

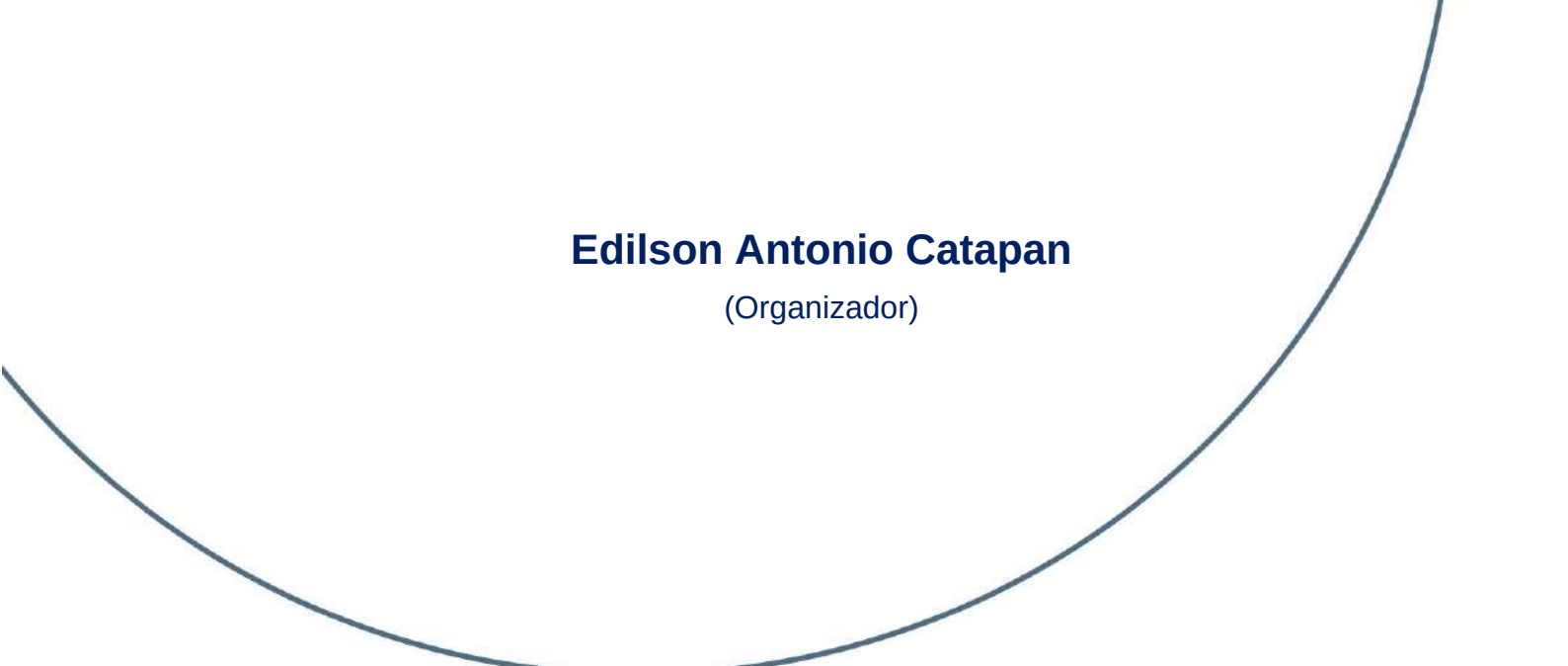
**Organizador**  
**Edilson Antonio Catapan**

# **CONTRIBUIÇÕES CONTEMPORÂNEAS DAS CIÊNCIAS EXATAS**

**VOL. 01**

**São José dos Pinhais**  
**BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA**  
**2020**



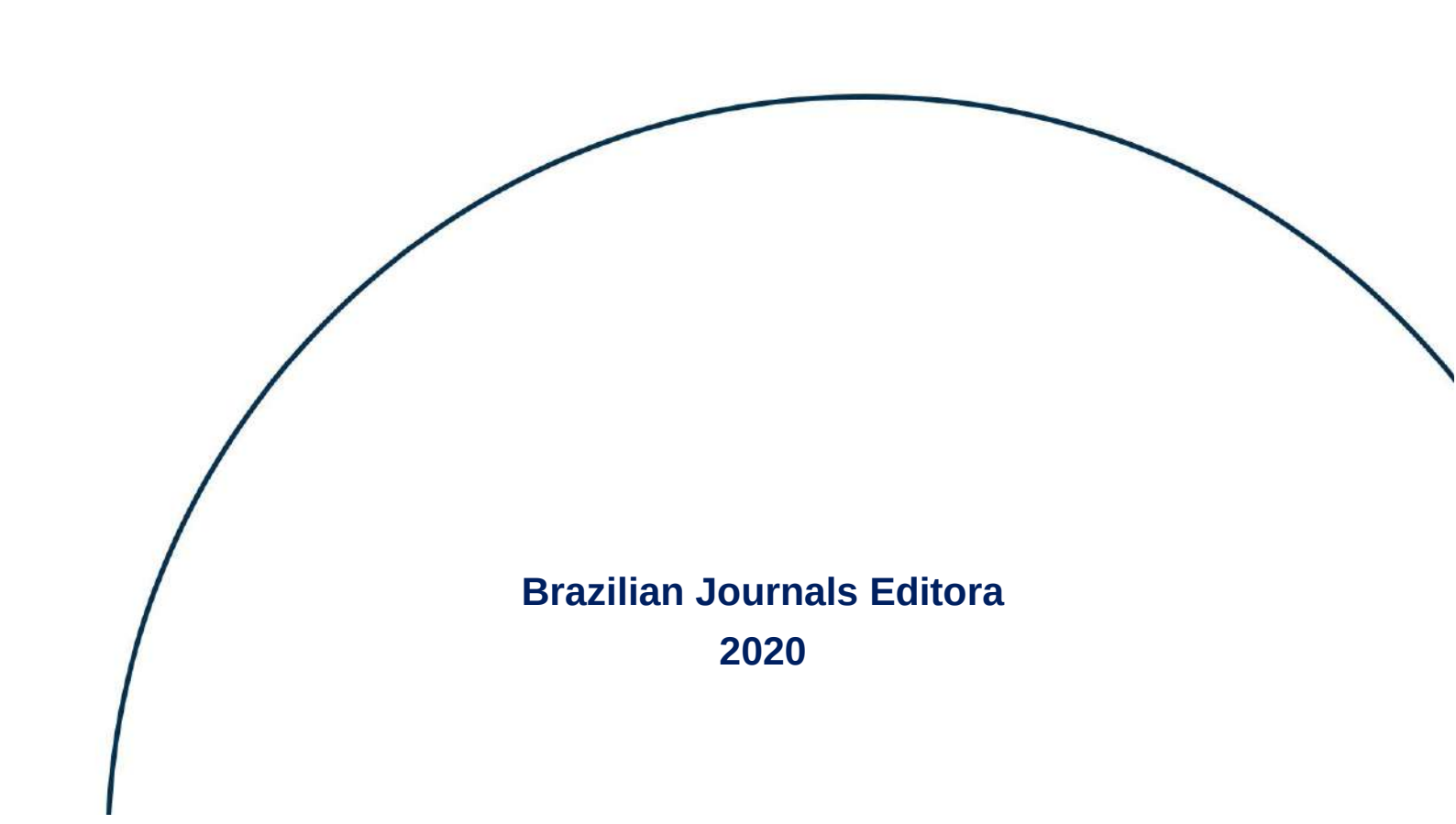


**Edilson Antonio Catapan**

(Organizador)

**Contribuições contemporâneas  
das ciências exatas**

Vol. 01



**Brazilian Journals Editora**

**2020**

2020 by Brazilian Journals Editora  
Copyright © Brazilian Journals Editora  
Copyright do Texto © 2020 Os Autores  
Copyright da Edição © 2020 Brazilian Journals Editora  
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan  
Diagramação: Sabrina Binotti  
Edição de Arte: Sabrina Binotti  
Revisão: Os Autores

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:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dariane Cristina Catapan  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fátima Cibebe Soares  
Prof. Dr. Gilson Silva Filho  
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Adriana Karin Goelzer Leining  
Prof. Msc. Ricardo Sérgio da Silva  
Prof. Dr. Haroldo Wilson da Silva  
Prof. Dr. Orlando Silvestre Fragata  
Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Angela Maria Pires Caniato  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Genira Carneiro de Araujo  
Prof. Dr. José Arilson de Souza  
Prof<sup>a</sup>. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima  
Prof. Dr. Tiago de Vasconcelos  
Prof<sup>a</sup>. Esp. Simone Soares  
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Silvana Saionara Gollo  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Mariza Ferreira da Silva

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

**C357c Catapan, Edilson Antonio**

Contribuições contemporâneas das ciências exatas / Edilson Antonio Catapan. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2020.  
496 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-86230-06-2

1. Ciências exatas. 2. Contribuições contemporâneas.

I. Catapan, Edilson Antonio. II. Título.

Brazilian Journals Editora  
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil  
[www.brazilianjournals.com.br](http://www.brazilianjournals.com.br)  
[editora@brazilianjournals.com.br](mailto:editora@brazilianjournals.com.br)



**Ano 2020**

## **APRESENTAÇÃO**

Uma das ciências mais antigas é ciências exatas, que acompanhou e acompanha o homem diante da curiosidade sobre os fenômenos da natureza e na resolução de problemas.

A obra intitulada “Contribuições contemporâneas das ciências exatas vol. 01”, publicada pela Brazilian Journals, apresenta um conjunto de trinta e dois capítulos que visam abordar assuntos ligados a estudos das ciências exatas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Dessa forma, agradecemos aos autores por todo esforço e dedicação que contribuíram para a construção dessa obra, e esperamos que este livro possa colaborar para a discussão e entendimento de temas relevantes para a área de administração, orientando docentes, estudantes, gestores e pesquisadores à reflexão sobre os assuntos aqui apresentados.

Edilson Antonio Catapan

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 01</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>1</b>  |
| LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E DO EXTERIOR.                                                                                                                 |           |
| Jayson Pereira Godinho<br>Vanessa Piffer<br>Valéria Costa de Oliveira<br>Rafael Luiz Neves de Oliveira<br>Rosana Cláudia Smék Batista<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000149                                                 |           |
| <b>CAPÍTULO 02</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>18</b> |
| SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES.                                                                                                                                                                 |           |
| Osvaldo Eduardo Aiélo<br>Tiago Ventura Rodrigues Lima<br>Flávio Henrique Sant'Ana Costa<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000150                                                                                               |           |
| <b>CAPÍTULO 03</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>37</b> |
| BIOMASSA E NUTRIENTES NO TRONCO DE CLONES DE EUCALIPTO EM PLANTIO DE CURTA ROTAÇÃO.                                                                                                                                  |           |
| Luana Inácio Fernandes<br>Ana Paula Leite de Lima<br>Sebastião Ferreira de Lima<br>Rodrigo Parpineli Corrêa<br>Aline Lorraine Souza Queiroz<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000151                                           |           |
| <b>CAPÍTULO 04</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>56</b> |
| AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO VISUAL EM ESPAÇOS DE TRANSIÇÃO E PERMANÊNCIA E O USO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E NATURAL.                                                                                         |           |
| Americo Hiroyuki Hara<br>Fernando Oscar Ruttkay Pereira<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000152                                                                                                                               |           |
| <b>CAPÍTULO 05</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>69</b> |
| EDUCAÇÃO 4.0 NA ENGENHARIA: PERCEPÇÃO DOS DOCENTES DE 3 UNIVERSIDADES BRASILEIRAS.                                                                                                                                   |           |
| Juliana E. Murofushi<br>Maria A. M. Barreto<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000153                                                                                                                                           |           |
| <b>CAPÍTULO 06</b> .....                                                                                                                                                                                             | <b>80</b> |
| LAYOUT EM AMBIENTE PEDAGÓGICO.                                                                                                                                                                                       |           |
| Jean de Aguiar Seabra<br>Carlos Alberto Nunes Cosenza<br>Jéssica da Silva Alves de Pinho<br>Luis Cláudio Bernardo Moura<br>Rodrigo Ventura da Silva<br>Thamara França do Carmo Torres<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000154 |           |

