis ruídos emitidos pelo metrô do DF, em Águas Claras, constatando que os níveis de pressão sonora emitidos pela operação do metrô estão acima do limite imposto pela legislação vigente (NBR 10.151 (ABNT, 2000).

Quanto ao ruído das motocicletas, todas as RA's apresentaram expressivos percentuais de nível de incômodo com o ruído das motocicletas, com destaque para Jardim Botânico (86%), Samambaia Sul (64%), Park Way (50%) e Taguatinga Sul (63%). Esses resultados mostram que o ruído proveniente das motocicletas apresenta incômodo significativo. Isso se deve, geralmente, pela prática da troca do escapamento original das motocicletas por escapamentos chamados esportivos ou pelo uso de escapamentos sem o silenciador.

Para a fonte de ruído carros de som, todas as RA's apresentaram expressivos percentuais de incomodados com o ruído dos carros de som. Também se constatou uma relação altamente significativa entre o nível de incômodo e o ruído dos carros de som ( $p = 0,000$ ) indicando uma diferença na percepção de incômodo entre as RA's. O ruído proveniente de carros de som também vem sendo pouco estudado no DF. Todavia, Ribeiro *et al.* (2005) quantificaram os níveis de ruído emitidos por carros de som no DF e constataram que os valores medidos ultrapassaram os níveis permitidos pela legislação em todas as áreas estudadas. Concluíram que esta atividade é inviável sob ponto de vista ambiental, pois contribuem de forma expressiva para o aumento da contaminação acústica das cidades, além de prejudicar o conforto da população em geral.

Com relação ao ruído das construções, todas as RA's apresentaram significativos percentuais de nível de incômodo com o ruído das construções. Foi verificada uma associação altamente significativa entre o nível de incômodo e o ruído das construções ( $p = 0,000$ ) indicando uma diferença na percepção de incômodo entre as RA's. Maroja e Garavelli (2011) realizaram um estudo para estimar e simular o nível de pressão sonora (NPS) emitido durante os estágios de uma obra na construção civil na cidade de Águas Claras. Como resultados obtiveram que os NPS gerados pelas construções estão acima do limite estabelecido pela NBR 10.151 (ABNT, 2000) e pela Legislação Distrital (DF, 2008) mostrando a necessidade da inclusão do tema ruídos nos estudos de impactos ambientais causados pela construção civil.

A Tabela 2 indica o percentual de incomodados, por *DNL*, em relação ao ruído aeronáutico. Como esperado, o percentual de incomodados para as curvas mais ruidosas (*DNL* 60 e *DNL* 65) é maior do que para as curvas menos ruidosas (*DNL* 50 e *DNL* 55). Foi verificado que 62% dos respondentes na *DNL* 65 encontram-se incomodados (I) e altamente incomodados (AI), 36% na *DNL* 60, 30% na *DNL* 55 e 22% na *DNL* 50. Cabe ressaltar, que na curva *DNL* 65 o percentual de AI é 4 vezes maior do que na *DNL* 50. O  $\chi^2(9)$  com  $p = 0,001$  indica a existência de uma associação altamente significativa entre o nível de incômodo e as *DNL*'s, ou seja, o nível de incômodo é percebido de forma diferente pelos respondentes nas diferentes RA's.

NII	DNL			% do Total	$\chi^2$ (9)	$\rho$ de Spearman
	50	55	60			
NI	16%	18%	13%	15%		
PI	63%	53%	51%	53%	28,456	0,226
I	13%	18%	13%	16%	$p = 0,001$	$p = 0,000$
<b>AI</b>	<b>9%</b>	<b>12%</b>	<b>23%</b>	<b>16%</b>		

Nota: NI: Nada Incomodado / PI: Pouco Incomodado / I: Incomodado

AI: Altamente Incomodado / NII: Nível de incômodo

Tabela 2 Nível de Incômodo com o Ruído Aeronáutico para cada DNL

A Tabela 3 mostra os resultados do nível de incômodo causado pelo ruído aeronáutico, em algumas atividades cotidianas. De forma geral, nas regiões mais ruidosas (*DNL* 60 – 65) os percentuais de incomodados e altamente incomodados com o ruído aeronáutico, quando estão realizando as atividades mencionadas, são maiores do que nas regiões sob as curvas menos ruidosas (*DNL* 50 – 55). Ainda foi verificada a existência de correlações positivas, moderadas e altamente significativas ( $p = 0,000$ ) entre os níveis de incômodo na realização de atividades diárias, com os níveis de ruído aeronáutico. Desse modo, se os níveis de ruído aeronáutico aumentam o nível de incômodo também se eleva na realização dessas atividades do dia-a-dia.

Atividades cotidianas	NII	Ruído aeronáutico		
		DNL 50-55 n = 288	DNL 60-65 n = 114	$\chi^2$ (3)
lendo/estudando	I	15%	17%	1,54 0,674 .
	AI	27%	32%	
	$\rho$	0,586 0,000*	0,430 0,000*	
assistindo TV	I	13%	13%	13,09 0,040 .
	AI	21%	38%	
	$\rho$	0,548 0,000*	0,581 0,000*	
falando ao telefone	I	16%	14%	19,52 0,000 .
	AI	23%	44%	
	$\rho$	0,564 0,000*	0,567 0,000*	
dormindo	I	6%	6%	1,56 0,067 .
	AI	20%	26%	
	$\rho$	0,388 0,000*	0,366 0,000*	
meditando/rezando/orando	I	10%	10%	3,17 0,366 .
	AI	21%	18%	
	$\rho$	0,479 0,000*	0,382 0,000*	

Nota: NI: Nada Incomodado / PI: Pouco Incomodado / I: Incomodado

AI: Altamente Incomodado / NII: Nível de incômodo / \* valor  $p$  /  $\rho$  = correlação de Spearman

Tabela 3 Nível de Incômodo com o Ruído Aeronáutico em Atividades Cotidianas

A Figura 3 expressa os resultados do nível de incômodo, onde o percentual de “incomodados” foi somado com o percentual de “altamente incomodados” causado pelo ruído aeronáutico e rodoviário. Nota-se que os níveis de incômodo com o ruído rodoviário e aeronáutico, apresentam-se aproximados para as atividades relacionadas ao estudo, meditar/rezar/orar, falar ao telefone e assistir TV. Entretanto, para a atividade “dormindo” os pesquisados mostram-se muito mais incomodados com o ruído do tráfego rodoviário (44%) do que para o ruído do tráfego aeroviário (28%).

De forma geral, os resultados apontados na Figura 2 são corroborados por resultados de outros estudos. Lam *et al.* (2008) obtiveram que o ruído aeronáutico incomoda fortemente atividades rotineiras, como dormir, assistir TV e concentrar-se. Schreckenber *et al.* (2010) concluíram que ruído aeronáutico provoca incômodo relativamente elevado e também está correlacionado com distúrbios em atividades diárias realizadas no interior das residências ou no exterior.

Já Carvalho Jr *et al.* (2012) consideram o ruído rodoviário e aeronáutico capazes de interferir significativamente no processo de comunicação, na concentração em atividades de

escrita e leitura, no sono, além de provocar sobressaltos (sustos). Já Nunes e Ribeiro (2008) afirma que o ruído do tráfego rodoviário compromete a qualidade de vida e o bem-estar da população, pois, gera incômodo e interfere na realização de atividades básicas e rotineiras.

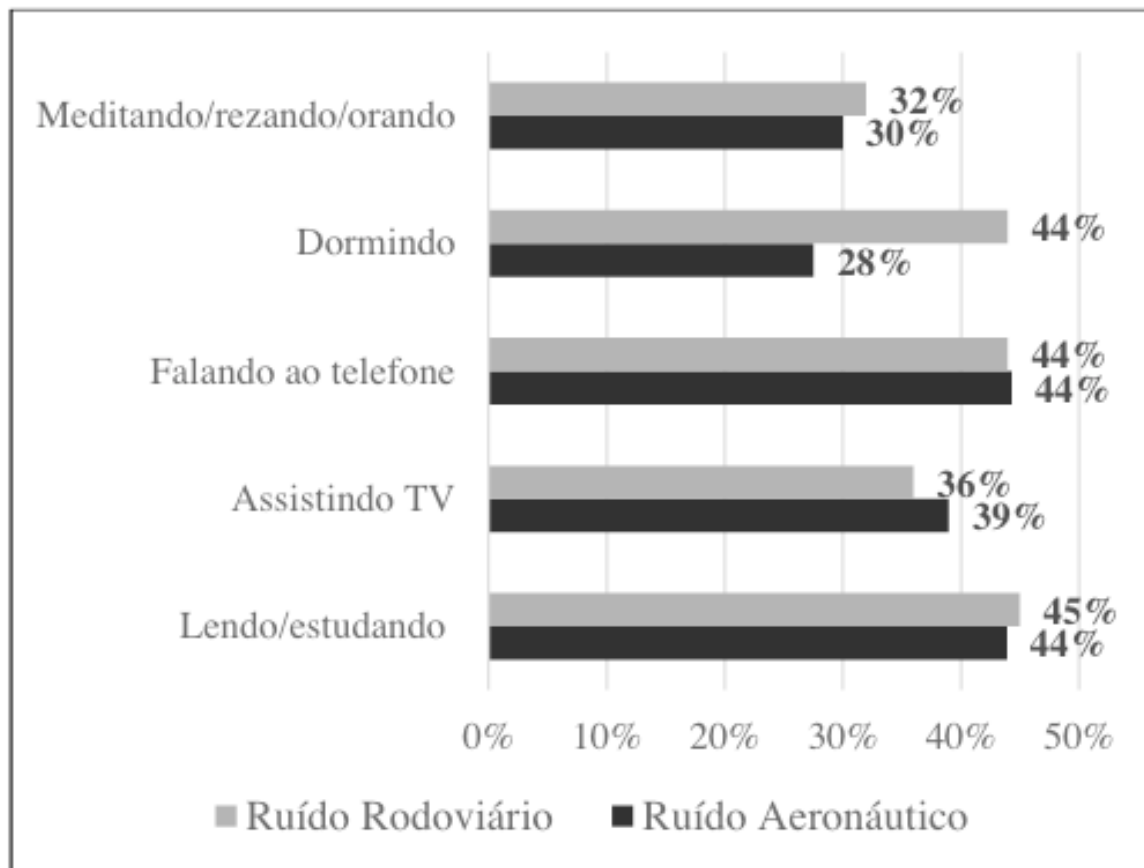


Fig. 3 Nível de Incômodo Causado pelo Ruído Aeronáutico e Rodoviário nas Atividades Cotidianas em Cidades Próximas do SBBR

Os pesquisados também responderam o quanto o ruído proveniente dos aviões os incomodavam durante o dia e à noite. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para as curvas mais ruidosas (*DNL* 60 – 65) e menos ruidosas (*DNL* 50 – 55). Verifica-se que o percentual de incomodados (AI) com o ruído aeronáutico nas *DNL*'s 60 e 65 foi maior no período diurno do que no noturno. Para a curva *DNL* 50 – 55 o nível de AI foi um pouco superior no período noturno (21%) do que no diurno (18%). As correlações (*r*) obtidas são positivas, moderadas e altamente significativas ( $p = 0,000$ ) apresentando maiores correlações para o período diurno. Assim, se os níveis de ruído aeronáutico aumentam os níveis de incômodo também aumentam, tanto no período diurno quanto no noturno.

Período	NII	Ruído aeronáutico		
		<i>DNL</i> 50-55 n = 288	<i>DNL</i> 60-65 n = 144	$\chi^2$ (3)
Diurno: 07h – 22h	I	15%	16%	11,80 0,008*
	AI	18%	33%	
	$\rho$	0,672 0,000*	0,644 0,000*	
Noturno: 22h – 07h	I	9%	11%	3,15 0,369*
	AI	21%	27%	
	$\rho$	0,516 0,000*	0,568 0,000*	

Nota: NI: Nada Incomodado / PI: Pouco Incomodado / I: Incomodado / AI: Altamente Incomodado / NII: Nível de incômodo / \* valor  $p$  /  $p$  = correlação de Spearman

Tabela 4 Nível de Incômodo por Período

A Figura 4 mostra o nível de incômodo (resultado da soma dos incomodados com os altamente incomodados) dos respondentes com o ruído aeronáutico, por faixa etária e por período do dia. Nota-se que o nível de incômodo com o ruído aeroviário é maior, durante o período diurno, para os pesquisados com idades entre 18 e 50 anos. Para os respondentes na faixa etária 51 – 60 anos o incômodo no período noturno (40%) foi maior do que no diurno (33%).

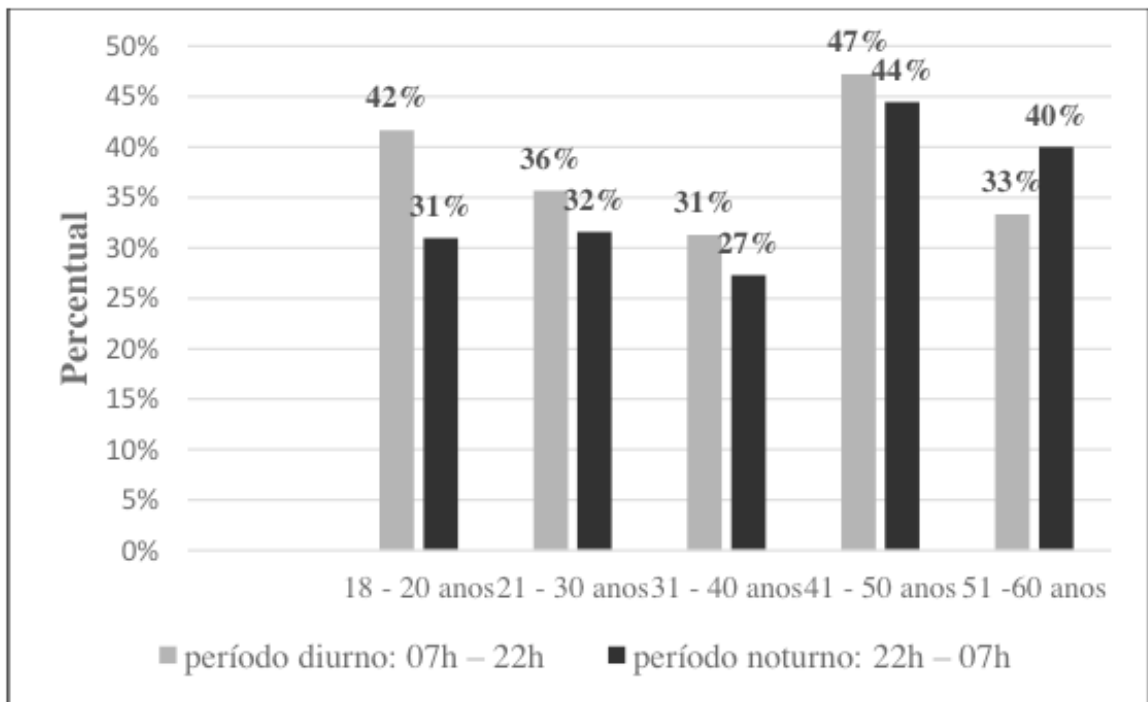


Fig.4 Nível de Incômodo com o Ruído Aeronáutico por Faixa Etária e por Período do Dia

A Figura 5 mostra o nível de incômodo (resultado da soma dos incomodados com os altamente incomodados) dos respondentes com o ruído rodoviário, por faixa etária e por período do dia.