|                                                                                                                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 07 .....</b>                                                                                                                                              | <b>93</b>  |
| CONSEQUÊNCIAS DA RESTRIÇÃO DO CAMPO VISUAL SUPERIOR.                                                                                                                  |            |
| Humberto Dória Silva<br>Eduardo Dória Silva<br>Maria Tamires Dória Silva<br>Cristiana Pereira Dória<br>Cristiane Pereira Dória<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000155         |            |
| <b>CAPÍTULO 08 .....</b>                                                                                                                                              | <b>99</b>  |
| UMA ANÁLISE DE FATORES NA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE GESTÃO DA QUALIDADE DA SÉRIE DE NORMAS ISO 9000 EM UMA ORGANIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL.                          |            |
| André Luiz Corrêa<br>Glaucia Aparecida Prates<br>Lesley Carina do Lago Attadia Galli<br>Antonio Francisco Savi<br>Rafael Altafin Galli<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000156 |            |
| <b>CAPÍTULO 09 .....</b>                                                                                                                                              | <b>115</b> |
| DISCUSSÕES E REFLEXÕES SOBRE DOMÓTICA, HABITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE.                                                                                                  |            |
| Ricardo Gil Domingues<br>Armando Carlos de Pina Filho<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000157                                                                                  |            |
| <b>CAPÍTULO 10 .....</b>                                                                                                                                              | <b>135</b> |
| FDT-MAC: REDUZINDO A LATÊNCIA DAS COMUNICAÇÕES FULL-DUPLEX EM REDES MÓVEIS SEM FIO.                                                                                   |            |
| Lucas de Melo Guimarães<br>Jacir Luiz Bordim<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000158                                                                                           |            |
| <b>CAPÍTULO 11 .....</b>                                                                                                                                              | <b>155</b> |
| IMPLEMENTAÇÃO DE PLATAFORMA DE AUTOMAÇÃO POR DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA GESTÃO OPERACIONAL EM REFINARIA DE PETRÓLEO.                                                    |            |
| Diego Freitas de Almeida<br>Elizabeth Ferreira Cartaxo<br>Nilson Rodrigues Barreiros<br>Dércio Luiz Reis<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000159                               |            |
| <b>CAPÍTULO 12 .....</b>                                                                                                                                              | <b>181</b> |
| A PERCEPÇÃO DOS MORADORES LOCAIS SOBRE IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA (RN): UM ESTUDO SOBRE A COMUNIDADE DE SÃO CRISTÓVÃO.               |            |
| Osvaldo da Cunha<br>Márcia Regina Farias da Silva<br>Rodrigo Guimarães de Carvalho<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000160                                                     |            |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 13 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>195</b> |
| AVALIAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO APÓS SITUAÇÃO DE INCÊNDIO:<br>ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.                                                                                                                                                                                                                                                                |            |
| José Elde Fernandes de Borba Júnior<br>Ádria Alves Pereira<br>Guilherme Gomes Nobre<br>Reinan Silva Coelho Junior<br>Iberê Pinheiro de Oliveira<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000161                                                                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 14 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>215</b> |
| METODOLOGIA KANBAN EM UNIDADES DE INTERNAÇÃO DE UM HOSPITAL PÚBLICO<br>– AVALIAÇÃO DE REDUÇÃO DOS CUSTOS.                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
| Jefferson Barela<br>Paulo Adolf Lucheta<br>Gustavo Hideki Kawanami<br>Deborah Maciel Cavalcanti Rosa<br>Marta Helena Souza De Conti<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000162                                                                                                                                                                                                 |            |
| <b>CAPÍTULO 15 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>226</b> |
| OSELTAMIVIR, UMA CORRELAÇÃO DE DESLOCAMENTO QUÍMICO DE <sup>13</sup> C.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |
| Leonardo Buss Wulff<br>Gustavo da Silva Prado<br>Thaís Forest Giacomello<br>Marcelo Ricardo Souza Siqueira<br>Gunar Vingre da Silva Mota<br>Antonio Maia de Jesus Chaves Neto<br>Edimilson dos Santos Moraes<br>Fabio Luiz Parahos Costa<br>Sara Sâmitha Souza<br>Leandro Leal Rocha De Oliveira<br>Pamella Caroline Abreu da Silva<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000163 |            |
| <b>CAPÍTULO 16 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>233</b> |
| EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO COM FIBRAS DE SISAL<br>NAS PROPRIEDADES DE COMPOSTOS POLIMÉRICOS.                                                                                                                                                                                                                                                 |            |
| Karla Suellen Lino Barbosa<br>Ingrid Moreira Reis<br>Willam Rayplam Pereira Coelho<br>Gabrilly Monteiro Melo<br>Iara Ferreira Santos<br>José Antônio da Silva Souza<br>Deibson Silva da Costa<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000164                                                                                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 17 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>247</b> |
| AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS<br>DE MATERIAIS CERÂMICOS.                                                                                                                                                                                                                                                                       |            |
| Crisnam Kariny da Silva Veloso<br>Barbara Hellena Pereira Pertile                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |            |



Laécio Guedes do Nascimento  
Tamara Ketury Ferreira Soares  
Phillype Dowglas Lopes  
Aleff Oliveira Coelho Moura  
Rebeka Manuela Lobo Sousa  
Sávio Torres Melo  
DOI 10.35587/brj.ed.0000165

**CAPÍTULO 18.....261**

MODELAGEM DE SUPERFÍCIES PARA ANÁLISE DE ESTABILIZAÇÃO DE RECALQUES  
NA PERSPECTIVA DA INTERAÇÃO SOLO ESTRUTURA.

Pedro Henrique Abem-Athar Frias  
Gabriela de Athayde Duboc Bahia  
Neusa Maria Bezerra Mota  
Tiago Merllo Pereira  
DOI 10.35587/brj.ed.0000166

**CAPÍTULO 19.....276**

AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO LODO DE CHORUME  
TRATADO VIA GEOBAG ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE MEV E EDS.

Paulo Guilherme Mesquita  
Hélio da Silva Almeida  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Nélcio Teixeira Machado  
Lia Martins Pereira  
Fernanda Paula Costa Assunção  
Wagner Monteiro Lucena  
Laércio dos Santos Rosa Junior  
DOI 10.35587/brj.ed.0000167

**CAPÍTULO 20.....286**

VIABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DA ARDÓSIA EM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO  
GRAÚDO NA DOSAGEM DO CONCRETO.

Maurício Pessoa Rosa  
Matheus Alves Borges  
Laécio Guedes do Nascimento  
Samuel Campelo Dias  
Erika Marques da Guia Costa  
Marcelle Ribeiro Costa Cajueiro  
Pablo Eduardo Oliveira de Meneses  
Samuel Jônatas de Castro Lopes  
DOI 10.35587/brj.ed.0000168

**CAPÍTULO 21.....297**

A BIOGEOGRAFIA, PROPAGAÇÃO E USOS AMBIENTAIS DA *BOUGAINVILLEA*  
*SPECTABILIS* WILLD.

Antônio Pereira Júnior  
Samilly Santana da Costa  
Henriqueta da Conceição Brito Nunes  
Eliane Francisca de Almeida  
DOI 10.35587/brj.ed.0000169

|                                                                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 22 .....</b>                                                                                                                                        | <b>315</b> |
| URBANISMO SUSTENTÁVEL PARA A ÁREA CENTRAL DE NITERÓI/RJ.                                                                                                        |            |
| Elaine Garrido Vazquez                                                                                                                                          |            |
| Daniele Bento Ruas                                                                                                                                              |            |
| Lais Amaral Alves                                                                                                                                               |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000170                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 23 .....</b>                                                                                                                                        | <b>329</b> |
| TESAURO DO REGISTRO CIVIL DAS PESSOAS NATURAIS.                                                                                                                 |            |
| Débora Fabiana Freire Pereira                                                                                                                                   |            |
| Edna Vera Lucia de Sousa                                                                                                                                        |            |
| Heloisa Costa                                                                                                                                                   |            |
| Ana Claudia Perpetuo de Oliveira da Silva                                                                                                                       |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000171                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 24 .....</b>                                                                                                                                        | <b>343</b> |
| AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ADITIVOS NO CONCRETO PERMEÁVEL PARA PERMITIR MISTURA E TRANSPORTE EM CAMINHÃO BETONEIRA.                                  |            |
| Luciana Nascimento Lins                                                                                                                                         |            |
| Ana Gabriela de Oliveira Barreto                                                                                                                                |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000172                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 25 .....</b>                                                                                                                                        | <b>375</b> |
| DESLOCAMENTO QUÍMICO DE 13C CALCULADO PARA EFAVIRENZ.                                                                                                           |            |
| Gustavo da Silva Prado                                                                                                                                          |            |
| Thaís Forest Giacomello                                                                                                                                         |            |
| Leonardo Buss Wulff                                                                                                                                             |            |
| Marcelo Ricardo Souza Siqueira                                                                                                                                  |            |
| Gunar Vingre da Silva Mota                                                                                                                                      |            |
| Antonio Maia de Jesus Chaves Neto                                                                                                                               |            |
| Edimilson dos Santos Moraes                                                                                                                                     |            |
| Fabio Luiz Parahos Costa                                                                                                                                        |            |
| Sara Sâmitha Souza                                                                                                                                              |            |
| Leandro Leal Rocha De Oliveira                                                                                                                                  |            |
| Pamella Caroline Abreu da silva                                                                                                                                 |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000173                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 26 .....</b>                                                                                                                                        | <b>381</b> |
| POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PNRS: UM ESTUDO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA, AGROTÓXICOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM MUNICÍPIOS DO VALE DO RIBEIRA/SP. |            |
| Fagner Evangelista Severo                                                                                                                                       |            |
| Maria Cristina Pereira Matos                                                                                                                                    |            |
| Aurélio Moschin                                                                                                                                                 |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000174                                                                                                                                     |            |
| <b>CAPÍTULO 27 .....</b>                                                                                                                                        | <b>388</b> |
| AS ETAPAS DO PROCESSO CRIATIVO PROPOSTAS POR GRAHAM WALLAS IDENTIFICADAS EM PROCESSOS DE CRIAÇÃO EM AMBIENTES DIGITAIS.                                         |            |
| Otávio Luis Santos                                                                                                                                              |            |
| DOI 10.35587/brj.ed.0000175                                                                                                                                     |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 28 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>399</b> |
| AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE RIGOR MORTIS COM APLICAÇÃO DE EUGENOL: UM ENSAIO COM BEIJUPIRÁ (RACHYCENTRON CANADUM).                                                                                                                                                                    |            |
| Leandro Presenza<br>João Vitor Fonseca Ferreira<br>Amanda Soares dos Santos<br>Caroline Vettorazzi Bernabé<br>Ana Cláudia França Silva<br>Roberta Cardozo de Paiva Garcia<br>Laura Caixeta Dayrell<br>Henrique Lavander<br>Marcelo Giordani Minozzo<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000176 |            |
| <b>CAPÍTULO 29 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>409</b> |
| O ESTADO DA ARTE EM SISTEMAS DE RADAR VEICULAR: ÚLTIMOS AVANÇOS EM DISPOSITIVOS RESSONANTES.                                                                                                                                                                                       |            |
| Cássio da Cruz Nogueira<br>Wirlan Gomes Lima<br>Jasmine Priscyla Leite de Araújo<br>Gervásio Protásio dos Santos Cavalcante<br>Fabrício José Brito Barros<br>Miércio Cardoso de Alcântara Neto<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000177                                                      |            |
| <b>CAPÍTULO 30 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>420</b> |
| AVALIAÇÃO, ANÁLISE E REFORÇO DA ESTRUTURA DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.                                                                                                                                                                            |            |
| Matheus Nunes Reis<br>Jorge Antonio da Cunha Oliveira<br>Jocinez Nogueira Lima<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000242                                                                                                                                                                      |            |
| <b>CAPÍTULO 31 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>435</b> |
| INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.                                                                                                                                                                                  |            |
| Matheus Nunes Reis<br>Jorge Antonio da Cunha Oliveira<br>Jocinez Nogueira Lima<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000243                                                                                                                                                                      |            |
| <b>CAPÍTULO 32 .....</b>                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>453</b> |
| EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO, OS IMPACTOS AMBIENTAIS E A SUSTENTABILIDADE.                                                                                                                                                                       |            |
| Antônio Pereira Júnior<br>Aline Sousa Sardinha<br>Edmir dos Santos Jesus<br>DOI 10.35587/brj.ed.0000244                                                                                                                                                                            |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>496</b> |

# CAPÍTULO 01

LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E DO EXTERIOR.

## **Jayson Pereira Godinho**

Doutorando em Engenharia de Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), câmpus Curitiba. Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela UTFPR, câmpus Curitiba. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estácio de Sá (UNESA), câmpus Curitiba. Engenheiro Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão (UTFPR-CM). Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR), Laboratórios de Materiais e Estruturas (LAME), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC).

Endereço: Av. Coronel Francisco Heráclito dos Santos, nº 210, Jardim das Américas, Centro Politécnico da UFPR, Curitiba – PR, Brasil.

E-mail: jayson.godinho.eng@gmail.com

## **Vanessa Piffer**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração PPGMAD/Fundação Universidade Federal de Rondônia. Pós-graduada em Engenharia e Segurança do trabalho pela Faculdade Santo André. Pós-graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Faculdade Panamericana de Ji-Paraná. Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia. Engenheira de Segurança do Trabalho no Instituto Federal de Rondônia IFRO, Brasil.

Endereço: Av. Tiradentes, 3009 - Setor Industrial, Porto Velho - RO, 76821-001.

E-mail: eng.vanessapiffer@gmail.com

## **Valéria Costa de Oliveira**

Engenheira Civil pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade CHRISTUS. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Faculdade São Lucas. Mestre em estruturas e construção civil pela Universidade de Brasília (UNB). Doutoranda em Engenharia civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Docente EBT do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO) câmpus Porto Velho Calama.

Endereço: Av. Tiradentes, 3009 - Setor Industrial, Porto Velho - RO, 76821-001.

E-mail: valeria.oliveira@ifro.edu.br

## **Rafael Luiz Neves de Oliveira**

Engenheiro de Produção Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Curitiba. Especialista em Gerenciamento e Execução de Obras pelo Instituto de Educação Tecnológica De Luca Daher (IDD) câmpus Curitiba. Especialista em Sistemas Estruturais de Concreto pelo Instituto de Educação Tecnológica De Luca Daher (IDD) câmpus Curitiba. Mestrando em Engenharia de Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) câmpus Curitiba. Instituição: Tribunal de Justiça do Estado do Paraná.

Endereço: Rua Ivo Leão, 651 – Centro Cívico, Curitiba/PR.

E-mail: rafaell\_neves@hotmail.com

**Rosana Cláudia Smék Batista**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração PPGMAD/Fundação Universidade Federal de Rondônia. Pós-graduada em Marketing e Negócios pela Fundação Municipal Centro Universitário da Cidade de União da Vitória - UNIUV em convênio com o INBRAPE, graduada em Administração pela Fundação Faculdade Municipal de Administração e Ciências Econômicas de União da Vitória, graduada em Direito pela Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Atua como administradora na Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

Endereço: Rua Alvani Martins Cunha, 117, Porto Velho - RO, 76804-632.

E-mail: rosana@unir.br

**RESUMO:** A implantação das normas regulamentadoras, relativas à segurança e medicina do trabalho, em 1978 no Brasil foi um marco histórico, porém desde então, a maioria das NRS não passaram por atualizações técnicas de seus conteúdos, se demonstrando atualmente defasadas em relação a outras normas internacionais que tratam do assunto. Diante do exposto, o presente artigo teve por objetivo realizar uma análise crítica dos principais pontos falhos da NR-15, em especial de seu anexo 11, realizando um comparativo deste com as principais normas internacionais que tratam sobre limites de exposição ocupacional e também com estudos da comunidade científica a respeito dos efeitos de diversos agentes químicos na saúde humana. A metodologia utilizada para o presente estudo foi a pesquisa bibliográfica nas bases de dados governamentais e da comunidade científica. Observou-se que existem muitas informações que necessitam ser acrescentadas ou atualizadas no texto da NR-15 como um todo, para que está melhor desempenhe a função para qual foram criadas as normas regulamentadoras do ministério do trabalho e emprego, assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores no ambiente de trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Limites de exposição. Riscos químicos. Insalubridade.

**ABSTRACT:** The introduction of regulatory norms related to occupational safety and medicine in Brazil in 1978 was a historical milestone, but since then most of the NRS have not undergone technical updates of their contents and are currently out of line with other international standards that deal with the subject. In view of the above, this article aimed to perform a critical analysis of the main flaws of NR-15, especially its annex 11, comparing it with the main international standards dealing with occupational exposure limits and also with studies of the scientific community regarding the effects of various chemical agents on human health. The methodology used for the present study was the bibliographic research in the governmental databases and the scientific community. It was noted that there is a great deal of information that needs to be added or updated in the text of NR-15 as a whole, so that it is better to play the role for which the regulatory standards of the ministry of labor and employment have been created, to ensure health and safety of workers in the work environment.

**KEYWORDS:** Exposure limits. Chemical hazards. Unhealthiness.

## **1. INTRODUÇÃO**

A boa gestão dos produtos químicos a qual os colaboradores estão expostos é essencial devido ao aumento crescente da produção e utilização das mais diversas substâncias químicas, e também pelo fato do surgimento de inúmeras doenças e acidentes relacionados a estes agentes no ambiente de trabalho, que tem ocorrido pela falta de informações sobre a toxicidade destas substâncias (Bittar et al., 2009).

Della Rosa et al. (2003) define a exposição ocupacional como sendo própria das atividades profissionais nas quais os trabalhadores estão em contato direto ou indireto com algum tipo de agente químico, físico ou biológico, podendo vir acarretar efeitos adversos à saúde, podendo ser estes efeitos locais, sistêmicos de curto, médio ou longo prazo.

A higiene ocupacional tem por objetivo a prevenção dos efeitos adversos à saúde causados por contaminantes químicos ou outros presentes no ambiente laboral, fazendo com que os níveis desta exposição sejam os mínimos possíveis (Pedroza et al., 2011).

São inúmeras as legislações que tratam da exposição de forma segura dos trabalhadores a agentes químicos, por meio de limites de exposição com base em resultados de pesquisas em trabalhos científicos em revistas e periódicos de alto fator de impacto.

## **2. HISTÓRICO DAS NORMAS DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL**

Um dos marcos históricos para a evolução das normas de saúde, segurança e meio ambiente voltadas para o trabalho foi a Conferência Nacional Governamental de Higienistas Industriais (NCGIH) 4, convocada em 27 de junho de 1938, em Washington/DC, originalmente limitada a sua plena adesão para dois representantes de cada agência governamental de higiene industrial (Machado, 2013).

Em 1946, a NCGIH mudou seu nome para a Conferência Governamental Americana de Higienistas Industriais (ACGIH) com sede em Cincinnati nos EUA. A ACGIH tem a adesão de todos os representantes de higiene industrial dentro das agências governamentais, bem como aos profissionais de higiene industrial governamental de outros países. Na atualidade, a participação é aberta a todos os profissionais em saúde ocupacional, ambiental e segurança industrial (ROCHA; BASTOS, 2017).

Nos dias atuais a ACGIH possui 11 comitês e a variedade de tópicos a seguir: segurança e saúde agrícola, instrumentos de amostragem de ar, bio-aerossóis, limites de exposição biológica, computação, ventilação industrial, agentes infecciosos, empresas de pequeno porte, TLVs das substâncias química, limites de exposição ocupacional dos agentes químicos – TLVs e físicos (ROCHA; BASTOS, 2017).

A ACGIH é referência mundial nas pesquisas sobre os limites de exposição ocupacional, do inglês *The Threshold Limit value* (TLV), para substâncias químicas, agentes físicos e índices de exposição biológicos (BEIs). Um dos trabalhos mais conhecidos, são os limites de exposição para as substâncias químicas (TLV- CS), estabelecidos pelo Comitê em 1941, que é uma comissão permanente (ROCHA; BASTOS, 2017).

Em 1943 a ACGIH aprovou a sua primeira lista com 148 limites de exposição, então citadas como concentrações máximas admissíveis. Em 1956 o termo “valores limite (TLVs)” passou a ser utilizado. A primeira documentação dos valores-limite foi publicada em 1962, e uma nova edição é publicada a cada ano. A lista de TLVs de hoje inclui mais de 600 substâncias químicas e agentes físicos, bem como mais de 30 índices de exposição biológicos (BEIs) para produtos químicos importantes na indústria.

Os limites de exposição foram criados para proteger a saúde dos trabalhadores expostos no ambiente de trabalho, prevenindo doenças ocupacionais e outros agravos à saúde, como irritação nos olhos, sedação e efeitos narcóticos (Gunnar; Steinar, 2008).

No cenário brasileiro o que concerne a legislação ligada ao tema saúde e segurança no trabalho, o Congresso Nacional editou a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, alterando todo o Capítulo V, do Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), que trata da Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho, desta forma foram criadas as Normas Regulamentadoras (NRs) redigidas pela equipe técnica da FUNDACENTRO, estas foram aprovadas pela Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego- MTE, em 08 de junho de 1978 (ROCHA; BASTOS, 2017).

A criação das NRs foi um grande avanço jurídico brasileiro na área da saúde e segurança no trabalho, pois toda a matéria jurídica está concentrada em uma única normatização legal, da mesma forma que é feito nos códigos ou na própria CLT, com



uma estrutura que permite uma atualização dentro do seu próprio corpo (Soto et al., 2010).

Os TLVs utilizados como base para a NR 15 - Atividades e Operações Insalubres foram os disponibilizados no livro da ACGIH de 1976, e destes deveriam ser revisados a cada dois anos. Os valores fixados pela ACGIH tinham como parâmetro jornada de trabalho de 40 horas semanais, no entanto, de 1978 até a edição da Constituição de 1988, a jornada normal de trabalho no Brasil era de 48 horas semanais. Diante do exposto, houve a necessidade da redução de limites, a fim de adequá-los à jornada de trabalho praticada no país. Utilizou-se para essa redução o critério de Brief e Scala (1975), que já era indicado pela ACGIH para uso em jornadas diferentes de 40 horas semanais (Soto et al., 2010; Brasil, 1978b).

Para Vasconcelos (1995), a adaptação dos TLVs para o Brasil enfocou apenas a diferença de jornada semanal de trabalho americana de 40 horas e a brasileira de 48 horas. Já Formigoni (2015) comenta que não existe um consenso entre as diferentes agências e associações no estabelecimento de valores para os limites de exposição ocupacional e potencial carcinogênico para uma mesma substância química.

O ajuste dos limites de exposição a agentes químicos estabelecidos pela ACGIH para jornadas de trabalho de 40 horas fez com que ocorresse uma redução de 22 % destes, por exemplo, para o tolueno que possuía na época um TLV de 100 ppm na ACGIH, a NR-15 indicou uma concentração máxima de 78 ppm. Desta forma, muitas pessoas, principalmente da área empresarial não muito familiarizadas com “Limites de Exposição”, diziam que o Brasil queria ser mais rigoroso que os Estados Unidos, esquecendo-se de que a ACGIH utilizava para o cálculo dos seus limites a jornada semanal de 48 horas (ACGIH, 2017; Soto et al., 2010).

Apenas os limites que tinham por base a jornada diária, como os de ruído, e os limites de agentes químicos com efeito irritante sobre o organismo não sofreram nenhuma redução, pois independiam da jornada semanal (Soto et al., 2010).

De acordo com Soto et al. (2010) apesar da ACGIH contar com mais de 500 substâncias listadas na época, a equipe técnica da FUNDACENTRO decidiu citar no anexo 11 da NR-15 apenas as substâncias que eram possíveis de serem mensuradas no Brasil, com os recursos e equipamentos disponíveis no país, tornando o anexo 11 da NR 15 desde o início de sua criação desatualizado.

Por meio da NR 15 os trabalhadores expostos aos agentes agressivos a saúde, obtiveram o direito de receber adicional de insalubridade, podendo este ser de grau máximo, médio ou mínimo, cada um deles originando um percentual, respectivamente, de 40, 20 ou 10 % sobre o salário mínimo (Soto et al., 2010).

Desde a elaboração e publicação da NR 15 várias pesquisas científicas quanto aos danos dos diversos agentes químicos na saúde humana foram realizadas, e vários limites de tolerância nas principais normas internacionais e principalmente da AGCIH foram atualizados, no entanto mesmo depois de mais de 40 anos, o anexo 11 da NR 15 não sofreu alteração e/ou atualização, a não ser por dois agentes químicos: o benzeno, que em 1995 foi transferido para o Anexo 13, que trata dos agentes químicos mensuráveis de forma qualitativa, e o negro de fumo, transferido do Anexo 13 para o Anexo 11, para o qual foi estabelecido um limite de tolerância (Rebelo et al., 2011).

Desta forma as atualizações das NRs não fizeram com que as mesmas evoluíssem cientificamente no que diz respeito à proteção da saúde humana e a prevenção de acidentes, pois não consideraram as atualizações dos principais estudos da comunidade científica e nem a incorporação na norma de novos agentes nocivos à saúde (LAZARO; HAJEL FILHO, 2014).

Deste modo o objetivo do presente trabalho é realizar uma análise crítica dos principais pontos falhos da NR-15, em especial de seu anexo 11, realizando um comparativo deste com as principais normas internacionais que tratam sobre limites de exposição ocupacional e também com estudos da comunidade científica a respeito dos efeitos de diversos agentes químicos na saúde humana.

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

O procedimento metodológico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi a revisão bibliográfica por meio de artigos científicos publicados em periódicos, trabalhos de conclusão de curso, base de dados acadêmicos e principalmente nos portais de leis e normas do governo federal.

Este levantamento possibilitou uma comparação entre as normas, nacionais e internacionais, vigentes e os principais estudos relacionados a saúde e segurança no trabalho, realizando-se assim um confronto das informações deste modo possibilitando fazer uma análise crítica de suas incongruências e também um apontamento de possíveis melhorias que poderiam ser aplicadas a NR 15 em especial a seu anexo 11.

#### 4. DISCUSSÃO E ANÁLISE CRÍTICA

Como mencionado anteriormente, a NR 15 foi elaborada para assegurar que os trabalhadores expostos a agentes químicos não sofressem danos à saúde devido exposição a estes. Desta forma foram criadas várias definições para valores limites de exposição derivados da denominação americana *The threshold limit value* (TLV).

As principais denominações relacionadas aos TLVs nas normas de exposição ocupacional brasileiras são: a) Valores limites de tolerância; b) Níveis aceitáveis de exposição; c) Níveis de exposição permitidos; d) Limites de exposição; e) Concentrações máximas aceitáveis.