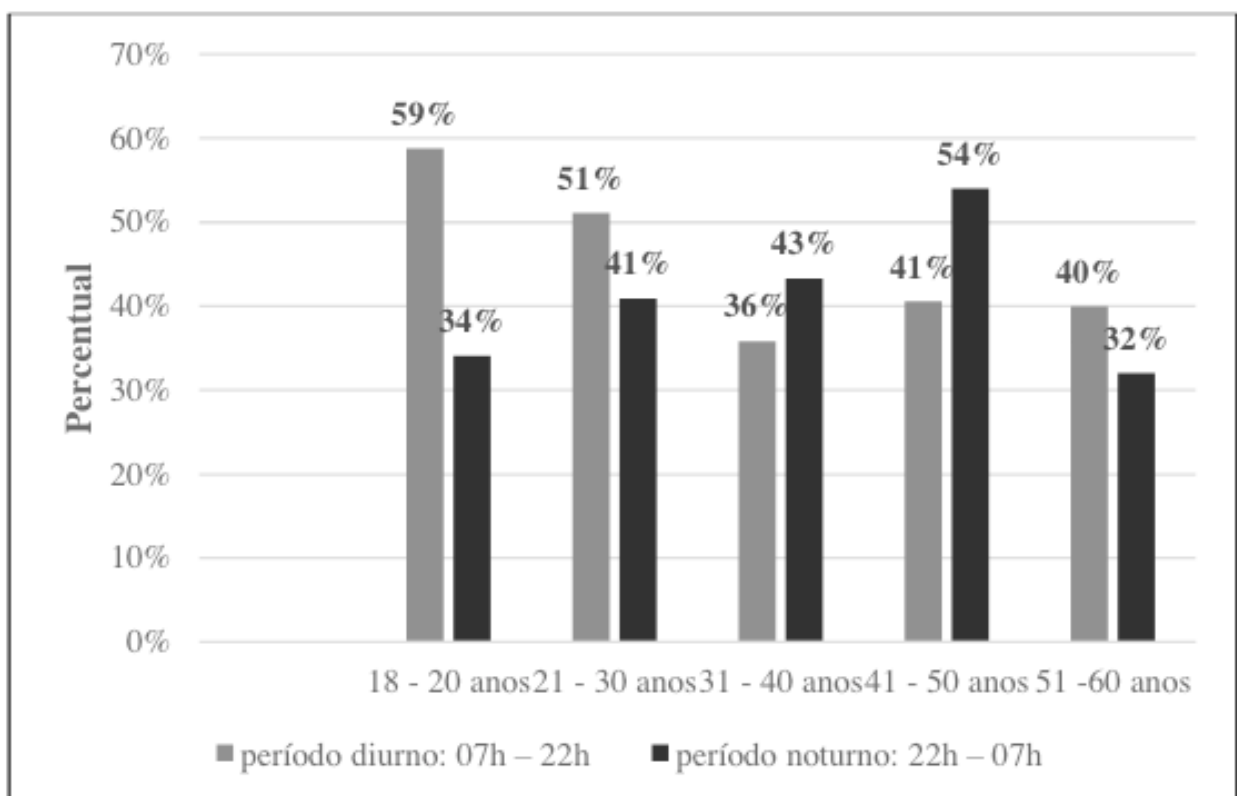


Fig. 5 Nível de Incômodo com o Ruído Rodoviário por Faixa Etária e por Período do Dia

Da Figura 5, verifica-se que o nível de incômodo com o ruído rodoviário é maior, durante o período diurno, para os respondentes com idades entre 18 e 30 anos e na faixa 51 – 60 anos. Para os respondentes nas faixas etárias 31 – 40 e 41 – 50 anos o incômodo no período noturno foi maior do que no diurno (33%). Comparando as Figuras 4 e 5, observa-se que nas faixas etárias 18 – 20, 21 – 30 e 31 – 40 anos os percentuais de incômodo com o ruído rodoviário, no período diurno e noturno, são mais elevados do que os percentuais de incômodo indicados para o ruído aeronáutico. Na faixa etária 41 – 50 anos os pesquisados apontaram um nível de incômodo com o ruído aeronáutico (47%), no período diurno, maior do que o nível de incômodo com o ruído rodoviário (41%). No período noturno os respondentes mostraram-se mais incomodados com o ruído do tráfego rodoviário (54%) do que com o ruído aeronáutico (44%). Por fim, na faixa 51 – 60 anos o nível de incômodo com o ruído aeroviário (33%), no período diurno, é menor do que o nível de incômodo com o ruído rodoviário (40%). Já no período noturno, o nível de incômodo com o ruído aeronáutico é maior (40%) do que com o ruído rodoviário (32%).

Em suma, constata-se que os percentuais de incomodados, tanto para o ruído aeroviário quanto para o ruído do tráfego rodoviário, são elevados para o período diurno e noturno. Desse modo, essas fontes de ruído comprometem a qualidade de vida e o bem-estar da população, pois além de gerar incômodo, interfere na realização de atividades cotidianas (Lam *et al.*, 2009; Nunes e Ribeiro, 2008; Carvalho Jr *et al.*, 2012; Carvalho Jr, 2015).

A Tabela 5 expressa as respostas referentes aos pesquisados se sentirem incomodados quando despertados/acordados no meio da noite pelo ruído aeroviário. Para as regiões sob as curvas mais ruidosas (*DNL* 60 – 65), o percentual total de incomodados e altamente incomodados é de 61%. Para as regiões sob as curvas menos ruidosas (*DNL* 50 -55) o percentual total é de 53%, ou seja, os respondentes mostraram-se mais incomodados, ao serem despertados pelo ruído aeronáutico, nas regiões sob as curvas *DNL* 60 – 65. Cabe destacar, que os percentuais de incomodados, nas curvas mais e menos ruidosas, indicam que quando o respondente é despertado o nível de incomodo é elevado.

o(a) acorda/desperta no meio da noite	NII	<i>DNL</i> 50-55 n = 288	<i>DNL</i> 60-65 n = 144	$\chi^2$ (3)
ruído aeronáutico	I	10%	15%	3,47 $p =$ 0,325
	AI	43%	46%	
	$\rho$	0,336	0,277	
		0,000*	0,003*	

Tabela 5 Nível de Incômodo Quando Acordado com o Ruído Aeronáutico

Nota: NI: Nada Incomodado / PI: Pouco Incomodado / I: Incomodado / AI: Altamente Incomodado / NII: Nível de incômodo / \* valor  $p$  /  $\rho$  = correlação de Spearman



Uma análise de relação cruzada foi realizada entre o sexo dos respondentes e o nível de incômodo com o despertar/acordar com o ruído aeronáutico e rodoviário. Dos pesquisados, 47% dos homens e 53% das mulheres indicaram se sentirem altamente incomodados com o ruído aeronáutico quando despertados no meio da noite. Já 40% dos homens e 60% das mulheres, ao serem acordados com o ruído do tráfego aeronáutico, sentem-se incomodados. Com relação ao ruído rodoviário, os percentuais de homens e mulheres, que indicaram se sentirem altamente incomodados quando despertados no meio da noite, são os mesmos obtidos para o ruído aeronáutico, ou seja, 47% para os homens e 53% para as mulheres. 48% dos homens e 52% das mulheres, ao serem despertados com o ruído do tráfego rodoviário, sentem-se incomodados. Sendo assim, os pesquisados do sexo feminino sentem-se mais incomodados que os do sexo masculino quando despertados no meio da noite.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do incômodo sonoro mostrou que os pesquisados residentes sob as curvas de ruído *DNL* 50, 55 e 60, indicaram um nível de incômodo elevado com o ruído aeroviário proveniente do Aeroporto Internacional de Brasília. Esse resultado alerta para a necessidade do zoneamento sonoro de aeroportos contemplar curvas além da *DNL* 65 incluindo, principalmente, a *DNL* 60. No caso desse estudo, na *DNL* 60, 23% dos respondentes encontram-se altamente incomodados e 13% incomodados com o ruído aeroviário. Também foi possível concluir que o ruído aeronáutico e rodoviário interfere significativamente na realização de atividades cotidianas dos pesquisados, tais como estudar, dormir, assistir TV, falar ao telefone e meditar. Essa interferência ocorre tanto no período diurno quanto no noturno. Além do mais, os pesquisados, em todas as faixas etárias, apresentaram consideráveis níveis de incômodo com o ruído aeronáutico sendo que quanto maior a faixa etária maior o nível de incômodo. Por fim, quando o respondente é despertado durante à noite o nível de incômodo é elevado sendo os pesquisados do sexo feminino mais incomodados que os do sexo masculino.

## AGRADECIMENTOS

À FAP/DF (Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal) pelo financiamento e apoio (Edital 01/2016) à participação nesse evento científico.

## REFERÊNCIAS

ABNT (2000) NBR 10.151 - **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Babisch, W (2002). The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. *Noise Health*, v. 4, n. 16, p. 1-11.

Carvalho Júnior, E. B.; Garavelli, S. L.; Maroja, A. M (2012) **Analysis of the effects of aircraft noise in residential areas surrounding the Brasilia International Airport**. *Journal of Transport*

Literature; v. 6, n. 4, p. 59 – 81.

Carvalho Júnior, E. B (2015) **Quantificação do incômodo gerado pelo ruído aeronáutico por meio de modelos dose-resposta**. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 182 p.

De Barros A. G (2013) **Sustainable integration of airports into urban planning – a review**, International Journal of Urban Sciences, v.17, n. 2, p. 226 – 238.

EC (2002) **Position paper on dose-response relationships between transportation noise and annoyance. European Commission - EU's Future Noise Policy, WG2 – Dose/Effect**. Disponível em: [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise\\_expert\\_network.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf) Data de acesso: 09 de abril de 2016.

Fields, J. M., Jong, R., Brown, A.L., Flindell, I.H., Gjestland, T., Job, R. F. S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M., Yano, T., Guski, R., Felscher-Suhr, U e Schumer, R (2001) **Standardized General-Purpose Noise Reaction Questions for Community Noise Surveys: Research and a Recommendation**. Journal of Sound and Vibration, v. 242, n. 4, p. 641 – 679.

Garavelli, S. L., Maroja, A. M., Costa, C.A e Carvalho Júnior, E. B (2014) **O projeto de Lúcio Costa para Brasília (DF) e a contaminação acústica**. 6º PLURIS - Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional Integrado e Sustentável. Lisboa. Livro de Actas, 2014.

ISO (2003) Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. International Organization for Standardization. ISO/TS 15.666.

Lam, K., Chan, P-K., Chan, T-C., Au W-H e Hui W-C (2009) **Annoyance response to mixed transportation noise in Hong Kong**. Applied Acoustics. v. 70, p. 1 - 10.

*Maroja, A. M e Garavelli, S. L (2011) Emissão de ruídos de uma obra na construção civil. XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC). Búzios, Rio de Janeiro. Livro de Atas, 2011.*

Nunes, M e Ribeiro, H (2008) Interferências do ruído do tráfego urbano na qualidade de vida: zona residencial de Brasília/DF. Cadernos Metrôpoles. v. 19, p. 319 - 338.

RBAC (2013) Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (161). **Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos**. Aprovado na resolução n. 281, de 10 de setembro de 2013, publicado no Diário Oficial da União de 13 de setembro de 2013, Seção 1, p. 14 – 15.

Ribeiro, B. M. P., Madoz, K. A e Garavelli, S. L (2005) **Quantificação dos níveis de ruído emitidos por carros de som no Distrito Federal**. 1º PLURIS - Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional Integrado e Sustentável. São Carlos, São Paulo. Livro de Atas, 2005.

Sadr MK., Nassiri P, Hosseini M, Monavari M e Gharagozlou A (2014) **Assessment of land use compatibility and noise pollution at Imam Khomeini International Airport**. Journal of Air Transport Management, v. 34, p. 49 – 56.

Schreckenber, D., Meis, M., Kahl, C., Peschel, C e Eikmann, T (2010) **Aircraft noise and quality of life around Frankfurt Airport**. International journal of environmental research and public health, v. 7, n. 9, p. 3382 - 3405.

WHO (2011) World Health Organization. Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe. W.H.O. Regional Office for Europe: Denmark.

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

Data de aceite: 23/06/2020

### **Vivian da Silva Celestino Reginato**

Universidade Federal de Santa Catarina -  
Departamento de Engenharia Civil  
Florianópolis/SC  
ORCID: 0000-0003-3543-7977

### **Cleice Edinara Hubner**

CGT Eletrosul - Departamento de Gestão  
Ambiental e Fundiário  
Florianópolis/SC  
ORCID: 0000-0001-6214-9394

### **Samuel Abati**

CGT Eletrosul - Departamento de Gestão  
Ambiental e Fundiário  
Florianópolis/SC  
ORCID: 0000-0003-0157-026X

**RESUMO:** este capítulo apresenta o método de reconstrução cadastral em meio digital utilizado pela empresa CGT Eletrosul para reconstruir seus antigos cadastros analógicos relativos a propriedades atingidas por Linhas de Transmissão (LT) de forma a integrá-los em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para tanto foi apresentado um método cujas seguintes etapas foram realizadas: inventário e diagnóstico dos dados disponíveis;

modelagem de classe; reconstrução de entidade geográfica; relacionamento objeto x atributo; inserção dos objetos na classe; carga no Banco de Dados Geográfico (BDG) e Portal de Geoprocessamento. Para produzir resultados de forma a validar o método foram utilizadas como referência duas LT da CGT Eletrosul que possuíam cadastro somente em meio analógico. Como resultados, além de inventário e diagnóstico, estão sendo apresentados, o dicionário de dados gerados para a classe produzida, bem como a apresentação final do cadastro das propriedades atingidas por LT reconstruídas, tanto no BDG quanto publicados no portal de Geoprocessamento da CGT Eletrosul.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reconstrução cadastral; Reconstrução de bases cartográficas; Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

### CADASTRAL RECONSTRUCTION OF PROPERTIES ACHIEVED BY TRANSMISSION LINES OF THE CGT ELETROSUL COMPANY

**ABSTRACT:** this chapter presents the method of cadastral reconstruction in a digital media used by the company CGT Eletrosul to reconstruct its old analog cadastre related to properties reached by in order to integrate them into GIS. For this, a method was

presented whose following steps were performed: inventory and diagnosis of available data; class modeling; reconstruction of geographic entity; relationship object x attribute; insertion of objects into the class; load in the geographic database and Portal de Geoprocessamento. To produce results in order to validate the method, two transmission lines of CGT Eletrosul that had a cadastre in analog media were used as reference. As results, in addition to inventory and diagnosis, the data dictionary generated for the class produced, as well as the final presentation of the cadastre of the reconstructed properties are presented, both in the geographic database and published in Portal de Geoprocessamento of the CGT Eletrosul.

**KEYWORDS:** Cadastral Reconstruction; Reconstruction of cartographic bases; Geographic Information Systems (GIS).

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerado o maior sistema de transmissão de energia elétrica do mundo, o Sistema Interligado Nacional (SIN) brasileiro, é controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). O ONS conta com a participação de empresas de todo o país, trabalhando de forma interligada. A Eletrobras possui mais da metade das linhas de transmissão do Brasil e tem participado ativamente da expansão do SIN, que é formado basicamente por empresas de geração, transmissão e distribuição do país, permitindo o intercâmbio de energia elétrica entre as diversas regiões brasileiras (ELETROBRAS, 2017).

A energia elétrica cumpre uma função social e seus serviços são considerados de utilidade pública, assim como os serviços ligados a educação, água, saneamento, saúde, segurança, entre outros. A energia elétrica promove o desenvolvimento econômico e social de qualquer nação, diminuindo as desigualdades e o empobrecimento. Porém, para que a energia elétrica possa cumprir seu objetivo principal, é necessário que ela seja transportada desde a origem geradora até as residências. Isso ocorre, primeiramente, pela passagem da energia por longas distâncias via LT até as subestações, que convertem a energia para uma potência passível de ser utilizada pelos consumidores e, por fim, através de Linhas de Distribuição (LD), a energia é transportada ao seu destino final.

Para construir uma LT é necessário realizar um grande projeto de engenharia, que abrange diversas etapas como: estudos de viabilidade socioambiental, projeto básico e projeto consolidado. A construção de uma LT é considerada um projeto de Utilidade Pública, pois tem por finalidade atender a sociedade de uma forma geral. No âmbito de construção de LT, toda vez que um empreendimento atinge uma determinada propriedade particular no cumprimento de sua atividade de utilidade pública ela necessita realizar o que é denominado cadastro de propriedades atingidas. O cadastro é necessário para identificar qualitativa e quantitativamente o grau de atingimento das propriedades que ficam sob a LT, permitir a avaliação da propriedade e realizar a indenização aos proprietários.

Antes de realizar o cadastro, entretanto, durante a etapa de estudo de viabilidade socioambiental, é verificada a direção que a LT deverá seguir de forma a evitar que: a LT atinja propriedades comerciais e/ou industriais ou com muitas benfeitorias; existam muitas

deflexões na LT (devido às torres que deverão ser edificadas); existam passagens em locais extremamente íngremes; existam travessias (sobreposição das LT com rodovias, ferrovias, hidrografia e etc.) atinja unidades de conservação ambiental. Todo esse trabalho visa gerar uma relação razoável entre o custo e o benefício na instalação da obra.

O atingimento de uma propriedade por LT se dá através da averbação da faixa de servidão que é uma área ou faixa de segurança que contém restrições ao uso e deve ser mantida livre de construções e culturas de grande porte e/ou perenes, necessária para garantir a segurança das instalações da LT e das pessoas que convivem com a linha, porém, seu domínio permanece com o proprietário. A faixa de servidão da LT pode corresponder a uma distância predeterminada fixa ou variável, cujo centro é o eixo da própria LT.

Para materializar essa faixa em campo é necessária a realização de um levantamento topográfico e cadastral das propriedades que se encontram na diretriz da LT. Na CGT Eletrosul os levantamentos topográficos e seus respectivos documentos relativos aos atingimentos de LT em propriedades de terceiros são armazenados nos processos administrativos. Na sua origem os processos administrativos são produzidos em meio analógico, diferenciando-se pela sua natureza, em: servidão administrativa perpétua de eletroduto, servidão de acesso, aquisição, desapropriação, locação, entre outros.

Dependendo da época alguns levantamentos cadastrais foram realizados por métodos clássicos de levantamentos, como poligonação e irradiação topográfica, através de equipamentos como teodolitos e trena e, todos seus originais foram armazenados em meio analógico.

A partir de 2007, na CGT Eletrosul, devido ao advento tecnológico, os levantamentos cadastrais migraram dos métodos clássicos para os orbitais e digitais, ganhando agilidade e qualidade posicional com a inserção de equipamentos que diminuíram e/ou aperfeiçoaram etapas de densificação de redes geodésicas, transporte de coordenadas, procedimentos de cálculos e ajustamento das observações para o controle de qualidade.

No que tange aos processos cartográficos, na CGT Eletrosul, tanto em relação aos métodos de levantamento topográfico quanto à produção de plantas, desde essa época (2007) ocorre a migração dos meios clássicos e analógicos para os eletrônicos e digitais, o que permitiu o georreferenciamento dos territórios onde estão inseridos os ativos da empresa, como usinas hidrelétricas, usinas eólicas, LT, subestações, entre outros e, possibilitou a utilização de informações cruzadas entre os levantamentos cadastrais em meio digital em Computer Aided Design (CAD) ou SIG e as informações cadastrais semânticas e gráficas contidas ainda nos processos administrativos em meio analógico.

Porém, as plantas cadastrais que acompanham os processos gerados antes de 2007, referentes às propriedades atingidas por LT, não acompanharam essa migração, primeiro devido ao seu volume e complexidade e, segundo, devido à falta, não somente de originais em meio digital, mas de georreferenciamento dos vértices definidores dos limites de cada propriedade atingida que permitisse a sua migração com qualidade (ausência de coordenadas).

Os polígonos relativos a essas plantas cadastrais, especificamente, foram

disponibilizados somente em mídia analógica e sem georreferenciamento. Tendo somente como diretriz uma orientação relativa ao seguimento da LT, que tem como origem algum piquete na subestação que originou o caminhamento do levantamento cadastral.

Em relação ao eixo das LT, especificamente, foram realizados trabalhos de georreferenciamento para reconstruir a verdade de campo. Todas as LT da CGT Eletrosul atualmente estão disponibilizadas em ambiente digital e referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Essas LT foram levantadas ora por métodos diretos de mapeamento (Global Navigation Satellite System (GNSS), topografia) ora por métodos indiretos (sensoriamento remoto e fotogrametria). Porém a tarefa árdua tem sido agregar às LT georeferenciadas às entidades geométricas relativas aos cadastros de propriedades atingidas por LT armazenados em meio analógico e sem georreferenciamento.

## 2 | OBJETIVOS

O objetivo geral deste capítulo é apresentar o método de reconstrução em meio digital dos dados advindos das plantas topográficas analógicas cadastrais de propriedades atingidas por LT da CGT Eletrosul de forma a integrá-los em SIG. Especificamente os objetivos são:

- Modelar e produzir a classe de “Cadastro de Transmissão” de acordo com a padronização do BDG corporativo da CGT Eletrosul;
- Produzir objetos geográficos a partir de original cartográfico analógico não georreferenciado;
- Relacionar os objetos geográficos produzidos à classe “Cadastro de Transmissão”;
- Integrar os objetos e classe produzida ao BDG corporativo da CGT Eletrosul e publicar as informações produzidas via Portal de Geoprocessamento.

## 3 | REFERENCIAL TEÓRICO

A crescente demanda por informações geográficas, impulsionada pelas mais diversas aplicações, tem levado os usuários cada vez mais a recorrerem às bases cartográficas digitais. As possibilidades de estruturação de bases de dados em ambiente SIG, aliado às fontes de dados já existentes, tem propiciado a composição de bases cartográficas destinadas a uma gama de interesses, satisfazendo desde atividades de planejamento à tomada de decisão. No entanto, a qualidade de uma base de dados com informações cartográficas está intimamente relacionada com a uniformização e consistência dos diferentes dados digitais que a compõem.

A estruturação de bases é um processo fundamental para gerar qualquer SIG, demanda tempo e utilização de equipes multidisciplinares. Porém, antigamente os levantamentos topográficos eram realizados localmente, muitas vezes sem referência alguma e levavam somente a escala em consideração no momento da produção gráfica.

Para mapeamentos cuja graficação se deu em meio analógico existe a necessidade de migrar os originais em papel ou em meio digital em formato matricial para o meio digital em

formato vetorial georreferenciado. Esse processo de migração é denominado de reconstrução cartográfica.

O processo de reconstrução cartográfica é um processo mais rápido e de custo menor do que o de geração de uma base nova, pois suprime a etapa de levantamento de dados em campo. Uma base de dados com informações cartográficas, ou simplesmente base cartográfica, é entendida por Silveira et al. (2008), como sendo a representação cartográfica dos aspectos do mundo real, produzida com a aplicação de métodos específicos de transformação de superfícies apoiados em um referencial geodésico único, representada inicialmente em um formato analógico.

Com os avanços tecnológicos as bases cartográficas produzidas antes em formato analógico passaram a ceder espaço às bases cartográficas em meio digital. Paulino e Carneiro (1998) conceituam que uma base cartográfica digital é um conjunto de registros em formato digital cujos elementos representam e expressam cartograficamente o conhecimento das características de um determinado ambiente e de seus componentes. As bases cartográficas digitais possibilitaram incorporar e representar uma diversidade maior de informações do ambiente mapeado através das camadas de informações, antes limitadas de serem representadas em meios analógicos. Com isso, aliado ao advento dos SIG, surgiu à necessidade de estruturação das bases cartográficas digitais.

De acordo Silveira et al. (2008) a estruturação de bases cartográficas em ambiente SIG é imprescindível para a administração e gestão dos dados espaciais, garantindo que estes tenham acurácia e qualidade, desde o armazenamento a sua utilização. Nessa perspectiva, cuidados precisam ser tomados durante o processo de estruturação da base de dados, tais como:

- Organização dos dados em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD);
- Revisão dos produtos cartográficos já existentes e correção de possíveis erros dos dados adquiridos;
- Definição da escala de representação/visualização;
- Adequação do sistema de projeção e referência;
- Avaliação da qualidade e fonte das informações existentes;
- Definição do objetivo e finalidade da base;
- Manutenção e atualização da base e correção de erros.

Em relação ao mapeamento sistemático, segundo Delou (2006) a preocupação pela adoção de padrões na cartografia brasileira vem desde a primeira metade do século XX, com legislação específica que já regulamentava as operações cartográficas objetivando a uniformização. Com implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) pelo decreto nº 6.666 em 2008, e pelas especificações técnicas (ET-EDGV e ET-ADGV), espera-se que estes problemas sejam contornados.

A atual facilidade de gerar bases cartográficas digitais em ambientes SIG, utilizando, por exemplo, imagens orbitais, fotográficas aéreas, documentos e/ou dados cartográficos



já existentes, dentre outros, tem proporcionado a obtenção de produtos satisfatórios e consistentes para diversas aplicações. No entanto, conforme observa Guimarães e Gripp Júnior (2010) uma das fases de produção de bases cartográficas digitais, consiste em editar os dados, que podem ser provenientes de fontes diversas. Sendo parte dessa fase, aspectos relacionados à compatibilização entre diferentes sistemas de coordenada e de referência, implementação e validação topológica dos elementos e correção de possíveis inconsistências, criação e edição de atributos e sua integração a elementos gráficos, preenchimento de metadados, etc.

Robinson et. al (1995) apontam quatro pontos relevantes para utilizar uma base cartográfica de dados em SIG, que supõe-se que seja incluída a etapa de reconstrução de dados a partir de levantamentos analógicos:

- **Custo da Criação:** os dados existentes são mais baratos que executar um novo levantamento. Além do mais, os dados existentes derivam de produtos que possuem altos níveis de exatidão e precisão;
- **Utilizações específicas:** Algumas análises em SIG são multiescalas, e ocupam grandes espaços de armazenamento;
- **Ausências de fontes alternativas:** Algumas informações só podem ser apresentadas em mapas e só fazem sentido quando são representadas superpostas;
- **Emissão de produtos gráficos:** A emissão de relatórios e gráficos, é uma componente chave para a utilização dos SIG.

Ao estruturar as entidades geográficas em um banco de dados, tem-se maior segurança e integridade das relações entre os dados que a compõem, possibilitando evitar multiplicidade de informações ou mesmo informações dispersas e desconexas, além de permitir estabelecer regras topológicas e proceder a correções cabíveis de feições inconsistentes.

É importante ressaltar que, a reconstrução de entidades geográficas adotando os padrões recomendados pelas especificações nacionais vigentes, é extremamente importante para a construção de um sistema de mapeamento padronizado e uniformizado que facilite o intercâmbio e atualização de informações na produção cartográfica. De acordo com Silveira et al. (2008) o processo de estruturação de bases Cartográficas para SIG se dá de duas formas: a primeira é a estruturação de bases a partir do processo construtivo, onde são utilizados dados já existentes (cartas, aerofotos, CAD, entre outros). A segunda é através do processo criativo de dados em si, ou seja, quando não existem dados disponíveis.

Como a estruturação de uma base de dados para SIG depende da finalidade da aplicação, nos procedimentos descritos a seguir iremos abordar a estruturação de uma base de dados utilizando os dados provenientes de processos administrativos analógicos relativos ao cadastro de propriedades de LT, obtidos por levantamentos clássicos sem georreferenciamento, bem como os dados georreferenciados cadastrais dos eixos das LT obtidos por levantamentos híbridos (GNSS, topografia, aerofotogrametria e sensoriamento remoto) que compreendem tanto os ambientes rurais quanto os urbanos.

## 4 | DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

O método adotado abrange a reconstrução do cadastro topográfico de propriedades atingidas por LT em meio analógico para o meio digital georreferenciado e a respectiva integração ao BDG. O método desenvolvido está descrito nas etapas indicadas a seguir.

**Inventário dos Dados Disponíveis:** envolve as fases de **Inventário das LT** (identificação das LT que possuem plantas cadastrais que estão em meio analógico não georreferenciado) e **Inventário dos processos das LT** (entidades geográficas que necessitam de reconstrução), que envolvem a quantificação das LT (já georreferenciadas e inseridas no BDG corporativo), bem como a quantificação do número de propriedades a serem reconstruídas por LT, cujo resultado deve ser estruturado na forma de tabela, com a descrição dos respectivos atributos e domínios encontrados;

**Diagnóstico dos Dados Disponíveis:** relativo às informações qualitativas disponibilizadas nos processos analógicos de forma a verificar se os dados a serem reconstruídos possuem: algum dado em mídia digital, referência a um sistema geodésico, projeção cartográfica ou sistemas de coordenadas locais;

**Modelagem da classe:** definição da classe geográfica que envolverá todas as informações relativas aos cadastros de propriedades atingidas por LT. Primeiramente deve ser dado um nome para a classe, como, por exemplo, “Cadastro de Transmissão”. Para essa classe devem ser modelados os atributos e domínios relativos aos dados cadastrais das propriedades atingidas, integrando com os atributos e domínios das LT já inventariados, tanto geográficos quanto semânticos. A estruturação deve ser realizada através de tabelas com seu respectivo dicionário de dados para definir a classe, bem como a sua futura implementação;

**Reconstrução da entidade geográfica (objeto):** compreende a fase efetiva de migração das informações gráficas contidas nos processos em meio analógico, seja em papel ou pdf, para o ambiente computacional. É nessa fase que é reconstruído efetivamente o polígono relativo à propriedade atingida pela LT.

**Relacionamento objeto x atributo:** compreende a fase de integração entre o objeto produzido em CAD e seus atributos para comporem a classe definida. Esse processo pode se dar de várias formas, neste trabalho a tabela de atributos foi gerada no SIG e o objeto foi gerado em CAD e pós ambos foram relacionados pelo identificador;

**Inserção dos objetos na classe e carga no BDG:** inserção dos objetos reconstruídos na classe “Cadastro de Transmissão”, no BDG, ou seja, foi realizada a carga de dados gerados em CAD no BDG corporativo e a posterior publicação dos dados no portal de geoprocessamento.

## 5 | RESULTADOS

Neste item serão apresentados os resultados preliminares desenvolvidos em seis meses de implantação do projeto na Empresa CGT Eletrosul durante o ano de 2017.

## 5.1 Inventário e Diagnóstico

Foram inventariadas 176 LT, o que resultou num diagnóstico de mais de 11 mil km de LT, somente na fase de operação. Todas as informações gráficas relativas aos eixos das LT apresentaram-se em meio digital georreferenciado em SIRGAS2000 e encontram-se armazenadas no BDG corporativo da CGT Eletrosul. As informações relativas aos eixos das LT inventariadas pertencem à classe “Linha em operação” e possuem os seguintes atributos e domínios: Número, Nome, Sigla, Tensão, Número do circuito, Extensão (km), Tipo de faixa de servidão e Largura da faixa de servidão. Em relação aos processos administrativos foram inventariados em torno de 36 mil, sendo que destes, aproximadamente 5 mil encontram-se armazenados em mídia microfilmada, 24 mil encontram-se digitalizados e armazenados em pdf e em torno de 7 mil ainda estão armazenados somente em meio analógico (papel) organizados em arquivos do tipo deslizante.