Para Colacioppo (1989), a denominação a) citada anteriormente não deixa claro o que significa tolerância, já a b) pretende controlar somente a exposição e não o ambiente, c) é mais voltada à ação fiscalizatória de órgãos governamentais, a d) tem um objetivo misto de controlar a exposição e também adequar o ambiente, e por final a e) destaca uma proposta diferente dos demais, pois refere-se ao máximo valor de exposição em qualquer momento do dia de trabalho, não adotando, como nos outros casos, o uso de médias, sendo desta forma, geralmente, mais conservador.

Uma forma de contornar a defasagem da atualização dos limites de exposição do anexo 11 da NR 15 é o que é citada no item 9.3.5.1 da NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais-PPRA aprovada pela Portaria MTE nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Este item faz menção de que na ausência de limites de tolerância previstos na legislação brasileira para algum agente químico presente no local de trabalho, deve se observar os valores de limites da ACGIH (Brasil, 1978a).

Quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes os valores limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos (Alínea C, Item 9.3.5.1 da NR 9).

Porém, a NR 15 permite a adoção dos parâmetros da ACGIH quando da ausência dos limites do anexo 11, assim demonstra falha ao não realizar a citação no respectivo texto.

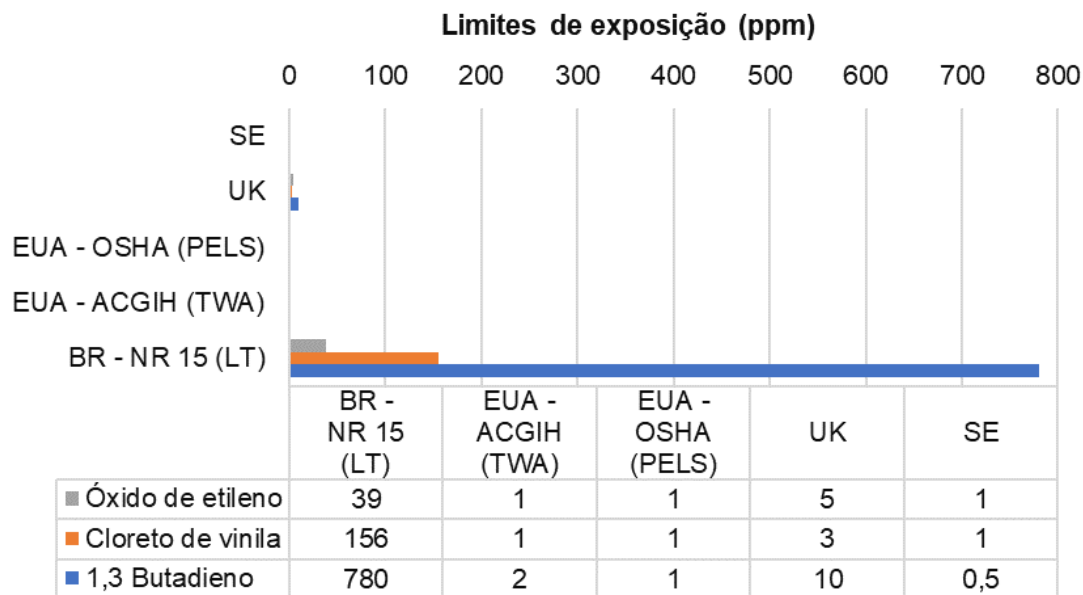
Para as substâncias químicas que são mencionadas no anexo 11 da NR 15 e que estão com os limites desatualizados e muito superiores aos da ACGIH atualmente, nada muda e não se pode aplicar os valores da ACGIH, pois mesmo que desatualizados, existem limites na legislação brasileira.

Soto et al. (2010) realizaram um estudo para verificar a defasagem dos limites do anexo 11 da NR 15, em relação aos limites adotados já em 2010 pela ACGIH, e os autores puderam verificar que vários limites de agentes químicos utilizados no Brasil estavam em mais de 100 vezes acima dos limites estabelecidos pela organização americana.

Ainda segundo Soto et al. (2010), 52,3 % dos limites de tolerância (LTs) da NR 15 estavam acima dos TLVs da ACGIH de 2010, sendo que destes, 2 % estava 100 vezes acima, 11 % entre 30 e 99 vezes, 3 % entre 10 a 30 vezes, 8 % entre 3 a 10 vezes e 28 % entre 1 a 3 vezes acima dos limites internacionalmente (TLVs) aceitos para a proteção da saúde dos trabalhadores.

Rocha et al. (2011) também realizou um estudo sobre os limites de exposição a agentes químicos no Brasil (BR), comparando com as normas dos Estados Unidos da América (EUA), Inglaterra (UK) e Suécia (SE) para as substâncias químicas: 1,3 Butadieno, Cloreto de vinila e Óxido de etileno (Figura 01).

Figura 01: Comparação dos limites de exposição em diferentes países.



Fonte: Adaptado de Rocha et al. (2011)

De acordo com Rocha et al. (2011) e como pode ser constatado na Figura 01, substâncias de reconhecido efeito cancerígeno para seres humanos como, por exemplo, o Cloreto de vinila e o 1,3 Butadieno apresentam limites de tolerância no

Brasil, respectivamente, 150 vezes e 780 vezes superiores aos valores recomendados pelas agências internacionais credenciadas.

Pedroza et al. (2011) também realizaram uma comparação dos limites de exposição para substâncias químicas do anexo 11 da NR-15 e os com limites da ACGIH (Tabela 01).

Tabela 01: Limites de exposição da NR15 e ACGIH.

| <b>Substâncias</b> | <b>TLV-TWA (ACGIH, 2010) (ppm)</b> | <b>LT (NR-15, 1978) (ppm)</b> |
|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Acrilonitrila      | 2                                  | 16                            |
| Metil cellosolve   | 0,1                                | 20                            |
| Óxido de etileno   | 1                                  | 39                            |
| Cloreto de etila   | 100                                | 780                           |
| Cloreto de vinila  | 1                                  | 156                           |
| Brometo de etila   | 5                                  | 156                           |
| 2-etoxietanol      | 5                                  | 78                            |
| 1,3-butadieno      | 2                                  | 780                           |

Fonte: Pedroza et al. (2011).

De acordo com Pedroza et al. (2011) há bastante divergência entre os limites das duas normas, pois enquanto a ACGIH trazia em sua listagem oficial de 2010 aproximadamente 700 substâncias, a NR 15 apresenta apenas 202 agentes químicos. Outro ponto, além da quantidade de substâncias listadas, são os valores dos limites em si, que são muito superiores na norma brasileira.

Formigoni (2015) ressalta que a defasagem entre os valores adotados em 1978 para valores limites de exposição e aqueles atualizados anualmente pela ACGIH é grande para alguns casos, a somar-se ainda a falta da abordagem mais recente a agentes químicos não listados na NR 15 – anexo 11.

No caso do cromo, por exemplo, o anexo 11 da NR-15 prevê somente o ácido crômico (cromo VI) com LT de 0,04 mg/m<sup>3</sup>. Contudo, os autores citam que o cromo III é um composto irritante e corrosivo que, quando atinge o sistema respiratório humano, pode causar ulcerações e perfuração do septo nasal sendo que a intoxicação se torna ainda mais grave quando há adsorção do cromo III pelo trato intestinal.

Barros e Moraes (2017) realizaram uma comparação para os limites máximos toleráveis aplicados na NR 15 e na ACGIH (Tabela 02) e verificaram elementos não previstos na norma brasileira.

Tabela 02: Limites máximos toleráveis.

| Substâncias                                                                                                                                           | NR-15 (mg/m³) | ACGIH, Técnica NIOSH, Método 7303 (mg/m³) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------|
| Chumbo                                                                                                                                                | 0,10          | 0,004405                                  |
| Óxido de magnésio                                                                                                                                     | -             | 8,81                                      |
| Mangânes total                                                                                                                                        | 1             | 0,01762                                   |
| Óxido de zinco                                                                                                                                        | -             | 1,762                                     |
| Cádmio                                                                                                                                                | -             | 0,00881                                   |
| Cromo                                                                                                                                                 | -             | 0,4405; 0,04405; 0,00881*                 |
| Dióxido de carbono                                                                                                                                    | 7020          | 7926,3                                    |
| Monóxido de carbono                                                                                                                                   | 43            | 25,23                                     |
| Dióxido de nitrogênio                                                                                                                                 | 7             | 0,3316                                    |
| Ozônio                                                                                                                                                | 0,16          | 0,08651; 0,1384; 0,1730**                 |
| *Cr metal e compostos Cr III, compostos de Cr VI solúveis em água e insolúveis, respectivamente; **trabalho pesado, moderado e leve, respectivamente. |               |                                           |

Fonte: Adaptado de Barros e Moraes (2017).

Os fumos metálicos de cromo podem ser gerados na forma de trivalente (Cromo III) e hexavalente (Cromo VI), sendo este último bastante tóxico e é classificado como carcinogênico humano confirmado pela ACGIH. Os mesmos autores citam que tanto o cádmio quanto o manganês são classificados como aerodispersóides sistêmicos, agentes químicos que têm a capacidade de atacar órgãos internos, enquanto que o chumbo é classificado como aerodispersóide mutagênico/teratogênicos, caracterizando por causar alterações celulares e genéticas (Barros, Moraes, 2017).

Gioda e Aquino Neto (2003) estudaram sobre poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil e compararam limites sugeridos por órgãos nacionais e internacionais para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais e as concentrações médias obtidas a partir do levantamento bibliográfico da situação no Brasil (Tabela 03) e observaram que em muitos casos, principalmente para compostos orgânicos voláteis totais (COVst), foram ultrapassados os limites sugeridos nacionais

(500 µg/m<sup>3</sup>) e internacionais (300 µg/m<sup>3</sup>), além do formaldeído, tolueno e xilenos que ultrapassaram os limites recomendados.

Tabela 03: Limites sugeridos por órgãos nacionais e internacionais para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais e as concentrações médias obtidas a partir do levantamento bibliográfico da situação no Brasil.

| Poluente    | NR-15 | Conama | Resolução N°176 | Aquino Neto | NIOSH | OSHA | Faixa de concentrações encontradas (µg/m <sup>3</sup> ) |            |
|-------------|-------|--------|-----------------|-------------|-------|------|---------------------------------------------------------|------------|
|             |       |        |                 |             |       |      | Interno                                                 | Externo    |
| Acetaldeído | 140   | -      | -               | -           | 180   | 360  | 0,6-44,1                                                | 0-33,8     |
| COVsT       | NS    | -      | -               | 500         | -     | -    | 48,3-15192,1                                            | 17,3-216,3 |
| Formaldeído | 2,3   | -      | -               | 100         | 0,02  | 0,93 | 2,2-105,7                                               | 2,9-14,5   |
| Nicotina    | -     | -      | -               | -           | 3,37  | 3,37 | 0,3-1,7                                                 | 0-0,06     |
| Tolueno     | 290   | -      | -               | 250         | 375   | 766  | 208,0-2921,4                                            | 37,6-79,3  |
| Xilenos     | 340   | -      | -               | 250         | 435   | 435  | 18,7-496,3                                              | 5,2-14,3   |

Fonte: Adaptada de Gioda e Aquino Neto (2003).

Observou-se até o momento que a NR 15 é falha, pois os valores de limites de exposição apresentados em seu Anexo 11, estão muito acima dos valores que os estudos da comunidade científica atuais determinam como ideais para a manutenção da qualidade de vida do trabalhador. Desta forma a própria legislação se condena ao estabelecer valores fixos de limites de exposição que põem em risco a vida e a saúde dos trabalhadores.

Buschinelli (2016) também realizou uma comparação das principais normas nacionais e internacionais quantos aos limites de exposição ocupacional (Tabela 04). O autor listou quatro entidades internacionais, dentre elas: *Association Advancing Occupational and Environmental Health* (ACGIH) dos EUA que define o *the threshold limit value* (TLV); *Occupational Safety Health Administration* (OSHA) dos EUA que define o *permissible exposure limit* (PEL); *European Agency for Safety and Health at Work* (EASHW), através do *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* (SCOEL) que define o *occupational exposure limits value* (OELV); *Health and Safety Executive* (HSE) do Reino Unido (UK) que define o *workplace exposure limits* (WEL).