Foi diagnosticado que, dos 11 mil km de eixos de LT inventariados, 9,4 mil km apresentam cadastro de propriedades atingidas por LT somente em meio analógico e/ou em meio digital rasterizado e/ou microfilmado não georreferenciado, ou seja, correspondem a 24 mil processos que necessitam ter seus cadastros/plantas cadastrais reconstruídos. Foram inventariados/diagnosticados também nessa fase os atributos e domínios relativos aos dados extraídos dos processos administrativos, onde, primeiramente, foram verificadas as informações advindas das plantas cadastrais topográficas, como escala (no geral apresentadas em escalas grandes, do tipo 1:1000, no formato A4).

Verificou-se que as plantas apresentavam orientação sempre no sentido de seguimento/construção da LT (Norte à vante da LT), o que norteou os trabalhos das etapas subsequentes. Foi verificado também que as numerações das plantas cadastrais seguiam a mesma numeração sequencial descrita nas capas dos processos administrativos. A título de exemplificação, apresenta-se a seguir, o exemplo de codificação alfanumérica utilizada na capa de um processo administrativo inventariado da Linha de Transmissão Biguaçu – Blumenau (LT BIG – BLU) e, conseqüentemente, nas plantas cadastrais contidas nos processos:

Número: BIG – BLU 0001

Onde:

BIG: código da subestação origem da LT, ou seja, Biguaçu

BLU: código da subestação destino da LT, ou seja, Blumenau

0001: relativo ao primeiro processo administrativo, ou seja, a primeira propriedade atingida pela LT BIG – BLU

Verificou-se, também, que cada processo administrativo possui um identificador, atribuído quando do cadastro do mesmo no Sistema de Desapropriação de Imóveis (DIM) da Eletrosul. Este sistema legado (banco de dados *Natural Adabas*) consolida as informações relacionadas aos processos administrativos de liberação fundiária. O número identificador do sistema DIM é o único código inequívoco que diferencia um processo de outro, e apresenta-se de acordo com exemplo a seguir:

Para a etapa subsequente de modelagem e produção da classe foi definido que o mesmo critério de identificação seria atribuído para produzir os objetos, porém sem utilizar o hífen. Para finalizar o inventário/diagnóstico foram extraídos dos processos administrativos os seguintes atributos de forma a compor os atributos e domínios na nova classe gerada:

Identificador – código atribuído pelo DIM

Sigla da obra – abreviação do nome da obra

Número do processo - codificação alfanumérica

Interessado – nome do proprietário/empresa atingido

Área indenizada – área atingida que deve ser indenizada

Número do documento – número da transcrição ou matrícula do imóvel

Tipo de indenização – servidão administrativa perpétua de eletroduto, servidão de acesso, aquisição, desapropriação, locação, entre outros

Situação do processo – pendente, concluído, inexistente

Data – data do cadastro do processo no DIM

Município – Município do imóvel atingido

UF – Estado do imóvel atingido

## 5.2 Modelagem e produção da classe

Primeiramente para modelar a classe foram definidos os atributos necessários para compô-la. Foram utilizados alguns atributos advindos da classe de “LT em operação”, como nome, largura de faixa, entre outros, bem como os atributos diagnosticados nos processos analógicos. Alguns atributos foram acrescentados à classe de forma a integrá-los no BDG. A classe produzida denominou-se “Cadastro de Transmissão” e seus atributos foram documentados num Dicionário de Dados (Quadro 1).

Classe	Descrição				Prim. geométrica	Representação	
CADASTRO_TRANSMISSAO	Classe geográfica que corresponde aos limites de abrangência dos processos fundiários originados pela instituição de servidão administrativa e/ou desapropriação de imóveis para a implantação de Linhas de Transmissão e Subestações, os quais podem ser constituídos por uma parcela, ou pelo todo de um ou mais imóveis (propriedade ou posse) e visam à gestão patrimonial da faixa de servidão ou do imóvel desapropriado.				Polígono	-	
Atributo	Tipo de dado	Tamanho/Precisão	Escala	Null Values	Descrição	Domínio	Descrição
SIGLA_OBRA	Text	15	-	NO	Sigla da obra conforme denominado no Sistema DIM – Sistema de Desapropriação de Imóveis da Eletrosul.	A ser preenchido	Ex: AS-MA-S/LO
TIPO_EMPREENDIMENTO	Text	40	-	NO	Define o tipo de empreendimento (neste caso, se é uma SE ou LT).	A ser selecionado	TIPO_EMPREENDIMENTO
PROCESSO	Text	20	-	YES	Nome do processo fundiário constituído pela sigla da obra seguido do número sequencial de cadastro, conforme Sistema DIM.	A ser preenchido	Ex: AS-MA-S/LO-0001
IDENTIFICADOR	Text	10	-	YES	Número identificador do processo fundiário originado no Sistema DIM.	A ser preenchido	Ex: 133263
INTERESSADO	Text	255	-	NO	Nome do proprietário ou do principal condômino do imóvel atingido.	A ser preenchido	Ex: Marina Roberto da Gama ou Marina Roberto da Gama E/OU
INTERESSADO_AB	Text	40	-	NO	Nome do proprietário ou do principal condômino do imóvel atingido, escrito de forma abreviada.	A ser preenchido	Ex: Marina R. da Gama ou Marina R. da Gama E/OU
AREA_CALCULADA	Double	10	4	NO	Área de abrangência do processo fundiário calculada em hectares (ha) pelo GIS.	A ser calculado	Ex: 0,3985
AREA_INDEZENIZADA	Double	10	4	YES	Área indenizada do processo fundiário em hectares (ha).	A ser preenchido	Ex: 0,3246
AREA_REG	Double	10	4	YES	Área registrada na matrícula, em hectares (ha), referente à servidão ou desapropriação do processo fundiário.	A ser preenchido	Ex: 0,3246
NUMERO_DOC	Text	150	-	YES	Número do título de propriedade no qual foi registrada a servidão ou desapropriação (quando existir, podendo existir mais de um).	A ser preenchido	Ex: 1399 ou 1399 / 1489
QTD_TO	Short Integer	2	-	YES	Indica a quantidade de estruturas (torres de transmissão)	A ser preenchido	Ex: 1

Quadro 1 – Dicionário de dados da classe geográfica Cadastro de Transmissão.

### 5.3 Reconstrução do objeto e relacionamento

Para iniciar a implementação do projeto e validar o método de reconstrução proposto foram escolhidas as LT AS – MA - S/LO (Assis – Maringá – Seccionamento Londrina), por conter somente 16 propriedades atingidas e a LTAS – LO – AP (Assis - Londrina – Apucarana), que contém 513 propriedades atingidas. Alguns objetos reconstruídos relativos à LTAS – LO – AP estão representados na Figura 1.

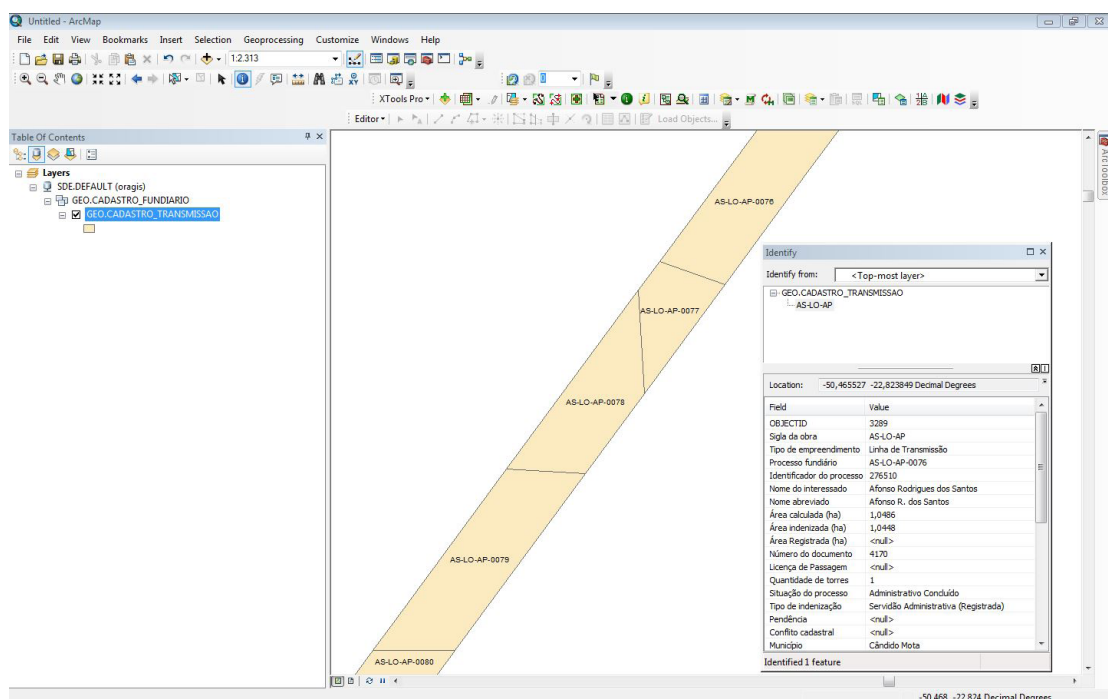


Figura 1 - Objetos reconstruídos e carregados no BDG corporativo da Eletrosul

## 5.4 Carga no BDG e publicação no portal de geoprocessamento da CGT Eletrosul

A carga no BDG consistiu em inserir os objetos reconstruídos na classe de feição “Cadastro de Transmissão”, estruturada lógica e fisicamente no banco corporativo da Empresa CGT Eletrosul em ambiente de produção, procedimento permitido apenas pelo “dataowner”. Após a inserção foram definidos os privilégios de cada usuário desta classe, ou seja, foram definidos os usuários que podem incluir, alterar e excluir os registros desta classe. Para publicação no Portal de Geoprocessamento da CGT Eletrosul (Figura 2) foi criada uma nova camada SIG intitulada “Cadastro de Transmissão” no conteúdo do mapa (arquivo *mxd*), que foi publicado como um novo serviço de mapa no servidor. Posteriormente foi realizada a operação da aplicação SIGWeb do Portal, desenvolvida em linguagem de programação *JavaScript* para este novo serviço.

O Portal de Geoprocessamento da CGT Eletrosul consiste numa aplicação SIGWeb desenvolvida para visualização, pesquisa e análise das informações geográficas da CGT Eletrosul que estão armazenadas no BDG. O Portal é o ambiente corporativo criado para disseminação destas informações para usuários e não usuários SIG. Após os testes realizados no ambiente de desenvolvimento o serviço foi publicado no ambiente de produção do Portal.

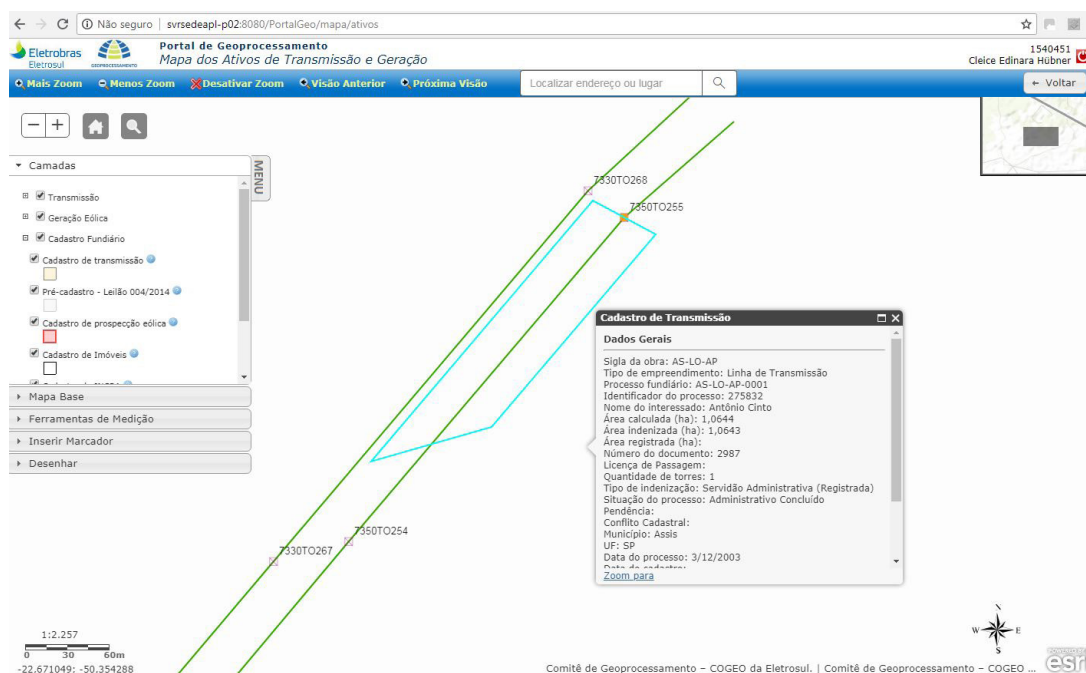


Figura 2 - Objetos reconstruídos e publicados no Portal de Geoprocessamento

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como existem aproximadamente 24 mil processos a serem reconstruídos, distribuídos em 9,4 km de LT, estima-se que existam 2,5 propriedades atingidas para cada quilômetro de LT existente.

Empiricamente verificou-se que um técnico experiente consegue reconstruir por dia, cerca de 10 objetos (10 processos relativos a 10 levantamentos topográficos cadastrais) com seus respectivos atributos. Um técnico sozinho, não conseguiria realizar um levantamento

cadastral de 10 propriedades por dia, mesmo portando de tecnologia de suporte, como GNSS e coletores de informações. Levando em consideração 8 horas de trabalho diário, 5 dias por semana ou 22 dias úteis por mês, nesse ritmo e situação podem ser reconstruídos aproximadamente 220 cadastros de propriedades atingidas por mês. Levando em conta, também, um mês de férias, seria necessário para um técnico que trabalhe em tempo integral somente nessa atividade, aproximadamente 10 anos para concluir a reconstrução dos objetos relativos aos cadastros de propriedades atingidas por LT da Eletrosul.

Após o desenvolvimento do método apresentado neste artigo e as considerações apresentadas, a Empresa CGT Eletrosul está verificando a possibilidade de realizar a reconstrução cadastral das propriedades atingidas por suas LT através de um contrato de serviço.

## REFERÊNCIAS

DELOU, A. L. A. **Estruturação de bases cartográficas para SIG: um estudo comparativo dos modelos do IBGE e da DSG**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2006.

ELETROSUL. Disponível em <http://www.eletrosul.gov.br/a-empresa/mercado-de-atuacao>. Acesso em: 10 out. 2017.

ELETROBRAS. Disponível em <http://www.elektrobras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/services/elektrobras/trilhaenergia/pdfs/como-a-energia-eletrica-e-transmitida-no-brasil.pdf>. 2017. Acesso em: 01 out. 2017.

GUIMARÃES, W. D.; GRIPP JÚNIOR, J. **Notas de Aula. Disciplina: Cartografia Digital I**. Universidade Federal de Viçosa - UFV. 2010. Viçosa, MG, Brasil.

PAULINO, L. A., CARNEIRO, A. F. T. **Base de dados gráficos para Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)**. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC 98, UFSC, Florianópolis, 1998.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRSCHE, P. C.; KIMERLING, A. J.; GUPTILL, S.C. **Elements of cartography**. John Wiley e Sons, INC. 6 th ed, 1995.

SILVEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. F. T.; PORTUGAL, J. L. **Estruturação de bases cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008.

## ILUMINAÇÃO, CONFORTO E SEGURANÇA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Data de aceite: 23/06/2020

**Cristhian Elisario Nagawo**  
**Elcione Maria Lobato de Moraes**  
**Thaiza de Souza Dias**  
**Sonia da Silva Teixeira**  
**Athena Artemisia Oliveira de Araújo**  
**Vieira**  
**Ana Caroline Borges Santos**

**RESUMO:** A Iluminação Pública de uma cidade é um elemento primordial para a composição da paisagem urbana e usufruto qualitativo de seus espaços comuns, seja por motoristas ou pedestres, sendo necessário um desenho cuidadoso desta a fim de garantir níveis de luz adequados às tarefas desempenhadas, ao conforto e a segurança dos transeuntes. Este artigo busca caracterizar a condição de iluminação do sistema viário no *Campus* Guamá da Universidade Federal do Pará através de medições dos níveis de iluminância. Os resultados possibilitaram diagnosticar as áreas com iluminação adequada e as com deficiência, enumerando os elementos que comprometem o bom aproveitamento da luz, percebendo-se a importância de manter a constância no espaçamento entre os

equipamentos de iluminação, a garantia da uniformidade nos níveis de iluminância, e a adequada altura das luminárias ajustada a arborização de modo a não produzir interferência na passagem da luz nem originar sombras indesejadas nas áreas de circulação.

Palavras-chave : Conforto Ambiental, Iluminação Pública, Segurança, Sustentabilidade

**ABSTRACT:** The Public Illumination of a city is a very important element in the construction of the quality in the urban environment, as well as in the use of its public spaces: as being used by drivers or pedestrians. For that matter, the design of illumination in the urban space needs to be done in a way that guarantees the sufficient levels of illumination for urban life. This paper search looks for the characterization of the levels of light in the streets of Campus Gumá da Universidade Federal do Pará through the measures of illuminance levels. The results allowed us to identify the areas with appropriate amount of light and the ones that does not have, as well as the elements that compromises the good performance of the light. In conclusion, the research shows the importance of keeping a constant space between the street lights and, consequently, the uniform levels of



iluminance. The research also shows that the relation between the height of the treetop and the post of light, once the treetops can interfere in the passage of the light and project shadows in the streets and sidewalks.

**KEYWORDS:** Environmental Comfort, Street Light, Security, Sustainability

## 1 | INTRODUÇÃO

Antes da iluminação pública barata, limpa e eficiente que se observa nos dias atuais, poucas atividades eram possíveis de serem realizadas no espaço público à noite (MASCARO, 2006). A iluminação elétrica mudou o tempo e as horas de vida normal diurna, pois sua principal função é a de prolongar os nossos dias de modo que fornece a quantidade de luz necessária para a orientação no ambiente urbano, sendo um projeto harmonioso com o entorno capaz de proporcionar iluminação adequada a automóveis e pedestres, garantindo a segurança, conforto e eficiência às atividades noturnas. (SANTOS, 2005; LOPES, 2009; GARCÍA et al, 2015).

Por isso, foram desenvolvidas lâmpadas e luminárias que, em conjunto, possibilitassem uma boa distribuição da luz sem um grande dispêndio de energia elétrica (SANTOS, 2011). Entretanto nem sempre essas evoluções nas tecnologias de Iluminação Pública (IP) tiveram foco único na qualidade da luz, uma vez que o consumo de energia elétrica também era um limitador (SANTOS, 2005). Por exemplo, no caso das lâmpadas a vapor de sódio, amplamente utilizadas na iluminação pública atual, proporciona um elevado rendimento na produção da luz mas com índice de reprodução de cores deficiente (DIAS, 2013). Entretanto resultados de entrevistas revelam que a percepção de conforto, segurança e luminosidade das pessoas melhora quando se utiliza a lâmpada de vapor metálico (luz branca) do que quando se usa a de vapor de sódio (luz amarelada). Apesar disso, o resultado de experimentos de reconhecimento de rostos revela uma diferença não muito significativa entre as duas lâmpadas, revelando que se trata de uma questão com fatores mais subjetivos e complexos a serem examinados. (KNIGHT, C. 2010)

Para Painter (1996) uma boa iluminação pública contribui não só para a segurança, mas também para a redução de crimes e medo do crime, encorajando um uso maior das ruas em áreas residenciais depois do anoitecer. Isso se dá pelo aumento da sensação de segurança ser fundamenta na maior visibilidade e possibilidade de não ser pego de surpresa. No entanto, a iluminação pública não deve ser vista como solução de todos os crimes, mas sim como um catalisador que causa mudanças no comportamento social para contribuir na redução da desordem e criminalidade.

Assim, até pouco tempo atrás, a iluminação de espaço urbano era uma área negligenciada, tanto pelos iluminadores como pelos arquitetos e urbanistas, (MASCARO, 2006) que devido a falta de planejamento acabaram por tornar a IP deficiente em muitos locais. Essa afirmação foi comprovada no Campus do Guamá da Universidade Federal do Pará, em Belém, que mesmo sendo considerado o maior complexo universitário da Região Norte, com mais de 50 mil alunos (UFPA, 2016), padece com as condições precária da

iluminação pública local. Este, apresenta áreas verdes em grande quantidade, porém sem integração relevante com os edifícios do setor, locados no sentido Leste-Oeste e conectados por um sistema viário periférico (XIMENES, 2011).

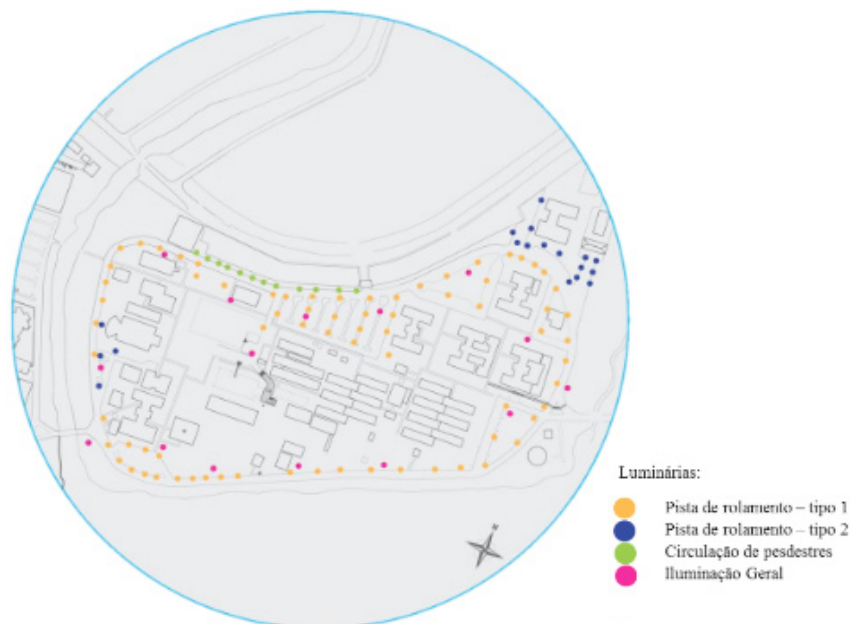
Ao longo do sistema viário são distribuídas luminárias, as quais se encontram em mau estado de conservação devido ao depósito de poeira e seu natural envelhecimento, causando depreciação ao fluxo luminoso emitido e diminuindo o nível de iluminação (SANTOS, 2011). Essas condições contribuem para o aparecimento de zonas escuras ou com baixos níveis de iluminação, provocando desconforto visual e o aumento do risco para usuários das vias de comunicação já que reduz a distância de visualização dos obstáculos. (LOPES, 2009)

As zonas com baixa iluminação tendem a promover ocorrências de assaltos e atos criminosos, pois “quem procura fazer algo de errado, não quer ser visto. Por isso, a boa iluminação é uma grande inimiga do crime. Isso está provado mundialmente.” (Roizenblatt apud AVER, 2013). Essa situação também pode ser sinônimo de perigo para os condutores de veículos, uma vez que “a taxa de acidentes mortais no período noturno em vias não iluminadas é aproximadamente 3 vezes a taxa do período diurno, baseado numa proporção de veículos e distâncias a viajar.” (Lopes, 2009, p 5).

Diante da problemática exposta e da falta de planejamento e adequação dos equipamentos de iluminação pública ao espaço circundante no Campus do Guamá da UFPA em Belém, este trabalho tem como objetivo diagnosticar as condições da IP sob os aspectos do conforto luminoso e da segurança física de seus usuários e, ainda, propor um projeto que aponte estratégias específicas para os aspectos citados.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com base no levantamento bibliográfico e de campo foi feito o mapeamento das vias de grande fluxo de veículos e pedestres, as quais contornam o complexo de edifícios do setor Profissional do *campus*. Sob a planta cartográfica foram locados os pontos de iluminação e gerado o mapa com as informações físicas da área de estudo juntamente com a indicação exata da localização dos postes de iluminação (Figura 01).

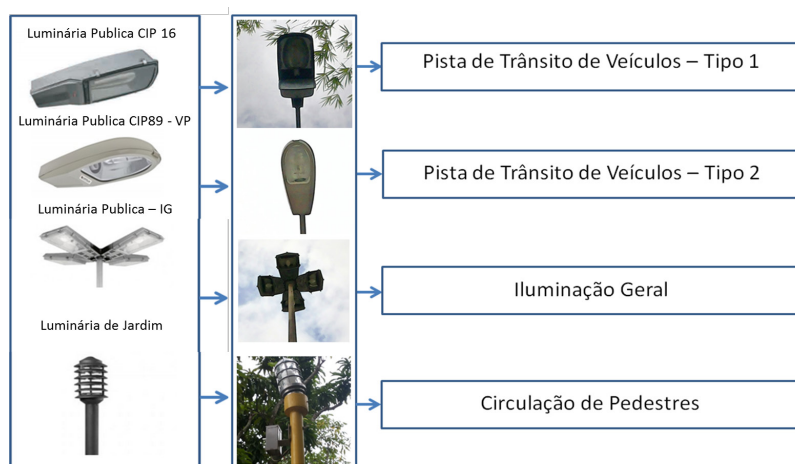


**Figura 01: Planta com os pontos de luz existentes no setor Profissional do *campus* Guamá.**

Fonte: Prefeitura da UFPA. Adaptador por Nagawo, 2014.

## 2.1 Calibração do modelo - análises de sensibilidade

Foram catalogadas as luminárias e lâmpadas instaladas na área de estudo para a formulação do método de medição e comparação com os níveis de iluminância medidos nas vias. Para tal os postes e lâmpadas foram fotografados e identificados em catálogos de equipamentos para iluminação pública. Existem 4 tipos de luminárias: dois para iluminação das vias de circulação de veículos; um para iluminação geral; e um para iluminação de pedestres (Figura 2), sendo a identificação do tipo e formato das lâmpadas feita através de visitas noturnas *in loco*, onde todas as lâmpadas são de vapor de sódio. (Figura 3)



**Figura 02: Correspondência entre os luminárias indicadas em catálogos e as presentes no campus**



Figura 03: Simbologia e lâmpadas correspondentes e foto com exemplo de coloração emitida por uma lâmpada a vapor de sódio na área de estudo.

## 2.2 Medição da Iluminância

Os níveis de iluminância foram medidos com um luxímetro de marca Homins, modelo 204. As medições de campo ocorreram no período de 10 dias no horário entre 19:00h e 20:00h, sendo o método de medição de iluminância baseado nas recomendações da norma NBR 5101/1992 no subitem 7.2 (ABNT, 1992). Foram dispostos 9 pontos em uma malha reticulada de 3 metros no sentido transversal da via e 6 metros no sentido longitudinal. Esse sistema de medidas foi definido a partir da largura das vias e da distância entre o posicionamento dos postes.

Para a elaboração do mapa com as curvas Isolux foram locados os pontos das medições do nível de iluminância na planta cartográfica com todas as informações coletadas. Os valores medidos foram introduzidos em cada ponto de medição, as coordenadas nos eixos X e Y no mapa do formato CAD. Os dados foram inserido em uma tabela *Excel* a qual foi processada no programa *Surfer* que gerou o mapa de curvas Isolux. Assim foi possível examinar com maior precisão os valores de iluminância na área de estudo e relacioná-los com os componentes de iluminação do *campus* identificados anteriormente (luminárias e lâmpadas), permitindo a análise dos fatores responsáveis pelo comportamento da iluminação na área de estudo.

## 2.3 Confecção do Mapa com as Condições Ideais de Iluminação

Procurou-se elaborar uma modelo com a iluminação ideal para área de estudo, com os espaçamentos entre os postes e um método de cálculo de rebaixamento da altura de montagem das luminárias, para adequá-la a vegetação existente. Usou-se como referência os modelos sugeridos no manual de IP da CEMIG (CEMIG, 2012). Para a simulação da iluminação proposta foi utilizado o software DALUX, a planta baixa com todos as informações gráficas do campus, no formato CAD, assim como as alturas dos postes, tipos de luminárias e lâmpadas. Configurada a área de estudo foi feito o cálculo da quantidade de iluminação para o campus a partir da nova proposta.

### 3 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor análise do objeto de estudo, foram elaborados diferentes mapas com intervalos específicos de níveis de iluminância de modo a possibilitar a visualização das áreas com maiores ou menores condições de percepção e conforto visual. Os intervalos correspondem a 3 níveis considerados: abaixo, adequados e acima dos recomendados pela norma. Adotou-se como parâmetro de análise uma via com fluxo médio de pedestres e com volume de tráfego motorizado noturno também leve, inferior a 150 veículos/hora, em pista única (MORAES, et al., 2013). Nessas condições a iluminância média mínima (Emed, min) exigida é igual a 5 lux e o fator de uniformidade mínimo (U) recomendado, em função do tipo de via e volume de tráfego, é de até 0,2 segundo a NBR 5101/92 (ABNT,1992). Definidos os critérios sob os quais deveriam ser avaliadas as vias de circulação do *campus* e com os mapas já interpolados pelo programas *Sufer*, foram efetuadas as análises das condições de iluminação na área de estudo. A Figura 4 ilustra ( em vermelho) as áreas com níveis de iluminamento inferiores à 5 Lux

A Figura 04 delinea uma quantidade significativa de áreas em níveis de iluminamento inferior aos recomendados pela NBR 5101/92, com destaque para as áreas 1, 2 e 3. Essa condição ocorre basicamente por dois motivos: no caso da área 1 é possível verificar que a extensão da área é muito grande e, apesar de não possuir obstrução de elementos vegetais, há poucas luminárias em funcionamento, especialmente no estacionamento, evidenciando a importância da manutenção dos equipamentos para a qualidade visual do espaço; já nas demais áreas existe a presença expressiva de vegetação de grande porte, porém o sistema de iluminação pública implantado não é adequado ao local, comprometendo a eficiência luminosa através de grandes manchas de sombra devido a obstrução da luz pelas copas.

Porém é possível observar que há áreas com valores de iluminância que atendem os níveis exigidos pela norma, como pode ser visto na Figura 05 a qual apresenta curvas Isolux para valores entre 5 Lux e 25 Lux. Esses valores estão distribuídos em algumas áreas do *campus*, demonstrando que setor profissional possui níveis adequados de iluminância nessa áreas. Contudo, há pontos com maiores ou menores níveis de iluminamento, comprometendo a uniformidade de iluminação do espaço.



Figura 04: Mapa de iluminação com valores inferiores à 5 Lux.