Tabela 04: Comparativo das principais normas internacionais quantos aos limites de exposição ocupacional.

| <b>Substância - CAS</b>           | <b>LT- MTE (Brasil)</b> | <b>TLV- ACGIH (EUA)</b> | <b>PELOSHA (EUA)</b>   | <b>OELV (EU)</b>       | <b>WEL (UK)</b>        |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Benzeno -CAS-71-43-2              | 1 ppm                   | 0,5 ppm                 | 1ppm                   | 1ppm                   | 1ppm                   |
| Tolueno- CAS-108-88-3             | 78 ppm                  | 20 ppm                  | 100 ppm                | 50 ppm                 | 50 ppm                 |
| Chumbo inorgânico - CAS 7439-92-1 | 0,1 mg/m <sup>3</sup>   | 0,05 mg/m <sup>3</sup>  | 0,05 mg/m <sup>3</sup> | 0,15 mg/m <sup>3</sup> | 0,10 mg/m <sup>3</sup> |
| Cloroformio - CAS-67-66-3         | 20 ppm                  | 10 ppm                  | 50 ppm                 | 2 ppm                  | 2 ppm                  |
| n-hexano - CAS 110-54-3           | -                       | 50 ppm                  | 500 ppm                | 20 ppm                 | 20 ppm                 |

Fonte: Adaptado de Buschinelli, 2016.

Estes dados da Tabela 04 evidenciam que os estudos da comunidade científica ao longo dos anos estão sempre evoluindo e demonstrando que as mínimas concentrações dos diversos tipos de substâncias químicas causam algum dano a saúde das pessoas expostas a estas substâncias. Desta forma a exposição as concentrações dos agentes químicos devem ser sempre mantidas, o mais baixo que as novas tecnologias de controle da poluição do ambiente permitirem (Schenk et al., 2008).

Os estudos a respeito dos efeitos nocivos dos agentes químicos ao corpo humano também demonstram que mesmo abaixo dos limites de tolerância impostos, até mesmo pelas normas internacionais, existem trabalhadores que podem sofrer agravos a saúde, por serem mais sensíveis a determinadas substâncias (Vasconcelos, 1995).

O benzeno é uma substância usada como solvente (de iodo, enxofre, graxas, ceras, etc.) e matéria-prima básica na produção de muitos compostos orgânicos importantes como fenol, anilina, trinitrotolueno, plásticos, gasolina, borracha sintética e tintas. Em concentrações altas, o benzeno é extremamente irritante para as mucosas, e se aspirado pode provocar edema pulmonar e hemorragia. A ingestão de alimentos ou água com níveis altos de benzeno pode causar vômitos, irritação gástrica, tonteira, convulsões, taquicardia, coma e morte (Rigotti, 2016).

Contudo, a NR 20, que trata sobre a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, não inclui dentre suas medidas protetivas, a exigência de

utilização de equipamentos de proteção individual pelos trabalhadores de postos de combustíveis, e como já foi afirmado, a gasolina contém benzeno, ele é extremamente volátil e não há um limite seguro de exposição a ele (Brasil, 2017; Rigotti, 2016).

As características fisiológicas individuais de cada trabalhador, tais como a fragilidade maior ou menor a alguma substância química, efeitos combinados de agentes químicos presentes no ambiente de trabalho e de outros agentes físicos como ruído, calor, umidade, devem ser levados em consideração, pois podem exercer efeitos nocivos maiores sobre a saúde do trabalhador do que a simples exposição a um tipo de agente químico não combinado com outros fatores (Breviigliero, Possebon, Spinelli, 2016).

Outro ponto a ser considerado é o tipo de trabalho exercido pelos colaboradores, pois irá influenciar na vazão respiratória, ou seja, se um trabalhador realiza as suas atividades de forma leve, sem esforços físicos, sua vazão respiratória será menor e a quantidade de produtos inalados juntamente com o ar será baixa, mas se o trabalhador realiza atividades pesadas, lhe exigindo alto grau de esforço físico, a sua vazão respiratória será alta e a quantidade de produtos inalados juntamente com o ar consequentemente será maior do que quando se realiza atividades leves. Desta forma concluiu-se que para atividades pesadas realizadas em exposição a agentes químicos, uma das medidas de prevenção a serem tomadas é a instalação de sistemas de ventilação eficientes (Waldhelm Neto, 2017).

Os limites de exposição não são uma garantia absoluta para a manutenção da qualidade de vida dos trabalhadores, como expõe a ACGIH em seu manual intitulado os Threshold Limits Values – TLVs, que é publicado anualmente com diversas atualizações dos limites, ao utilizar os termos “acredita-se” e “maioria” em sua introdução, como pode ser observado a seguir:

Os limites de exposição (TLVs) referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar, e representam condições às quais, acredita-se, que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida útil de trabalho, sem efeitos adversos à saúde (ACGIH, 2017).

Isso demonstra que com o avanço dos estudos na área, tem se chegado ao consenso de que as reduções dos limites de exposição são necessárias para assegurar a saúde e o bem-estar do trabalhador no ambiente laboral.

No entanto, a legislação brasileira, em especial a NR 15 do MTE, apresenta os limites de tolerância em seu texto como sendo seguros, ou seja, que não causará

danos à saúde dos trabalhadores, em geral, expostos durante a sua vida laboral, como observa-se na citação a seguir:

Entende-se por Limite de Tolerância, para os fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral (NR-15).

Esse posicionamento se contrapõe a outras normas e estudos relacionados a matéria como citado anteriormente neste estudo.

Além das diversas pesquisas da comunidade científica que contribuem para a atualização dos limites de exposição, existem também motivos políticos, econômicos, sociais e tecnológicos que definem o quão rápido, detalhado e preciso serão essas atualizações no âmbito de determinados países. Porém mesmo estando estabelecidos em normas e sendo sancionado por portarias e leis, os limites de exposição não devem ser vistos como valores rígidos e exatos que separam quais concentrações são seguras e quais são perigosas e que causam efeitos deletérios a saúde ao longo de toda uma vida de trabalho (Rocha et al. 2011).

Para equilibrar o peso dos fatores políticos, econômicos e sociais na tomada de decisão sobre as normas brasileiras de segurança do trabalho e suas atualizações, foi estabelecida a Comissão Tripartite Partidária Permanente - CTPP pelo Ministério do Trabalho por meio da Portaria no 393, de 09 de abril de 1996. De acordo com esta portaria as decisões deveriam ser tomadas por representantes do governo, dos trabalhadores e empregadores, buscando assim, o consenso para discussão e elaboração dessas regulamentações (Rocha et al. 2011).

A regulamentação da CTPP foi realizada através da Portaria SSST nº 2, de 10 de abril de 1996, e estabeleceu a representatividade da comissão com cinco representantes do Ministério do Trabalho, cinco representantes dos empregadores e cinco representantes dos trabalhadores. Além desses representantes, participam das reuniões da CTPP representantes dos Ministérios da Saúde e da Previdência e Assistência Social como órgãos corresponsáveis pela implementação das ações sociais do governo (Rocha et al. 2011).

Mesmo com a CTPP tendo representatividade dos trabalhadores, que são os mais afetados pelos agentes químicos no ambiente laboral, e havendo várias discussões e estudos no Brasil sobre os efeitos deletérios a saúde causada por estas substâncias, ainda assim as atualizações das normas de segurança do trabalho

referente a matéria caminham a passos lentos quando comparando aos países desenvolvidos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base na discussão realizada, podemos concluir que: a) Apesar do Brasil contar com um conjunto de normas bem extenso, que visam a manutenção da saúde e segurança do trabalhador, muitas destas normas estão desatualizadas; b) É necessário a revisão dos limites de exposição dos anexos 11 da NR 15, tornando-os mais rigorosos e assim garantindo um ambiente de trabalho mais saudável; c) Sugerimos uma formalização de parceria mais estreitas com agências internacionais de regulamentação dos limites de exposição ocupacionais; d) É necessário mais investimentos em estudos no Brasil a respeito dos principais efeitos deletérios que os agentes químicos utilizados com mais frequência na indústria nacional causam à saúde humana, em especial os efeitos combinados de vários agentes sejam químicos, físicos e/ou biológico em um mesmo ambiente; e) Faz-se necessário o aumento do contingente de agentes que atuam na fiscalização acerca do cumprimento das normas regulamentadoras.

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos agradecimentos a Universidade Federal do Paraná (UFPR) campus Curitiba, Centro Politécnico; ao Instituto Federal de Rondônia (IFRO); a Universidade Federal de Rondônia (UNIR); ao Programa de Mestrado em Administração (PPGMAD) e ao Grupo de Pesquisa em Gestão de Inovação e Tecnologia (GEITEC).

## REFERÊNCIAS

- ACGIH - ASSOCIATION ADVANCING OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH. **Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)**. ISBN: 978-1-607260-09-7, Cincinnati /Ohio: USA, 288 p, 2017.
- BARROS, J.P.A.A; MORAIS, M.V. G. **Identificação dos riscos químicos no processo de soldagem e suas medidas de proteção** Nucleus, v.14, n.2, out. 2017.
- BITTAR, C. J. B.; ITANI, A.; UMBUZEIRO, G. **Riscos, limites de tolerância e a saúde do trabalhador**. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente, v.4, n.3, Artigo 1, set./dez, 2009.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. **Norma Regulamentadora Nº 15 - Atividades e operações insalubres**. DOU (Diário Oficial da União), 1978b.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. **Norma Regulamentadora Nº 09 - Programas de Prevenção de Riscos Ambientais**. DOU (Diário Oficial da União), 1978a.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. **Norma Regulamentadora Nº 20 - Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis**. Portaria MTb n.º 872, de 06 de julho de 2017.
- BREVIGLIERO, E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **Higiene Ocupacional – Agentes Biológicos, Químicos e Físicos**. ISBN: 9788539612222, 9ª ed., 456 p, Editora SENAC, São Paulo/SP, 2016.
- BRIEF, R.S.; SCALA, R.A. **Occupational exposure limits for novel work schedules**. American Industrial Hygiene Association Journal, v. 36, n. 6, p. 467–469, 1975.
- BUSCHINELLI, J. T. P. **Monitoramento de Exposição a Substâncias Químicas**. In 8º WSST Ipatinga/Minas Gerais, (2016) -. Disponível em <[http://www.hideasystems.com.br/apamt/aulas/16\\_5.pdf](http://www.hideasystems.com.br/apamt/aulas/16_5.pdf)>. Acesso em 09 de setembro de 2018.
- COLACIOPPO, S. **Limites de exposição**. In: Tópicos de Saúde do Trabalhador (F. M. Fisher; J. R. Gomes & S. Colacioppo, org.), pp. 99-132, São Paulo: Hucitec, 1989.
- DELLA ROSA, H. V.; SIQUEIRA, M. E. B.; COLACIOPPO, S. **Monitorização Ambiental e Biológica**. In. OGA, S. Fundamentos de Toxicologia. 2º ed., São Paulo: Atheneu, p. 148-161, 2003.
- FORMIGONI, L.P.A. **Avaliação da defasagem da norma regulamentadora 15 em relação aos principais agentes químicos atuantes na indústria de petróleo e gás**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Campo – SMS, PROMINP da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. Espírito Santo. 2015.
- GIODA, A.; AQUINO NETO, F.R. **Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil**. Quim. Nova, Vol. 26, No. 3, 359-365, 2003.
- GUNNAR, D. N.; STEINAR, O. **Background, approaches and recent trends for setting health-based occupational exposure limits: A minireview**. Regulatory Toxicology and Pharmacology, Volume 51, Issue 3, p 253-269, Agosto, 2008.

LAZARO, M. A.; HAJEL FILHO, R. A. B. **A Proposta de Revisão da Norma Regulamentadora nº 15 e as Implicações na Legislação Trabalhista e Saúde do Trabalhador**. Revista Jurídica, Rio Claro SP, p. 98 - 112, 10 dez. 2014.

MACHADO, C. **A ACGIH e Limites de Exposição Ocupacionais TLVs**. Material de Treinamento técnico, 2013. Disponível em <<http://breathe.com.br/a-acgih-e-limites-de-exposicao-ocupacionais-tlvs/>>. Acessado em 02 de setembro de 2018.

PEDROZA, A. C.; RODRIGUES, A. S.; SOUSA, C. F. DE.; PINHEIRO, F. **Limites de Exposição Ocupacional: estudo comparativo entre valores aplicados no Brasil e EUA**. RevInter -Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, v. 4, n. 3, p. 20-29, outubro. 2011.

REBELO, P. A. P.; NASCIMENTO, E. S.; DELLA ROSA, H. V. **Mudanças na legislação federal relacionada à exposição ocupacional aos agentes químicos**. Boletim Técnico da Petrobras (Impresso), v. 54, p. 129-152, 2011.

RIGOTTI, C.R. **O meio ambiente do trabalho e os riscos da exposição ao benzeno na indústria e no comércio de petróleo e derivados**. Monografia Especialização. Pós-graduação em Direito Ambiental do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Paraná.2016.

ROCHA, J. R.; QUELHAS, O. L. G.; GOMES, R. S. **Análise crítica da legislação brasileira de segurança e saúde ocupacional. O caso da exposição a agentes químicos**. In VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, ISSN 1984-9354, Rio de Janeiro/RJ, 2011.

ROCHA, R.; BASTOS, M. **Higiene Ocupacional ao alcance de todos**. Editora RTX ambiental, ISBN: 9788551800133, volume único, 251 p., 2017.

SCHENK, L.; HANSSON, S. O.; RUDÉN, C.; GILEK, M. **Occupational exposure limits: A comparative study**. Regulatory Toxicology and Pharmacology, v. 50, n. 2, p. 261–270, 2008.