Nas Figura 06 e 07 estão expostas as áreas com níveis entre 40 e 60 Lux e 60 e 80 Lux, ou seja, níveis muito acima do indicado pela norma (5 Lux). Observa-se que esses níveis são registrados de forma pontual por toda a extensão do setor, sendo motivado pela proximidade às luminárias, uma vez que o nível de iluminância é maior no entorno imediato das luminárias. Todavia, é possível verificar a intensidade desses níveis em uma área específica do campus (Área 4). Esta área é relativamente nova, de modo que apresenta luminárias tipo 2 (Figura 02) e maior concentração desses equipamentos, além de pouca presença de vegetação de grande porte, porém com latente falta de projeto e melhor distribuição dos pontos de luz nesse espaço.



**Figura 06: Níveis de iluminância de 40-60 Lux**    **Figura 07: Níveis de iluminância de 60-80 Lux**

A variação da intensidade luminosa compromete a distribuição uniforme da iluminação, resultando assim em áreas com índices de uniformidades variados e, em alguns casos, abaixo dos valores estabelecidos em norma. Como a uniformidade decai com variação dos níveis de iluminância, esta permanecerá inconstante enquanto não houver adequação dos equipamentos ao entorno. A Figura 08 ilustra de forma esquemática com escala de cores o fator de uniformidade no setor de análise, possibilitando concluir que tais valores variam de 0,6U à 0U, apresentando zonas com uniformidade adequada e outras não.



Figura 08: Mapa esquemático do fator de uniformidade (U) da área de estudo.

Apesar de a pesquisa centrar suas análises nas vias de rolamento e o sistema de trânsito para pedestres estar concentrado em passarelas ao longo do setor, existe ainda um intenso fluxo de pessoas em calçadas contornam a via, demonstradas na Figura 09. Essa figura mostra a comparação dos níveis de iluminação nas áreas de pedestre, sendo possível verificar regiões expressivas de níveis abaixo do recomendado pela norma. Tal situação compromete a segurança das pessoas, uma vez que ambientes com esses níveis facilitam a ação de agentes criminosos e comprometem o sentimento de seguridade dos usuários, principalmente por estes estarem a pé e, portanto, mais vulneráveis a possíveis eventos criminosos.

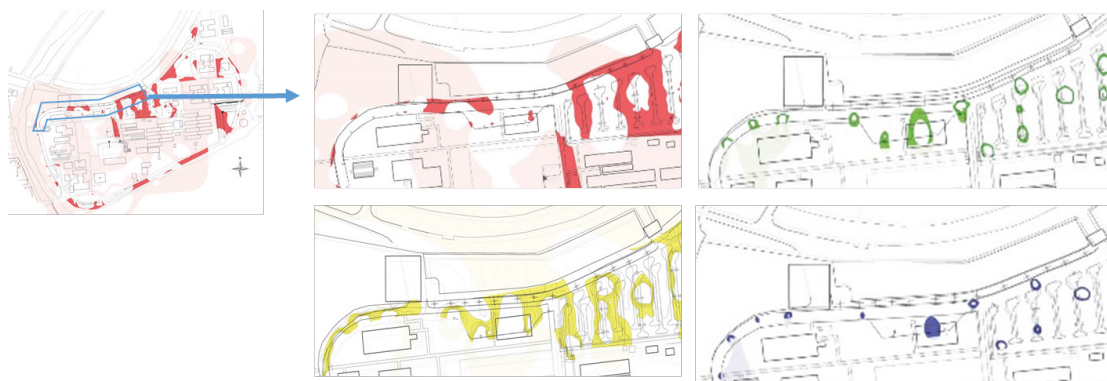


Figura 08: Níveis de iluminância em área de circulação de pedestre.

Portanto, a intensidade e distribuição da luz no setor profissional hoje apresenta-se em condições de baixa distribuição (altos contrastes), baixa manutenção (postes sem lâmpadas ou com lâmpadas “queimadas”) e baixa uniformidade. Essas situações foram considerada no projeto de iluminação propostos para o setor.

## 4 | PROJETO DE ILUMINAÇÃO PROPOSTO

A partir do quadro em que se traçou das condições de iluminação no setor profissional, percebeu-se as deficiências e necessidades da iluminação para as melhores condições de conforto visual e consumo de energia. Para tanto, buscou-se propor um sistema de IP que levasse em consideração os aspectos da distribuição, uniformidade e consumo, adotando luminárias à 10 metros de altura com espaçamento de 35 metros entre elas, voltadas para a via e sem interferência de vegetação de grande porte. Já nas áreas com vegetação de médio porte foram utilizadas luminárias a altura de 8 metros e espaçamento de 28m, buscando-se evitar o ofuscamento com maior altura de montagem das luminárias. Nas áreas de estacionamento e circulação de pedestres (ÁREA 6) foram utilizados luminárias a 3 metros de altura, selecionando luminárias que não emitissem radiação luminosa acima de 90° para evitar desperdício de luz seguindo recomendações da Illuminating Engineering Society of North América (SANTOS, 2005).

Apesar das vantagens de custo apresentadas pelas lâmpadas de sódio de alta pressão para iluminação pública, sua luz amarelada torna difícil o controle da reprodução das cores. Desse modo, e por questões sustentáveis, propõe-se o uso de lâmpadas LED que além de sua eficiência energética e durabilidade, possibilitam melhor reprodução de cores e facilitam o reconhecimento visual pela coloração branca da luz por elas emitida. (SALES, R., 2011) Por isso, as luminárias adotadas têm as seguintes características:

1- Luminária Pública LED; alumínio fundido; Modelo SL-A2-90; 80 Leds; consumo 96 W; temperatura de cor 6500K; Eficiência/W 93/72 lm/W; Fluxo luminoso 8962 lm; altura de instalação de 8 – 10m; (Figura 9)

2- Luminária para passarela, jardim e estacionamento LED; alumínio fundido; Modelo SL-B3-60; consumo 60W; temperatura de cor 6500K; Eficiência/W 62 lm/W ; fluxo luminoso 3718 lm; altura de instalação de 3 – 5 m. Essas luminárias de jardim com anteparo superior não permitem a emissão de luz acima da horizontal evitando, assim, ofuscamento e evasão da luz. (Figura 9)



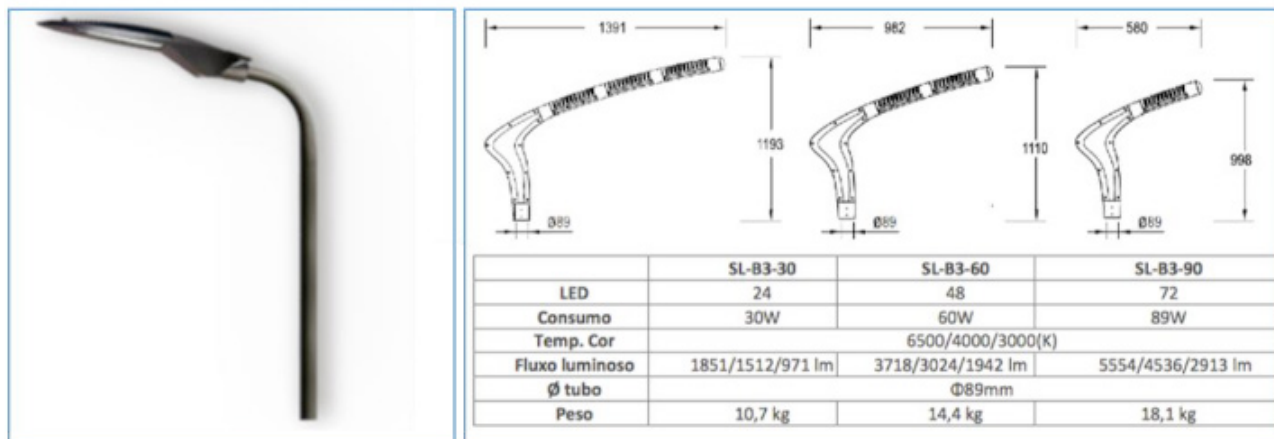


Figura 09 - Modelo de luminária adotada para as vias de tráfego e modelo de luminária adotada para vias de pedestre e estacionamentos

Fonte: DIALUX, 2016.

A partir desses critérios, chegou –se a proposta apresentada na Figura 10, onde é mostrada exclusivamente a distribuição da iluminância alcançada com o projeto proposto, podendo-se observar que os níveis de iluminação são mais uniformes, com valores entorno de 20e 40 Lux, e o Índice de uniformidade (U) de 0,6.



Figura 10 – Distribuição da iluminância do projeto proposto para a área de estudo

Tal proposta promove um melhoramento nas condições de iluminação do campus, uma vez que permite níveis de iluminação sempre acima do mínimo exigido pela norma e com poucas oscilações, contribuindo assim para a boa uniformidade do campus. Isso permite maior segurança no setor, pois a partir da eliminação de zonas sombreadas pela vegetação e incremento da iluminação em vias reduz o medo e a atividade criminosa. (GARCÍA et al, 2015) Portanto, a eficiência energética não deve estar desconectada da segurança dos usuários do espaço, uma vez que a iluminação horizontal em conjunto com iluminação vertical destaca a presença dos pessoas na rua. A melhoria da percepção visual, realça movimentos suspeitos a distância, detalhes e intenções de figuras que se aproximam

tornam-se mais claras, (BORRALHO, 2012) de modo que estudos anteriores comprovam que acidentes durante a noite em rodovias são reduzidos em até 25% em ruas bem iluminadas (BULLOUGH, DONNEL e REA, 2012).

## 5 | CONCLUSÃO

Os campos universitários no Brasil e em outros países estão a cada dia mais próximos da comunidade local, não somente alunos, funcionários e professores usufruem desses espaços, as atividades de lazer e cultura fazem parte do cotidiano dos *campus* de modo que o fator de segurança e conforto luminoso estão entre as prioridades para os gestores. O *campus* universitário da UFPA em Belém apresenta condições bastante preocupante de iluminação. O exemplo do setor profissional mostrou que os índices de iluminamentos variam entre mínimos e altíssimos em pequenas distância e que faz com que os fatores de uniformidade (U) seja também muito baixos, embora haja níveis de uniformidade aceitáveis e recomendáveis em algum pontos específicos. Porém, um altos níveis de iluminância não implicam necessariamente em boa luminosidade, pode ocorrer que vias com altos iluminamento possuam baixa uniformidade e conseqüentemente alto risco de insegurança. O mais esperado é que os índice de iluminamento, o fator de uniformidade e o sentido de segurança estejam associados aos conceitos de eficiência e tecnologia. Foi o que priorizou-se neste projeto.

É compreensivo que os sistemas de iluminação necessitem de atualizações e adaptações aos novos e/ou diferentes usos, os *campus* universitários, assim como a cidade, são também mutáveis e ajustáveis ao tempo e a necessidade. A iluminação pública existente hoje no *campus* analisado é a mesma que foi implantada no período de sua construção (década de 60) quando a vegetação era jovem e o fluxo de veículos e pessoas menos intenso, portanto, é importante a reestruturação da distribuição dos pontos de lux. Embora a IP não é exclusivamente responsável pelo controle da segurança e consumo de energia geral no campus, ela está diretamente relacionada a ambos os problemas.

Por isso, a iluminância média é a variável mais significativa quando se trata de segurança rodoviária, pois o número de acidentes de trânsito pode ser influenciado pela iluminação rodoviária e quanto maior for o nível de iluminância mais o número de acidentes tende a diminuir (JACKETT, M.; FRITT, W.; 2012). De modo geral a proposta do projeto de iluminação relatado neste artigo procurou direcionar critérios e ações para a implantação de um projeto tecnicamente moderno, eficiente, seguro e confortável para motoristas e pedestre. Espera em breve expandir a análise para os outros setores do *campus*. Esta pesquisa faz parte da elaboração do mapa ambiental do *campus* universitário da UFPA em Belém, iniciado em 2013.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992) **Iluminação Pública, NBR 5101**. Rio de Janeiro.

AVER, Ana. (2013) A Relação Iluminação Pública e Criminalidade. **Revista Online Especialize**. Goiânia. Disponível em <<http://especializandovoce.com/uploads/arquivos/7e766f5534244d2d51fc7fe1b55f9444.pdf>> Acesso em: 18 abril 2014

BORRALHO, André João Patrício. (2012) **Iluminação Pública em Espaço Urbano – Recomendações de referência e aplicação às Avenidas Novas em Lisboa** – Dissertação apresentada ao curso Arquitetura Paisagista, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2012

BULLOUGH, Jhon D.; DONNELL, Eric T.; REA, Mark S. (2012) To illuminate or not to illuminate: Roadway lighting as it affects traffic safety at intersections. **Accident Analysis and Prevention**. Filadélfia.

DIAS, T. S. (2013) **Fontes de Luz Artificial: Tecnologia de Lâmpadas**. In: WORKSHOP DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL, Belém: UFPA.

CEMIG: COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. (2012) **Manual de Distribuição: projetos de iluminação pública**. Minas Gerais.

JACKETT, Michael; FRITH, William. (2013) Quantifying the impact of road lighting in road safety – A New Zealand Study. **IATSS Research**. n. 36, 139-145. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111212000325>> Acesso 16 Abril 2015.

GARCIA, A.; HURTADO, A; AGUILAR-LUZÓN, M.C. Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being. **Safety Science**. n.78; 142-148. Filadélfia.

KNIGHT, C. Field Surveys of the Effect of Lamp Spectrum on the perception of safety and comfort at night. **Lighting Research Technology**, n. 42; 313-329. UK, 2010.

MASCARÓ, L. E. A. R. (2006) **A iluminação do Espaço Urbano**. São Paulo.

MORAES, E. M. L., et al. (2013) **A Contaminação Acústica na Cidade Universitária da Universidade Federal Do Pará em Belém**. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Brasília.

PAINTER, Kate. (2014) The influence of street lighting improvements on crime, fear and pedestrian street use, after dark. **Landscape and Urban Planning**, n.35; 193-2016 Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204696003118>> Acesso em: 20 Abril 2014.

SALES, R.P. (2011) **Led, o novo paradigma da iluminação pública**. – 2011. 116f. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento de Tecnologia). Curitiba.

SANTOS, Cristina Raquel Aragão. (2011) Universidade do Porto: **Iluminação Pública e Sustentabilidade Energética**– 2011. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores). Porto.

SANTOS, Eduardo Ribeiro. (2005) **A Iluminação Pública como Elemento de Composição da Paisagem Urbana**. 109f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Curitiba.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. (2016) **Histórico e Estrutura**. Belém. Disponível em <[www.portal.ufpa.br](http://www.portal.ufpa.br)> Acesso em: 16 de setembro de 2015.

XIMENES, J.; et all. (2011) **Plano director do campus Belém da UFPA**. In: XIV ENCONTRÓ NACIONAL DA ANPUR, 2011. Rio de Janeiro.

## RELATO DE EXPERIÊNCIA: UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO REALÍSTICA E INTERDISCIPLINARIDADE NO CURSO TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO NA CIDADE DE LORENA

Data de aceite: 23/06/2020  
Data da submissão: 11/03/2020

### **Bruno Leandro Cortez de Souza**

Etec Padre Carlos Leôncio da Silva  
Lorena – SP.

<http://lattes.cnpq.br/3402184418104309>

### **Ana Cecília Cardoso Firmo**

Etec Padre Carlos Leôncio da Silva  
Lorena – SP.