SILVA, E.; FRANÇA, L.P; NASCIMENTO, M.M.G.S.; ZOPELARO, R.M.; CHAVES NETO, O; SOARES, R.A.R; GENESTRA, M. **Propostas à prevenção de riscos ambientais relacionados ao tratamento de superfície com cromatos**. Cadernos UniFOA. Volta Redonda. Rio de Janeiro. 2008.

SOTO, J. M. O. G.; SAAD, I. F. S. D.; GIAMPAOLI, E.; FANTAZZINI, M. L. **Norma Regulamentadora (NR)-15, da Portaria n. 3.214, de 8. 6. 1978, do Ministério do Trabalho e Emprego): Um pouco de sua história e considerações do grupo que a elaborou**. Revista ABHO de higiene ocupacional, ano 9, nº 21, São Paulo/SP, 2010.

VASCONCELOS, F. D. **Uma visão crítica do uso de padrões de exposição na vigilância da saúde no trabalho**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, volume 11, nº 4, p 588-599, out/dez, 1995.

WALDHELM NETO, N. **O Limite de Tolerância é confiável? – Insalubridade é bom?**. (2017). Disponível em<<http://segurancadotrabalhonwn.com/o-limite-de-tolerancia-e-confiavel-insalubridade-e-bom/>>. Acesso em 09 de setembro de 2018.

# CAPÍTULO 02

## SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DA DINÂMICA DE POPULAÇÕES.

### **Osvaldo Eduardo Aiélo**

Doutor em Ciências Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto,  
Universidade de São Paulo

Instituição: Instituto Federal de São Paulo - *Câmpus* Barretos

Endereço: Avenida C-1, 250, Ide Daher, CEP: 14781-502, Barretos/SP, Brasil

E-mail: aiello@ifsp.edu.br

### **Tiago Ventura Rodrigues Lima**

Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de São  
Paulo – *Câmpus* Barretos

Instituição: Instituto Federal de São Paulo – *Câmpus* Barretos

Endereço: Avenida C-1, 250, Ide Daher, CEP: 14781-502, Barretos/SP, Brasil

E-mail: tiagoventura01@hotmail.com

### **Flávio Henrique Sant’Ana Costa**

Doutor em Ciências Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto,  
Universidade de São Paulo

Instituição: Fundação Educacional de Barretos

Endereço: Av. Prof. Roberto Frade Monte, 389, Aeroporto, CEP: 14783-226,  
Barretos/SP, Brasil

E-mail: fhsantanacosta@gmail.com

**RESUMO:** A dinâmica dos processos de crescimento requer uma análise multidisciplinar envolvendo conhecimentos de biologia, matemática, computação, física e etc. O método de simulação computacional Monte Carlo dinâmico é apresentado formalmente e aplicado a três estudos: 1) crescimento de tumores; 2) dinâmica populacional e 3) interação entre populações de predadores e presas. As simulações computacionais são realizadas a partir de modelos matemáticos clássicos, formulados em termos de equações diferenciais deterministas, para os três casos. Um algoritmo geral é apresentado, mostrando o passo-a-passo que deve ser seguido na simulação, para a realização dos “experimentos virtuais”. Cada experimento representa uma realização estocástica para os modelos deterministas. As soluções obtidas pela simulação coincidem, com grande precisão, quando comparadas às resoluções das equações dos modelos matemáticos nos limites apropriados. Todavia, o caráter probabilístico, implícito no método Monte Carlo, faz com que os resultados das simulações para algumas variáveis possam apresentar flutuações, que são naturais nos sistemas reais, não verificados nas resoluções dos modelos analíticos. Assim, concluímos que as simulações computacionais, que podem ser aplicadas para resolver as equações dos modelos matemáticos, vão além, e fornecem resultados mais completos e compatíveis para os sistemas reais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dinâmica de populações; Método Monte Carlo; Crescimento Populacional; Crescimento de Tumores; Modelo Predador-Presa.

**ABSTRACT:** The dynamics of growth processes require multidisciplinary analysis involving knowledge of biology, mathematics, computation, physics and so on. The dynamical Monte Carlo computational simulation method is formally presented and applied to three studies: 1) tumor growth; 2) population dynamics and 3) interaction between predator and prey populations. Computer simulations are performed from classical mathematical models, formulated in terms of deterministic differential equations, for the three cases. A general algorithm is presented, showing the step-by-step that should be followed in the simulation to perform the “virtual experiments”. Each experiment represents a stochastic achievement for deterministic models. The solutions obtained by the simulation coincide, with great precision, when compared to the resolutions of the equations of the mathematical models in the appropriate limits. However, the probabilistic character, implicit in the Monte Carlo method, makes the results of simulations for some variables may present fluctuations, which are natural in real systems, not verified in the resolutions of the analytical models. Thus, we conclude that computer simulations, which can be applied to solve the equations of mathematical models, go beyond and provide more complete and compatible results for real systems.

**KEYWORDS:** Population dynamics; Monte Carlo Method; Population growth; Growth of Tumors; Predator-prey model;



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 FÍSICA BIOLÓGICA, MATEMÁTICA E COMPUTAÇÃO.

A aplicação de métodos matemáticos no estudo de sistemas biológicos vem contribuindo para a descrição de vários processos que ocorrem na natureza. Equações gerais de crescimento são utilizadas tanto para avaliar a dinâmica populacional, que ocorre numa escala macroscópica, como para os fenômenos que acontecem em escala muito menor como o crescimento de aglomerados de células que formam tumores [1].

Nos dois casos pode haver interação entre os elementos da população. Tais interações podem ser competitivas, disputa por espaços, predação ou até mesmo cooperativas. Em geral, nos sistemas biológicos ocorrem interações complexas entre um número grande de agentes. Algumas grandezas físicas observáveis para estes sistemas se comportam como variáveis aleatórias que assumem valores, que mudam com tempo, e que eventualmente, se estabilizam em um estado de equilíbrio.

Tanto a dinâmica fora do equilíbrio como os estados de equilíbrio são, em geral, avaliados estatisticamente. Assim, modelos matemáticos que consideram a natureza estocástica dos processos populacionais tem maior chance de obter sucesso. Porém, esta descrição estocástica, mais realista, necessita da inclusão de variáveis nos modelos matemáticos, que os tornam complexos, difíceis de serem resolvidos analiticamente, por isso, métodos numéricos e computacionais tem ganhado bastante atenção nesta área da ciência.

Particularmente o método Monte Carlo (MC) se torna uma ferramenta essencial para esse serviço uma vez que se utiliza da ideia de calcular o valor médio de uma grandeza física a partir de uma amostra do sistema cuja evolução segue uma cadeia de Markov [2]. O método Monte Carlo constitui-se de uma classe de esquemas numéricos, frequentemente usados para lidar com problemas em mecânica estatística do equilíbrio [3,4]. Essas abordagens são bastante úteis quando o fenômeno estudado pode ser representado por um modelo discreto e estocástico como os processos de dinâmica populacional [5].

Além disso, se o caso possuir dependência espacial, envolvendo as vizinhanças de um elemento, dificilmente outro método numérico irá funcionar melhor que MC. Caso estivermos interessados em estudar propriedades fora do equilíbrio, os métodos Monte Carlo dinâmico (DMC) e Monte Carlo cinético (KMC) podem realizar a integração numérica da equação mestra Markoviana para obter as trajetórias

temporais das grandezas de interesse; eles são variantes de MC especificamente desenhados para lidar com as informações a respeito da evolução temporal real de um sistema [6-8].

Fichthorn e Weinberg (1991) [8] mostraram que se três critérios são obedecidos, à saber: (i) uma hierarquia dinâmica é criada, (ii) os incrementos de tempo forem calculados apropriadamente e (iii) a independência efetiva entre os eventos que ocorrem no sistema for alcançada, então pode-se atingir a trajetória temporal real assumindo-se processos de Poisson. Em suma, obedecer a esses três critérios é formar a base de aplicação do método KMC.

No entanto, nas questões de crescimento, existe uma limitação no terceiro critério: em muitas ocasiões não é possível garantir a independência efetiva entre os eventos. Devido a interação entre os elementos, a independência não pode ser garantida uma vez que há disputa por espaço entre os próprios elementos, competição e não rara cooperação entre eles [9].

Para lidar com esse problema, Aiello e da Silva (2003) [6] mostraram que é possível encontrar uma equação estocástica para a evolução temporal das médias de uma grandeza extensiva e mensurável do sistema, e também estimar o tempo de espera entre os eventos de forma a não assumir a priori uma distribuição (uma Poissoniana no caso de KMC [7,8]). Com isso, pode-se relaxar a necessidade de obedecer ao critério (iii); de fato, essa construção do método DMC é uma generalização que engloba KMC como caso particular.

## 2. MÉTODO MONTE CARLO DINÂMICO

Do ponto de vista dinâmico o método Monte Carlo fornece a solução numérica para a equação mestra Markoviana...

$$\frac{d}{dt} P_i(t) = \sum_j w_{j \rightarrow i} P_j(t) - \sum_j w_{i \rightarrow j} P_i(t) \quad (1)$$

Em que  $P_i(t)$  é a probabilidade de encontrar o sistema no estado  $i$  no tempo  $t$  e  $w_{j \rightarrow i}$  é a probabilidade de transição entre os estados  $j$  e  $i$ , por unidade de tempo [2,6]. Essa equação pode descrever um processo estocástico markoviano em sistemas discretos. Grandezas discretas (por exemplo, o número de células, a quantidade de elementos químicos em um reservatório, a atividade radioativa) podem caracterizar

muitos sistemas em que a evolução temporal é de interesse prático. Assim, consideremos uma grandeza discreta, macroscópica e extensiva  $A(t)$ . Suponha que o sistema esteja inicialmente em uma configuração  $i_0$  em  $t_0$ , caracterizando a grandeza  $A_{i_0}$ .

Suponha também que o sistema discreto contenha  $M$  elementos, em que cada elemento tem  $g$  graus de liberdade, dado por um conjunto de variáveis dinâmicas  $\gamma q$  com  $q = 1, 2, \dots, g$ . A variável  $\gamma q$  representa o *status* de um elemento do sistema, e realizar o movimento (a mudança de *status*) de um elemento, caracteriza um evento, responsável pela atualização da configuração do sistema. Após uma sequência de eventos, o sistema alcança o estado  $i$  no tempo  $t$ .

Repetindo esse processo várias vezes, com a mesma condição inicial  $A(t_0)$ , podemos calcular o valor esperado  $A(t) = \langle A \rangle = \sum_i A_i P_i(t)$ , em que assumimos a condição de normalização  $\sum_i P_i(t) = 1$ . Diferenciando o valor esperado e usando a equação (1) chegamos a:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} A(t) &= \sum_j A_j \frac{d}{dt} P_j(t) = \\ &= \sum_i \sum_j w_{i \rightarrow j} P_i(t) (A_j - A_i) \end{aligned} \quad (2)$$

Definimos a distância entre os estados  $i$  e  $j$  como  $\Delta A_{ij} = A_i - A_j$ , em que  $|\Delta A_{ij}|$  é dado por um valor mínimo não nulo  $a$ . Assim,  $\Delta A_{ij} = a \delta_{ij}$ , sendo  $\delta_{ij} = +1$  caso  $A_i > A_j$  ou  $\delta_{ij} = -1$  caso  $A_i < A_j$ . Com isso, a equação (2) pode ser reescrita com

$$\frac{d}{dt} A(t) = \sum_{(ij)} w_{j \rightarrow i} P_j(t) a - \sum_{(ij)'} w_{j \rightarrow i} P_j(t) a, \quad (3)$$

em que  $\sum_{(ij)}(\cdot) = \sum_i \sum_j(\cdot)$ , e  $(ij)_j$  indica os estados vizinhos que contribuem para o aumento de  $A$ , e  $(ij)_{jj}$  aqueles que colaboram para a sua diminuição. A equação (3) pode ser novamente escrita:

$$\frac{d}{dt} A(t) = \sum_j \sum_{\text{inn}} w_{j \rightarrow \text{inn}}^+ P_j(t) a - \sum_j \sum_{\text{inn}} w_{j \rightarrow \text{inn}}^- P_j(t) a \quad (4)$$

Sendo  $i_{nn}$  os estados vizinhos mais próximos de  $j$ , e  $\{w_{inn}^+, w_{inn}^-\}$  o conjunto das probabilidades de transição por unidade de tempo que fazem com que  $A$  aumente (sobrescrito (+)) ou diminua (sobrescrito (-)). Podemos agora, pensar nas taxas mesoscópicas, ou seja, na média das probabilidades de transição por unidade de tempo, sobre o *ensemble* dos estados  $i_{nn}$  no tempo  $t$ ,

$$r_j^+ = \langle w_{j \rightarrow inn}^+ \rangle = \frac{a \sum_{inn} w_{j \rightarrow inn}^+}{A_j^+} \quad ; \quad r_j^- = \langle w_{j \rightarrow inn}^- \rangle = \frac{a \sum_{inn} w_{j \rightarrow inn}^-}{A_j} \quad (5)$$

A palavra *ensemble* aqui significa um conjunto de configurações acessíveis num tempo finito (pequeno) ao redor de  $t$ ; utiliza-se aqui a idéia de ergodicidade dependente do tempo, uma vez que os sistemas são não-ergódicos em estados fora do equilíbrio [4]. Portanto, assumimos um processo quasi-estacionário ou de equilíbrio local (no tempo) para fazer as médias. Assim, a equação (4), em conjunto com as equações. (5), podem ser substituídas por:

$$\frac{d}{dt} A(t) = \sum_j r_j^+ P_j(t) A_j^+ - \sum_j r_j^- P_j(t) A_j, \quad (6)$$

$A_j^+$  é interpretada como a fonte de  $A_j$ , ou seja, a medida que  $A_j^+$  aumenta,  $A_j$  diminui e vice-versa [6]. Um exemplo claro da interpretação de fonte de uma grandeza pode ser dado com o problema do oscilador harmônico simples: a energia potencial elástica é fonte da energia cinética, e vice-versa [10]. Se as taxas forem constantes, ou somente funções do tempo, podemos reescrever a equação (6) como

$$\frac{d}{dt} A(t) = r_j^+(t) A_j^+ - r_j^-(t) A, \quad (7)$$

A solução da equação do movimento com o método Monte Carlo. A evolução temporal da equação (2) pode ser aproximada por:

$$A(t) \approx A(t_0) + \sum_{k=0}^n \sum_{(ij)} w_{j \rightarrow i} P_j(t_k) a \delta_{ij} \Delta t_k \quad (8)$$

Em que  $\Delta t_k$  é o  $k$ -ésimo passo de tempo e  $t_k$  é o tempo alcançado após  $n$  intervalos de tempo. Aqui, um passo de tempo significa uma tentativa de mudar o estado do sistema. Podemos estimar o incremento de tempo através de:

$$\Delta t_k = \frac{1}{w_{tk}^{\max} N}, \quad (9)$$

Em que  $w_{tk}^{\max} = \max\{w_{j \rightarrow i}\}$  e  $N$  é o número total de elementos interagentes do sistema. Esse incremento de tempo foi escolhido pelo fato de que ele constitui o tempo mínimo para que um elemento transite entre dois estados, não havendo assim desconsideração de nenhum evento na menor escala de observação. Esse procedimento leva a resolução correta da equação (8) se for aproximado um processo ideal (i.e., quando  $N \rightarrow \infty$ ) [6]. Com essas considerações, podemos reescrever a equação (8) como:

$$A(t) = A(t_0) + \sum_{k=0}^n \sum_{(ij)} \left( \frac{w_{j \rightarrow i}}{w_{tk}^{\max}} \right) \left( \frac{1}{N} \right) P_j(t_k) a \delta_{ij} \quad (10)$$

Com essa equação em mente, podemos criar um processo hierárquico através da probabilidade de transição que reproduz corretamente a frequência de ocorrência dos eventos em cada tempo  $t_k$ .

$$H_{j \rightarrow i} = \frac{w_{j \rightarrow i}}{w_{tk}^{\max}}, \quad (11)$$

Um procedimento MC ideal pode levar a

$$A(t) = A(t_0) + \sum_k \langle r^+ A^\dagger - r^- A \rangle_k \left( \frac{1}{w_{tk}^{\max} N} \right) \quad (12)$$

$$\langle r^+ A^\dagger \rangle_k = A(t_0) + \sum_{jk} r_{jk}^+ A_{jk}^\dagger P_{jk}(t_k) \quad (13)$$

$$= \lim_{\mathcal{M}_k \rightarrow \infty} \frac{\sum_{jk} r_{jk}^+ A_{jk}^\dagger}{\mathcal{M}_k}$$

Aqui,  $\langle r^+ A^\dagger \rangle_k$  representa uma média sobre o *ensemble* das configurações  $j_k$  a cada tempo  $t_k$ . Quando o número de simulações  $M_k$  tende a infinito, gera-se o

*ensemble* completo. Uma expressão análoga para  $(r^-A)_k$  pode ser obtida. Devemos ressaltar três pontos importantes: primeiro, geralmente, diferentes repetições geram diferentes  $t_k$  após a mesma quantidade  $k$  de passos de tempo.

Portanto, precisamos fazer uma interpolação (ou extrapolação) do conjunto de dados em cada simulação para obter uma média amostral no mesmo ponto do eixo do tempo [11]. Segundo, nos tempos próximos de  $t_k$ , o valor de  $w_{max}$  deve ser aproximadamente constante, não mudando a hierarquia, e então, não mudando o resultado. Terceiro, como as configurações não mudam drasticamente em poucos passos, as transições microscópicas reproduzem o resultado mesoscópico.

Uma outra abordagem para estimar o tempo inter-eventos é utilizar:

$$\Delta t_k^e = \frac{f_e^k a}{r_j^e A_j^e} \quad (14)$$

Sendo que  $r_j^e \in \{r_j^+, r_j^-\}$  e  $A_j^e \in \{A_j^+, A_j^-\}$ ; essas grandezas vão depender se  $e$  é um evento de aumento ou diminuição de  $A$ . O fator  $f_e$  deve obedecer a condição de normalização  $\sum f = 1$ . Esse fator reproduz corretamente a frequência com que esses eventos ocorrem, e pode ser calculado como  $f_e = n_e / \sum_e n_e$ , em que  $n_e$  é o número total de eventos. Se escolhermos  $f_e = 0$  para todo evento  $e$ , exceto para certo evento  $s$ , em que  $f_s = 1$ , então a interpretação de  $\Delta t_e$  passa a ser a de tempo de espera entre eventos do tipo  $s$ .

Nesse trabalho escolhemos utilizar  $f_e = 1/n_e$ . Nesta nova abordagem, o tempo só é incrementado quando há o aceite de uma nova configuração. Assim, muda-se a interpretação da letra  $k$ , agora ela representa o  $k$ -ésimo aceite. No entanto, pode-se mostrar que as duas metodologias levam à mesma solução para a equação (2) [6], pois:

$$\Delta t_k = \sum_e \sum_{inn} \left( \frac{w_{j \rightarrow inn}^e}{w_{tk}^{max}} \right) \left( \frac{1}{N} \right) \Delta t_k^e. \quad (15)$$

Assim, levando em conta estes dois critérios descrevemos a evolução temporal para o crescimento usando a simulação Monte Carlo. O esquema computacional para a simulação Monte Carlo dinâmico deve seguir basicamente o seguinte algoritmo: (i) Seleciona-se aleatoriamente um elemento do sistema. Isso nos dá a probabilidade  $(1/N)$  que consta na equação (10); (ii) Tenta-se mudar o estado do sistema com a probabilidade  $Hj \rightarrow i$ ; (iii) O tempo avança com o incremento  $\Delta t_k$  independentemente do

resultado do aceite no passo (ii). A probabilidade  $P_j(t_k)$  é gerada quando repetimos esse processo diversas vezes com a mesma condição inicial.

### 3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CRESCIMENTO DE TUMORES

Câncer é uma doença que surge em um conjunto de células quando uma única delas mostra crescimento descontrolado. Alterações geradas por uma célula anormal podem levar a formação de tumores [12]. Do ponto de vista da Física, o crescimento de tumores é um processo que pode ser descrito por leis matemáticas precisas e já a algum tempo vem sendo, satisfatoriamente, descrito pela lei empírica de Gompertz [13-14].

Muitos processos de crescimento biológico, inclusive o próprio crescimento de tumores, podem ser descritos por leis universais fundamentadas nos mecanismos biológicos [15]. O tamanho do tumor, sua geometria e a velocidade de seu crescimento são parâmetros que podem ser usados para determinar a severidade da doença, seu estágio de desenvolvimento e sua malignidade [16]. Estudos teóricos e dados clínicos sugerem que os tratamentos radioterápicos têm sua eficácia significativamente ampliada quando o planejamento pode levar em consideração a especificidade biológica dos tumores [17].

Portanto, a descrição detalhada dos parâmetros que regulam o processo de crescimento dos tumores é de fundamental importância tanto para a compreensão das características fundamentais da doença como para os planejamentos de tratamentos clínicos. Assim, se torna necessária a utilização de modelos e métodos que possam fornecer uma descrição mais detalhada e realista do processo de crescimento de tumores.

Seja  $N(t)$  o número de células tumorais (que é proporcional à massa do tumor) no tempo  $t$ , a fração da superfície que está coberta pelo tumor é  $\rho(t)=N(t)/N_T$ . Pode-se mostrar que a equação Mestra (1) para o valor médio da observável  $\rho(t)$  por de ser escrita como [6]:

$$\frac{d\rho(t)}{dt} = r^+ \rho^+(t) - r^- \rho(t) \quad (16)$$

Em que os símbolos “ $r^+$ ” e “ $r^-$ ” podem ser constantes ou funções do tempo e representam respectivamente as taxas para o acréscimo ou decréscimo da

quantidade  $\rho(t)$ . O parâmetro  $\rho^+$  determina a fonte para a grandeza  $\rho(t)$  e é obtido a partir de considerações acerca da conservação do número total de células  $N_T$ . Com isso, a partir da equação (16) determinamos, dadas as taxas de transição, a evolução temporal para  $\rho(t)$ . Particularmente, para um sistema que obedece a lei de Gompertz  $r^+$  é uma função que decresce exponencialmente com o tempo na forma:

$$r^+ = \beta \exp(-\alpha t) \quad (17)$$

Com  $\alpha$  e  $\beta$  constantes, características de cada tipo de tumor. Para o modelo de Gompertz  $r$  deve ser feito igual a zero. Uma vez que o número total de células é conservado, ou seja,  $N_{tumoris} + N_{normais} = N_T$  neste sistema, a fonte para a criação de novas células tumorais é fornecida pelo conjunto de células normais. Uma vez criada uma célula tumoral devemos “destruir” uma célula normal. Desta forma,  $\rho^+ = (1 - \rho)$  e a equação diferencial contínuo-determinista para a fração de células tumorais na superfície é escrita como:

$$\frac{d\rho}{dt} = (1 - \rho)\beta \exp(-\alpha t) \quad (18)$$

A solução analítica desta equação fornece a evolução temporal da fração da superfície coberta pelo tumor e é dada por:

$$\rho(t) = 1 - (1 - \rho_0) \exp \left\{ \frac{\beta}{\alpha} [\exp(-\alpha t) - 1] \right\} \quad (19)$$

A simulação é executada a partir de uma rede quadrada de  $500 \times 500$  sítios sobre a qual foram geradas  $5 \times 10^8$  configurações. A figura 01 mostra a evolução da fração de células no tumor  $\rho(t)$  em função do tempo  $t$ . Na figura 01 estão sendo comparadas a solução analítica, equação (19), com os resultados obtidos da simulação Monte Carlo dinâmico. Arbitrariamente e por simplicidade tomamos  $\alpha = \beta = 1$  (unidades de inverso de tempo).

Os resultados concordam bastante bem, sendo a margem de erro menor que 1 % em todos estágios da simulação. A solução estacionária, obtida na simulação, fornece  $\rho = 0,6321$ , concordando em 1 parte por 1000 com a solução analítica. Outra



característica importante que surge devido a escolha de uma rede para simular o processo de crescimento do tumor reside no fato que, neste cenário, o sistema pode ser “mimetizado” de maneira bastante próxima ao que acontece na realidade.

Com isso, temos, além do comportamento temporal de parâmetros associados ao sistema, uma projeção configuracional que se assemelha a alguns tipos de tumores. A figura 02 mostra alguns estágios do processo de crescimento do tumor, de acordo com a simulação Monte Carlo. Ela representa a superfície externa do tumor em cinco instantes consecutivos. O primeiro instantâneo foi obtido para o tempo  $t=0,001$  (unidades arbitrárias, u.a.) quando a quantidade de células no tumor era de apenas 251 células.

As superfícies seguintes foram dispostas em tempos múltiplos de dez, ou seja, a segunda camada corresponde ao tempo  $t=0,01$  u.a. e assim por diante até o estado estacionário em que o tempo está em torno de  $t=10$  u.a. e o número de células em 158.032. O caráter rugoso da superfície limítrofe do tumor sugere fortemente que sua dimensão geométrica seja de natureza fractal.

Figura 01: Evolução temporal do crescimento do tumor  $p(t)$  em função do tempo (unidades arbitrárias). A linha representa a solução analítica, da equação (5) enquanto que os símbolos em círculo (o) representam o resultado da simulação Monte Carlo dinâmico para uma rede quadrada 500x500.