<http://lattes.cnpq.br/1846629731723463>

**RESUMO:** Entre as atribuições do técnico em segurança do trabalho tem-se o atendimento às vítimas em situações de urgência e emergência. A realização de uma adequada avaliação do paciente, a execução correta das técnicas de primeiros socorros, prevenindo complicações são imprescindíveis para uma assistência adequada. O componente curricular Suporte Emergencial à Vida traz esse processo como uma de das bases tecnológicas a serem desenvolvidas. Considerando que o uso de metodologias novas auxilia na melhor apropriação do conhecimento pelos alunos, a simulação realística e a interdisciplinaridade foram utilizadas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Este artigo relata a aula ministrada no curso

técnico em Segurança do Trabalho da Etec Padre Carlos Leôncio da Silva, através de um projeto interdisciplinar e de simulação realística que integrou alunos dos segundo e terceiro módulos e diferentes componentes curriculares. A análise do resultado aconteceu com a apreciação dos relatos dos próprios alunos e pela avaliação da repercussão voluntária dos alunos em suas redes sociais. A adoção de metodologias práticas que agregam em diferentes pontos é medida promissora para o sucesso do processo de aprendizagem, sendo também uma estratégia de estimular a participação dos alunos, redução da evasão escolar, contribuindo na formação de qualidade dos técnicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Simulação realística. Interdisciplinaridade. Curso Técnico.

**EXPERIENCEREPORT: USE OF REALISTIC SIMULATION AND INTERDISCIPLINARITY STUDIES IN OCCUPATIONAL SAFETY TECHNICIAN'S COURSE IN THE CITY OF LORENA**

**ABSTRACT:** The assistance to victims in urgent and emergency situations is among the duties of the Occupational Safety Technician. The adequate realization of a patient's evaluation, with first aid techniques correctly executed and complications'

foresight are essential for an adequate assistance to the victim. The Emergency Life Support curriculum component brings this process as one of the technological bases to be developed throughout the professional development studies. Taking into account that the use of new methodologies assists in a better retention of the knowledge by the students, realistic simulations and interdisciplinarity studies were used to improve the teaching and learning process. This paper reports the class given in the Occupational Safety Technician's course in at Etec Padre Carlos Leôncio da Silva that integrated students from second and third modules and different curricular components. The analysis of the result was done by the appreciation of the students' verbal reports and by assessing the impact shared by them on their social media networks. The adoption of practical methodologies that aggregate different aspects of the teach and learning process is a critical element to its success, it is also a strategy to encourage students' participation, reduces school dropout and contributes to the quality training of technicians.

**KEYWORDS:** Realistic Simulations. Interdisciplinarity. Technician's course.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil registrou no ano de 2017, segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social, cerca de 549,4 mil acidentes do trabalho, sendo 75,50% destes com caráter típico, e outros 22,34% relacionados à acidentes de trajeto (BRASIL, 2017). A cada ano, a vida de aproximadamente 1,35 milhão de pessoas é interrompida devido a um acidente de trânsito, de acordo com dados da Organização Pan-Americana de Saúde da Organização Mundial da Saúde, a OPAS-OMS. Entre 20 e 50 milhões de pessoas sofrem lesões não fatais, muitas delas resultando em incapacidade (BRASIL, 2019).

Os acidentes podem acontecer em qualquer lugar, inclusive no ambiente de trabalho e nas ruas e ocasionalmente uma ação rápida e eficaz pode ser a diferença entre a vida e a morte do acidentado. Admitindo que esta ação é extremamente importante na formação do técnico em segurança do trabalho, o componente curricular Suporte Emergencial à Vida se dedica ao assunto imobilização e transporte de acidentados.

O modelo de aula adotado por muitos professores do componente curricular Suporte Emergencial à Vida é restrito à utilização de slides com revisão da literatura sobre o assunto e fotos mostrando diferentes formas de imobilização e transporte de acidentados. Muitos inclusive, utilizam manuais técnicos do Corpo de Bombeiros e outros órgãos formadores de socorristas profissionais. Há então uma deficiência no processo de ensino-aprendizagem, que é ensinar de forma teórica, o que exclusivamente seria experimentado de forma prática em uma situação real. Isso acontece por diversas razões, citando aqui a falta de material para aulas práticas, como pranchas, talas, coletes imobilizadores, colar cervical, bandagens, entre outros, a falta de comunicação e de conexão com outros professores e componentes curriculares, e a falta de uma rede de contatos que neste caso se torna necessária para o desenvolvimento do projeto.

Diante das informações apresentadas e da necessidade de modificação das metodologias usadas nas aulas dos cursos técnicos, surge a interdisciplinaridade e a

simulação realística como ferramentas para a melhoria deste processo. Percebe-se já há algum tempo que as aulas ofertadas em modelos tradicionais e ultrapassados não agradam os anseios e a demanda destes alunos da nova geração, que preferem aulas mais dinâmicas e menos engessadas nos componentes curriculares.

A interdisciplinaridade é um assunto bastante discutido no universo acadêmico e a cada estudo publicado percebe-se a importância de um ensino integrador e interativo, com o aluno visto como um ser protagonista do seu aprendizado, deixando de ser um sujeito passivo que só recebe informações. A rede de conhecimento construída com base na interdisciplinaridade dos componentes curriculares prepara o aluno para uma visão mais ampla do mundo e de certa forma oferece a ele instrumentos mais adequados para a resolução de problemas.

Se a interdisciplinaridade possibilita a conexão dos saberes e a compreensão do mundo com toda a sua complexidade, é a simulação realística que instrumentaliza e opera a consolidação dos saberes. A simulação realística pode ser definida como “uma situação ou lugar criado para permitir que um grupo de pessoas experimente a representação de um acontecimento real, com o propósito de praticar, aprender, avaliar ou entender sistemas ou ações humanas” (OLIVEIRA; PRADO; KEMPFER, 2014).

## 1.1 Objetivo

O objetivo deste artigo é relatar a experiência inovadora de uma aula do componente curricular Suporte Emergencial à Vida, com conexões à outros componentes curriculares (Gestão em Saúde, Técnicas de Estruturação de Campanhas, Normalização em Segurança do Trabalho), para alunos do segundo e terceiro módulos do curso técnico em Segurança do Trabalho da Etec Padre Carlos Leôncio da Silva. Espera-se que com esta descrição, outros professores possam entender a importância da interdisciplinaridade e de simulações realísticas no processo de ensino-aprendizagem e que a aplicação de metodologias mais atuais possa ser um fator para a redução da evasão escolar.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um relato de experiência em que se pretende descrever as ações efetivadas para a montagem da simulação realística na aula do componente curricular Suporte Emergencial à Vida. Foram realizadas três etapas. A primeira visou o estudo do plano de curso e das bases tecnológicas do curso técnico em segurança do trabalho, especificamente do módulo II e do módulo III. Identificada as proximidades dos componentes curriculares, iniciou-se a segunda etapa, cujo objetivo foi a busca de parceiros que pudessem colaborar, suprimindo as demandas e lacunas percebidas pelos preponentes. A terceira etapa foi a operacionalização do projeto, com a simulação de um acidente de trânsito, em diferentes cenários e com diferentes atores em ação.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o plano de curso atualizado de acordo com a matriz curricular homologada para o primeiro semestre de 2019, o componente curricular Suporte Emergencial à Vida tem a função da prestação de primeiros socorros, com a atribuição e responsabilidade de prestar atendimento às vítimas em situações de urgência e emergência. Duas competências são objetos de estudo e aprendizagem: a avaliação da vítima com vistas a determinar as prioridades de atendimento em situações de emergência e urgência, e a identificação de recursos disponíveis na comunidade de forma a viabilizar o atendimento de emergência eficaz. Este componente curricular foi escolhido com o âncora do projeto. Todos os outros componentes curriculares analisados deveriam ter alguma ligação com a prestação de primeiros socorros.

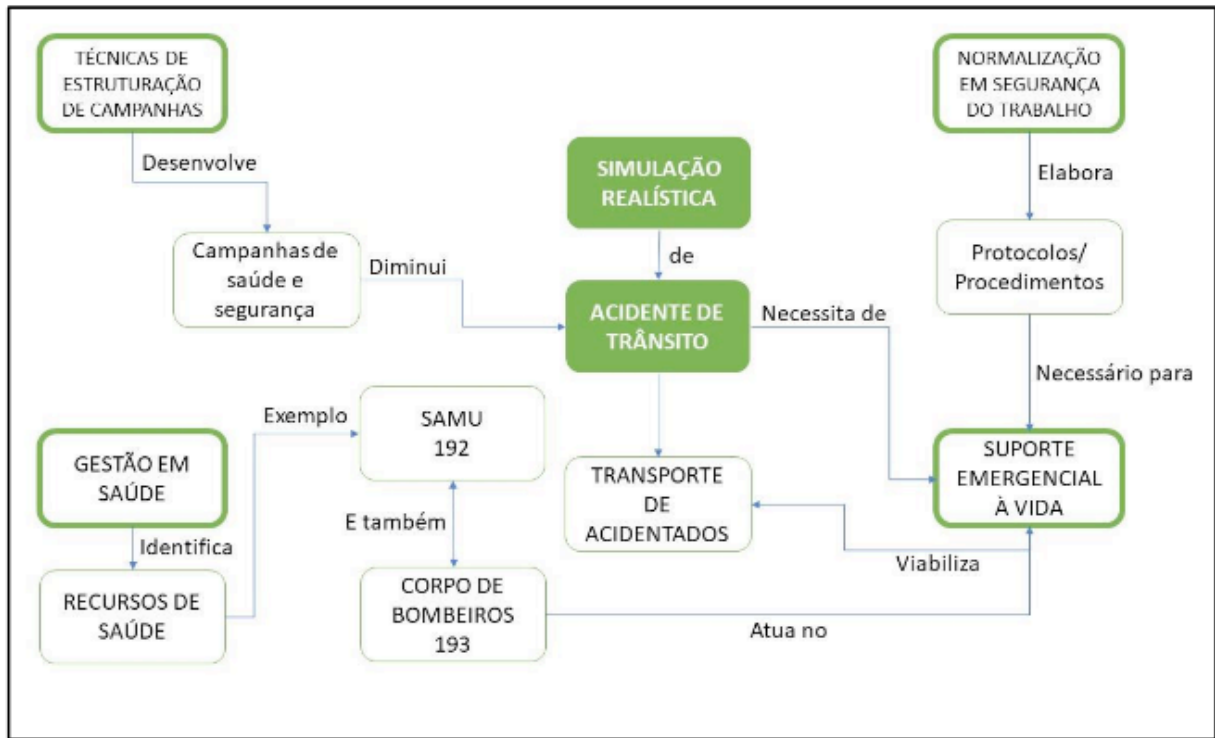
Pela análise do plano de curso pode-se relacionar os componentes curriculares Suporte Emergencial à Vida e Normalização em Segurança do Trabalho (módulo III) e Gestão em Saúde e Técnicas de Estruturação de Campanhas (módulo II).

Os alunos do segundo módulo participaram de duas formas do projeto. Foram os atores da simulação realística e também observadores do cenário. Isto porque eles deveriam elaborar um curso e uma campanha sobre acidentes de trânsito como instrumento de avaliação do componente curricular Técnicas de Estruturação de Campanhas.

Já os alunos do terceiro módulo foram os socorristas na simulação realística. A teoria sobre transporte de acidentados já havia sido discutida em sala de aula com a professora deste componente curricular. A prática aconteceu na simulação realística, com a presença de bombeiros militares e socorristas do SAMU, convidados na segunda fase do projeto.

O convite trouxe um ex-aluno do curso, hoje no cargo de socorrista do SAMU da cidade vizinha. Através do contato com este ex-aluno, outros bombeiros militar e civil vieram para compor a assessoria técnica da simulação realística. Antes de iniciar a simulação, eles contaram as experiências profissionais e treinaram os alunos do terceiro módulo para o transporte emergencial e imobilização de acidentados.

O mapa a seguir (Figura 1) mostra a relação dos componentes curriculares no processo.



**Figura 1:** Interdisciplinaridade dos componentes curriculares na simulação realística.

Fonte: Próprio autores.

Os alunos envolvidos (Figura 2) desenvolveram com êxito o objetivo da atividade, realizando as práticas de maneira ativa e participativa, agindo de acordo com o protocolo de ações esperadas. Realizaram as atividades inerentes a atuação do técnico em segurança do trabalho frente uma situação de urgência e emergência que envolva imobilização e transporte de acidentados.



**Figura 2:** Alunos do curso técnico em segurança do trabalho atuando na simulação realística.

Fonte: Próprios autores.

Após a realização da simulação realística, foi realizada uma roda de discussão, para a realização de uma discussão e realização de um *debriefing* com os discentes, como forma de avaliação do processo de aprendizagem e melhoria contínua. Esse momento foi suma importância para as colocações dos alunos atores, alunos socorristas, a problematização de aspectos teóricos, correlação com a realidade, levantamento de melhores condutas,



decisões diferentes.

Os discentes relataram seus sentimentos durante a participação do cenário real construído, destacando seus anseios e as dificuldades para controle deles, o controle das pessoas que aparecem em situações de acidente e atrapalham o processo.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou o relato de experiência da aplicação da simulação realística no curso técnico em segurança do trabalho da Etec Padre Carlos Leôncio da Silva com a esperança desta prática ser reproduzida em outros lugares. Espera-se a ampliação da discussão para a promoção da melhoria das dinâmicas de simulação realística, bem como o estímulo de novos processos de ensino-aprendizagem, aumentem o aproveitamento do aluno, ampliem sua capacidade crítica e reflexiva, despertem a sua criatividade e o empoderamento nas tomadas de decisões em momentos tão importantes quanto os dos acidentes.

#### REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Previdência. Ministério da Fazenda. **Anuário Estatístico da Previdência Social**. 26. ed. Brasília: Mf/dataprev, 2017. 908 p.

BRASIL. OPAS-OMS Brasil. Organização Pan-americana da Saúde. **Folha informativa - Acidentes de trânsito**. 2019. Disponível em: <[https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5147:acidentes-de-transito-folha-informativa&Itemid=779](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5147:acidentes-de-transito-folha-informativa&Itemid=779)>. Acesso em: 09 maio 2019.

SÃO PAULO. Almério Melquíades de Araújo. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (Org.). **Plano de curso atualizado de acordo com a matriz curricular homologada para o 1º semestre de 2019: Eixo tecnológico: Segurança**. 2016. Disponível em: <[http://etecpadreleonio.com.br/site/wp-content/uploads/2014/04/Plano-de-Curso-Seguran%C3%A7a-do-Trabalho-332-2016-a2019\\_1.pdf](http://etecpadreleonio.com.br/site/wp-content/uploads/2014/04/Plano-de-Curso-Seguran%C3%A7a-do-Trabalho-332-2016-a2019_1.pdf)>. Acesso em: 09 maio 2019.

OLIVEIRA, Saionara Nunes de; PRADO, Marta Lenise do; KEMPFER, Silvana Silveira. Use of simulations in nursing education: an integrative review. **Reme: Revista Mineira de Enfermagem**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.487-495, 2014. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/1415-2762.20140036>.

## SOS GAMES: JOGO EDUCACIONAL NA ÁREA DE SAÚDE EM SCRATCH

Data de aceite: 23/06/2020  
Data de submissão: 03/04/2020.

### Guilherme Henrique Vieira de Oliveira

Centro Universitário UniFOA

Volta Redonda – RJ

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1357578801278420>

### Bruno Vilhena de Andrade Velasco

Centro Universitário UniFOA

Volta Redonda – RJ

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2851372358165633>

### Luciane Carvalho Jasmin de Deus

Centro Universitário UniFOA

Volta Redonda – RJ

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8664613215532501>

**RESUMO:** Atualmente os jogos eletrônicos estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas e, além das suas utilizações para fins de entretenimento, podem ser desenvolvidos com o objetivo de proporcionar atividades educacionais. Este trabalho visa apresentar a produção do SOS Games, um jogo educacional na área de saúde. O argumento definido parte do princípio do jogador experimentar vários desafios dentro do contexto de um hospital, sendo necessário

completar todos eles para se tornar o vencedor. Cada fase proposta corresponde a um mini jogo diferente, possibilitando a conscientização do jogador de uma maneira divertida sobre o tema abordado. O projeto foi resultado de uma atividade da disciplina Tópicos Especiais do curso de graduação de Sistemas de Informação da instituição UniFOA, que juntamente com a parte conceitual e metodológica de produção de jogos, introduz a programação em si com o uso da linguagem *Scratch*, objetivando o desenvolvimento de jogos 2D, conforme apresentado nesse trabalho. A linguagem possibilitou um desenvolvimento intuitivo, além de disponibilização do jogo online através da comunidade do próprio *Scratch*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Jogo; Saúde; Scratch; Programação.

### SOS GAMES: EDUCATIONAL GAME ABOUT HEALTHCARE IN SCRATCH

**ABSTRACT:** Currently, electronic games are more and more present in everyday life. Besides the entertainment purposes, they can also be developed to provide educational activities. This paper aims to describe the development of SOS Games, na education game about healthcare. The argument set for the game is based on the idea to make

the players experiment several challenges in a hospital environment and it's necessary to complete them all to become a winner. Each one of the phases are a different mini game raising awareness on players in a fun way about the theme. This project is the result of an activity in the Special Topics discipline of UniFOA's Information Systems graduation course, which allied to the conceptual and methodologic part of game production, introduces programming itself using Scratch language, aiming at the development of 2D games, as presented in this work. The language enabled an intuitive development, besides making the game available online through the Scratch community.

**KEYWORDS:** Game; Healthcare; Scratch; Programming.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, os jogos eletrônicos estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas, seja através de histórias fantasiosas com modelos 3Ds disponíveis para consoles e computadores, ou através de jogos casuais que podem ser jogados nos aparelhos móveis. Além das suas utilizações para fins de entretenimento, os games também podem ser desenvolvidos com a finalidade de proporcionar sistemas de simulações e treinamentos, para fins publicitários ou até mesmo para auxiliar atividades educacionais.

Yonekura e Soares (2010) afirmam que os jogos têm sido vistos como ferramentas em potencial capacidade de contribuir para a construção de conhecimentos. Quando se trata de jogos educativos, ajudam a desenvolver o raciocínio lógico e estimular a criatividade. Além disso, ainda segundo as autoras, é uma forma divertida e prazerosa de transmitir informações relevantes para os jogadores.

Dessa forma, o presente trabalho surge com o objetivo de documentar o processo de produção de um jogo utilizando a ferramenta *Scratch* desenvolvida pelo grupo LifelongKindergarten do MIT Media Lab. O estudo foi orientado para atender um dos seguintes temas: responsabilidade social; educação ambiental; educação em direitos humanos; educação das relações étnico-raciais; e saúde e sustentabilidade.

No caso deste projeto o tema escolhido foi saúde e sustentabilidade. Dentre os temas transversais embutidos nesta categoria foi adotado o subtema de transplante de órgãos para nortear a criação do jogo.

O projeto foi resultado de uma atividade da disciplina Tópicos Especiais do Curso de Graduação Sistemas de Informação da instituição UniFOA<sup>1</sup>, que juntamente com a parte conceitual e metodológica de produção de jogos, introduz o desenvolvimento de jogos 2D, com o uso da linguagem *Scratch*.

## 2 | METODOLOGIA

O projeto é dividido em seções contendo o contexto, o argumento e o roteiro

---

<sup>1</sup> UniFOA – Centro Universitário de Volta Redonda. Este trabalho foi originalmente apresentado no XII Colóquio Técnico Científico da UniFOA em 2018.

elaborados para o desenvolvimento do jogo. Em seguida, são apresentados os atores e cenários utilizados para a confecção das fases.

Conforme Zamboti *et al.* (2015), as etapas de produção de um jogo, apresentadas pela Figura-1, englobam definição do argumento, roteiro, especificações, personagens, cenários e *storyboard*. Já a parte de desenvolvimento de jogos se refere à construção do jogo em si.



**FIGURA-1:** Etapas de Produção de um Jogo

FONTE: ZAMBOTI, 2015.

Ainda segundo Zamboti *et al* (2015), a primeira etapa é a definição do argumento do jogo, onde se define a regra norteadora, ou seja, o objetivo principal. Na etapa do roteiro, as informações relativas ao “pano de fundo” da narração são alinhavadas, apresentando onde ocorre a ação, quando e com quem. Então segue para as especificações, descrevendo características dos objetos, personagens, cenas e outros recursos de importância, construindo inventários, definindo comportamentos e prevendo os estados e ações. Finalmente no *storyboard* são elaboradas as telas e representações de como o jogo funcionará.

### 3 | RESULTADOS

O jogo desenvolvido foi ambientado no contexto hospitalar e este foi o ponto de partida para a criação de ideias sobre os atores que seriam utilizados, os cenários que precisariam ser criados e como funcionariam cada fase do game. SOS Games foi o nome escolhido para o projeto.

#### 3.1 Argumento

O argumento definido para o jogo parte do princípio do jogador experimentar vários minis jogos dentro do contexto de um hospital. Cada fase proposta corresponde a um mini jogo diferente, sendo todos com a temática voltada para a área da saúde e com a intenção de conscientizar o jogador de uma maneira divertida.

### 3.2 Roteiro

O jogador vivencia tudo do ponto de vista de um paciente que acabou de passar um transplante e para receber alta precisa ser aprovado em três exames, sendo um deles com um neurologista, um com um nutricionista e um com um cardiologista. Para começar é necessário clicar em algum local do cenário da tela inicial.

No primeiro exame são feitas três perguntas de múltipla escolha contendo três opções cada. O usuário clica no botão que representa opção que acredita corresponder a resposta correta. Caso ele acerte as três perguntas, ele passa para a próxima fase. Senão, ele deve repetir o exame.

No segundo exame, o jogador vai controlar uma cesta de frutas movendo-a apenas horizontalmente. No cenário, alimentos saudáveis e não-saudáveis irão cair constantemente. Quando ele encostar a cesta em um alimento saudável ele ganha 1 ponto, quando ele encostar em um alimento não-saudável perde 2. Se no final do tempo a pontuação dele for positiva ele passa para a próxima fase, senão tem de repetir esta.

No terceiro e último exame, ele deve controlar os batimentos de um coração. A cada segundo, ele perde batimentos. Ao pressionar a barra de espaço ele ganha batimentos. O ideal é que ele se mantenha entre 60 e 100 batimentos. Quando ele está nesta faixa o coração fica vermelho. Abaixo é azul e acima é amarelo. Se no fim do tempo, os batimentos estiverem na média é exibida a tela de congratulações por ter vencido o jogo, senão tem de repetir o exame.

### 3.3 Atores e Cenário

No total foram utilizados treze atores para o desenvolvimento de três fases do jogo contendo atores criados pela equipe e outros fornecidos pela própria ferramenta, o Scratch. Os atores usados podem ser divididos em personagens, botões e objetos, onde os personagens foram utilizados para contar a história do game e guiar o jogador pelos mini jogos e os objetos que foram usados para compor as fases.

Os cenários são para criar a ambientação de jogos e auxiliar o processo de imersão na história proposta, e para o contexto do trabalho, os cenários deveriam lembrar hospitais reais. Para isso, foram usadas imagens encontradas na internet como referência e um programa de edição de imagens.

A Figura-2 abaixo apresenta os personagens criados para serem utilizados no jogo.

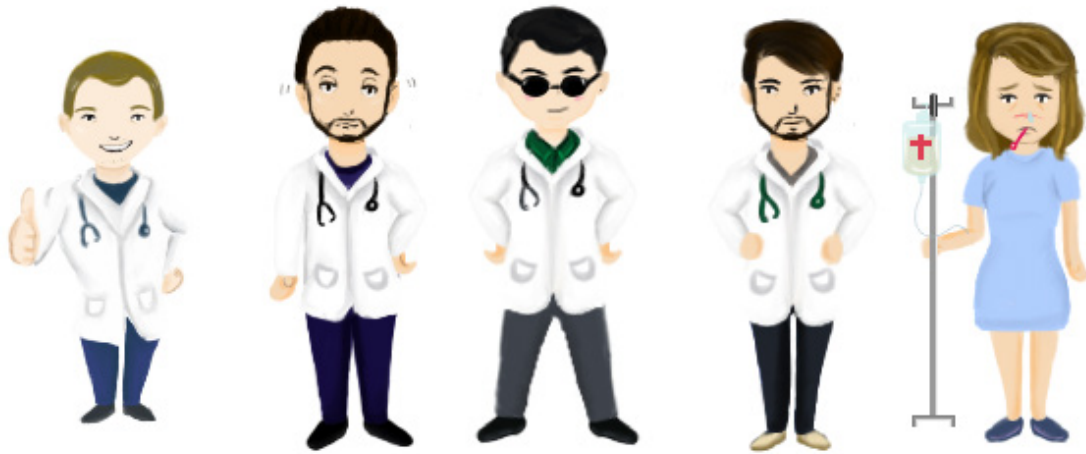


FIGURA-2: Personagens

FONTE: Desenvolvido pela equipe.

A Figura-3 abaixo apresenta alguns dos botões e objetos disponibilizados pelo Scratch que foram utilizados para compor o game.

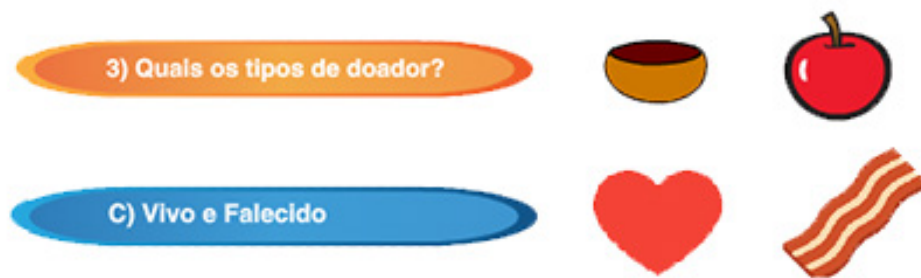


Figura-3: Botões e Objetos

FONTE: Desenvolvido pela equipe.

Já a Figura-4 apresenta os cenários criados para compor o jogo.

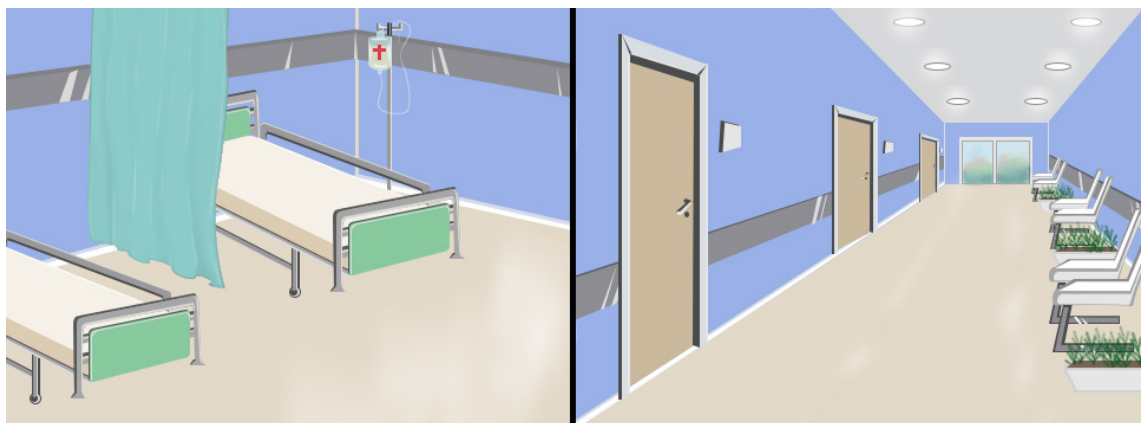


Figura-4: Cenários

FONTE: Desenvolvido pela equipe.

## 4 | CONCLUSÃO

Dessa forma, com o desenvolvimento do presente trabalho é possível observar a viabilidade do uso de jogos digitais para fins educativos cujo objetivo é a transmitir mensagens que são relevantes, mas de uma forma mais divertida e prazerosa. Além do mais, os jogos educativos podem ser uma maneira mais leve de abordar assuntos delicados com um público infanto-juvenil.

Nota-se também a versatilidade do programa Scratch para a construção e jogos e animações interativas, uma vez que possibilita a implementação de lógica de programação de maneira fácil e intuitiva. Outro fator que merece destaque dentro da plataforma que facilita a compreensão dos códigos e também o seu ensino é a organização dos comandos em blocos de instruções e sua separação por cores.

Além disso, o uso do Scratch é estimulado dentro da própria plataforma como uma ferramenta para ser usada por professores para iniciar o ensino de lógica de programação para jovens e crianças. O Scratch oferece ainda recursos adicionais para educadores que criam perfis com conta de professor, o que permite não só o gerenciamento e organização de projetos, como também permite monitorar a participação dos alunos envolvidos.

Que este trabalho possa contribuir para outros estudos e equipes de desenvolvimento de jogos digitais, partindo dessa experiência da utilização do Scratch na produção de um jogo educacional relacionado aos temas transversais, em especial ao subtema de transplante de órgãos. O projeto está disponível para acesso pelo link: <https://scratch.mit.edu/projects/224337010/>.

## REFERÊNCIAS

SCRATCH. **Acerca do Scratch**. Disponível em: <<https://scratch.mit.edu/about>>. Acessado em: 31 Mai 2018.

SCRATCH. **Scratch para Educadores**. Disponível em: <<https://scratch.mit.edu/educators>>. Acessado em: 31 Mai 2018.

YONEKURA, Tatiana; SOARES, Cássia Baldini. **O jogo educativo como estratégia de sensibilização para coleta de dados com adolescentes**. Rev Latino-Am Enfermagem. 2010; 18(5):968-74. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692010000500018&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692010000500018&script=sci_arttext&tlng=pt)>. Acessado em: 28 Mai 2018.

ZAMBOTI, M. R.; FRANCISCO, I. M. Z.; DEUS, L. C. J. de. **Uma Abordagem Prática para Produção de Jogos Digitais**. In: IX Colóquio Técnico-Científico do UniFOA, 2015, Volta Redonda. IX Colóquio Técnico-Científico do UniFOA: Luz, Ciência e Vida. Volta Redonda RJ: FOA, 2015. v. 1. p. 69-69.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**JOÃO DALLAMUTA:** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando pelo INPE na área de pesquisa de gestão de projetos e produtos espaciais. Trabalha com os temas: Inteligência de mercado, Engenharia da Qualidade, Planejamento Estratégico, Empreendedorismo.

**VIVIANE TELEGINSKI MAZUR:** Tecnóloga em Processos de Fabricação Mecânica (2010 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Câmpus Ponta Grossa), Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais (2012 - Universidade Estadual de Ponta Grossa) e Doutora em Ciências e Tecnologias Espaciais (2016 - Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA/DCTA/IEAv). Possui experiência nas áreas: tratamento de refusão superficial a laser, soldagem a laser, texturização a laser, deposição de revestimentos a laser e a plasma, caracterização de materiais metálicos e cerâmicos, TBC. Atualmente é professora do Magistério Superior e Diretora de Pesquisa e Pós-Graduação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Guarapuava.



## 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**