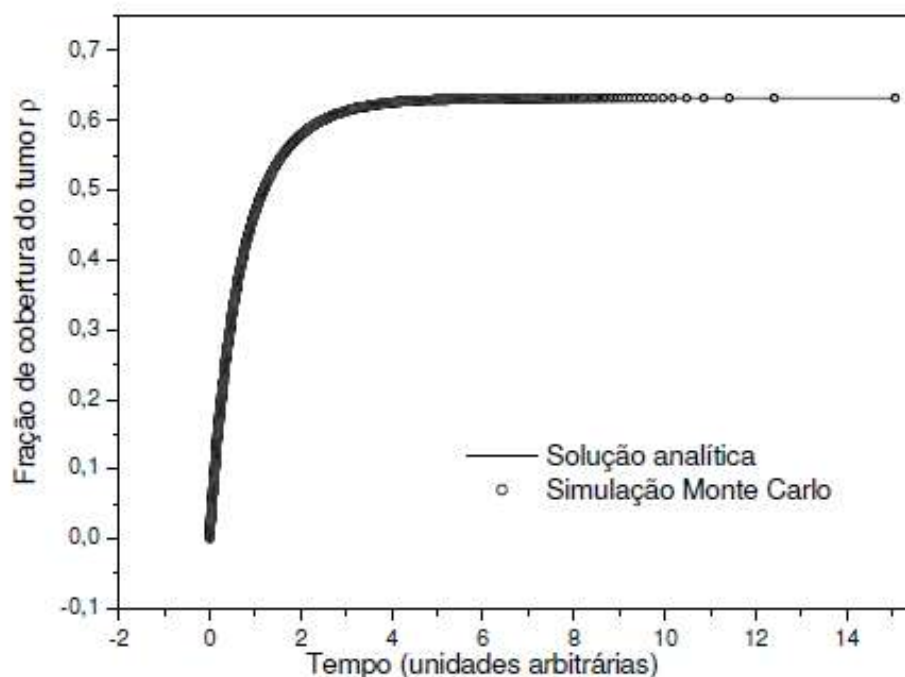
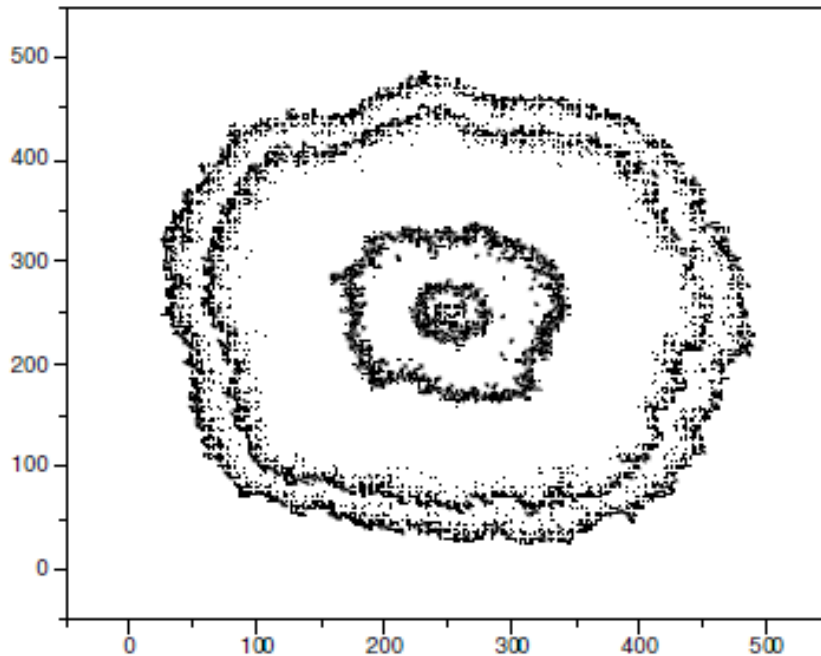


Figura 02: Representação esquemática de quatro instantes do processo de crescimento tumoral. Da superfície mais interna para a mais externa o tempo varia de 0.01 – 10 dias. No primeiro instante o número de células no tumor é de 2477 células e no final é de 158032 células, representando  $p=0,6321$  o estado estacionário.



#### 4. SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL

Realizar um estudo sobre a dinâmica populacional é de grande importância, pois, as taxas de crescimento populacional podem ser usadas como critério para se tomar decisões a respeito do planejamento, urbanização, saneamento básico, sistema de transporte público bem como o monitoramento e evolução de epidemias [1].

Com este propósito, analisamos dados específicos da população da cidade de Barretos, no estado de São Paulo. A tabela 01 apresenta os dados referentes ao crescimento populacional da cidade no período que começa com a população estimada por relatos históricos em 1831 e se estende até ao ano de 2016 [18-21].

Tabela 01 – Número de moradores no município de Barretos-SP no período 1831 à 2016.

| <b>Tempo<br/>(t)</b> | <b>População<br/>(N)</b> | <b>Log(N)</b> |
|----------------------|--------------------------|---------------|
| <b>1831</b>          | 10                       | 2,30259       |
| <b>1874</b>          | 2134                     | 7,66575       |
| <b>1900</b>          | 9586                     | 9,16806       |
| <b>1920</b>          | 39782                    | 10,59117      |
| <b>1940</b>          | 39870                    | 10,59338      |
| <b>1950</b>          | 50240                    | 10,82457      |
| <b>1960</b>          | 58005                    | 10,96828      |
| <b>1970</b>          | 65574                    | 11,09093      |
| <b>1980</b>          | 72768                    | 11,19503      |
| <b>1991</b>          | 95414                    | 11,46598      |
| <b>1996</b>          | 99861                    | 11,51153      |
| <b>2000</b>          | 103913                   | 11,55131      |
| <b>2007</b>          | 107988                   | 11,58978      |
| <b>2010</b>          | 112101                   | 11,62716      |
| <b>2016</b>          | 119948                   | 11,69481      |

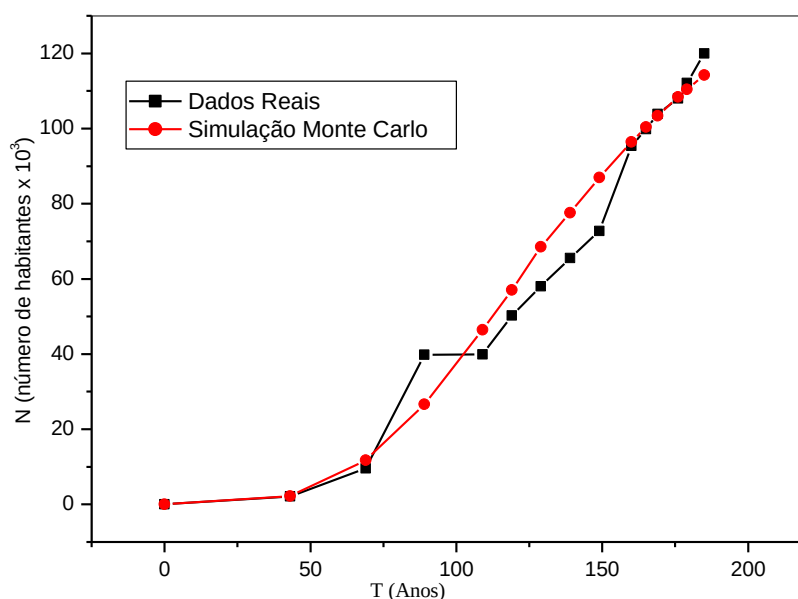
Fonte: IBGE; SAEDE; ACIB; ARMANI (2012).

Utilizando os dados da tabela 01, a taxa de crescimento populacional, que é dependente do tempo, foi obtida através de um processo de regressão não linear, sendo uma função sigmóide a curva que mais se adequou aos dados. A derivada desta função em relação ao tempo determina taxa de crescimento da populacional.

Esta taxa de crescimento é usada para a realização das simulações Monte Carlo. Para realizar as simulações Monte Carlo o sistema foi definido em uma rede (matriz) quadrada de tamanho  $400 \times 400$ , sendo que cada elemento da matriz (sítio) pode ser encontrado em dois estados possíveis: 0 para um sítio vazio, 1 para um sítio ocupado por uma pessoa.

A simulação segue os passos (i) à (iii) descritos na seção anterior. Os resultados obtidos pela simulação Monte Carlo concordaram bastante bem com os valores encontrados nos registros históricos a respeito da evolução populacional da cidade mostrados na figura 03.

Figura 03: Comparação entre os dados da tabela 01 (dados reais) para população de Barretos e os resultados da simulação Monte Carlo.



## 5. SIMULAÇÃO DO MODELO PREDADORE-PRESA

O primeiro modelo para interação entre espécie foi formulado independentemente por Alfred Lotka em 1925, que desenvolveu um modelo que descrevia a oscilação de concentração de elementos químicos em uma reação química, muito semelhante a oscilação que ocorria na população em interação do tipo predador-presa, e Vito Volterra em 1926 observou a variação do aumento de peixe predador e a diminuição de peixe presa no mar adriático durante a primeira guerra

mundial, formulando, assim, um modelo para essa dinâmica entre as populações de peixes [22-23].

A dinâmica competitiva das populações de predadores e presas em um sistema ecológico é modelada como um processo markoviano governado por uma equação mestra cuja solução é obtida por simulação computacional Monte Carlo [2,6]. Para realizar as simulações Monte Carlo do modelo predador-presa estabelecemos o modelo em uma rede quadrada de tamanho  $N \times N$  (matriz com  $N$  linhas e  $N$  colunas) definindo os seguintes estados possíveis para o sistema: 0 para um sitio vazio, 1 para um sitio ocupado por uma presa, 2 para um sitio ocupado por um predador.

Para podermos realizar o algoritmo da simulação e assim realizarmos a simulação Monte Carlo para o sistema predador-presa, formulamos um modelo estocástico de forma que os três estados (vazio 0, presa 1 e predador 2) estejam nelas definidos, assim fizemos:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \left( \frac{x_a}{N_v} \right) N_v - \beta xy \\ \frac{dy}{dt} &= \beta xy - cy \end{aligned} \quad (20)$$

$$\frac{dN_v}{dt} = cy - \left( \frac{x_a}{N_v} \right) N_v .$$

Nas quais,  $x$ ,  $y$  e  $N_v$ , representam, respectivamente, o número de presas, predadores e vazios sobre a rede  $N \times N$ . Observamos ainda que um requisito necessário para a realização em nossas simulações é que o número total de elementos  $N_T = x + y + N_v$  se conserve durante todo o procedimento. Ainda com relação ao conjunto de equações iniciais, fizemos, por simplicidade  $a = \delta$  e  $\beta = \gamma$ .

As taxas agora podem ser estabelecidas diretamente das equações (20), uma vez que a fonte para o nascimento de presas (aumento em  $x$ ) é fornecida pelo número de vazios ( $N_v$ ) na rede, podemos ver da primeira das equações (20), que  $r_+ = x_a / N_v$ , e  $r_- = \beta y$ . Com o mesmo raciocínio, as taxas de acréscimo e decréscimo do número de predadores foram obtidas a partir da segunda equação acima e são dadas por:  $r_+ = \beta y$  e  $r_- = c$ . Portanto, em cada passo da simulação devem ser calculadas a probabilidades de transição de acordo com a equação (11).

A partir das equações (20), a simulação pôde ser iniciada de acordo com os passos (i), (ii) e (iii) descritos anteriormente. A configuração inicial foi gerada em uma rede contendo  $10^4$  sítios (uma matriz quadrada  $100 \times 100$ ), dos quais  $4 \times 10^3$  predadores e  $2 \times 10^3$  presas.

Os resultados obtidos das simulações Monte Carlo (Estocásticos) foram confrontados com os cálculos numéricos obtidos para o conjunto de equações (20) através do método Runge-Kutta de 4ª ordem (determinista). O tempo está medido em unidades arbitrárias uma vez que não há compromisso com uma unidade particular de tempo definida nas equações (20).

A figuras 04 mostra a comparação entre os resultados da simulação Monte Carlo (a) com o resultado obtido por Runge-Kutta (b), da evolução temporal das populações de predadores e presas das equações (20). Os resultados mostram que o método Monte Carlo pode simular variações nas amplitudes e na periodicidade das populações de predadores e de presas o que não aparece nos resultados numéricos obtidos por Runge-Kutta no qual a amplitude e o período permanecem constantes.

Estas variações de amplitude são frequentes na interação predador-presa de populações de diversas espécies encontradas na natureza, sugerindo que devem ser melhor representadas por modelos estocásticos. A figura 05 mostra o espaço de fases para o modelo predador-presa definido pelas equações (20).

Em (a) a solução obtida por Monte Carlo mostra que o sistema pode, a partir das flutuações estocásticas sair da órbita inicial e atingir outros estados muito distantes. Em (b) a solução Runge-Kutta mostra que a órbita inicial permanece a mesma, mesmo ao longo de muito tempo, somente repetindo os mesmos estados da primeira trajetória fechada.

Figura 04: (a) Oscilações das populações de predadores  $y$  (linha vermelha) e presas  $x$  (linha preta) obtidas como soluções das equações (7) partir das simulações Monte Carlo (resultados estocásticos); (b) Oscilações das populações de predadores  $y$  (linha vermelha) e presas  $x$  (linha preta) obtidas como soluções das equações (7) a partir pelo método Runge-Kutta (não estocástico).

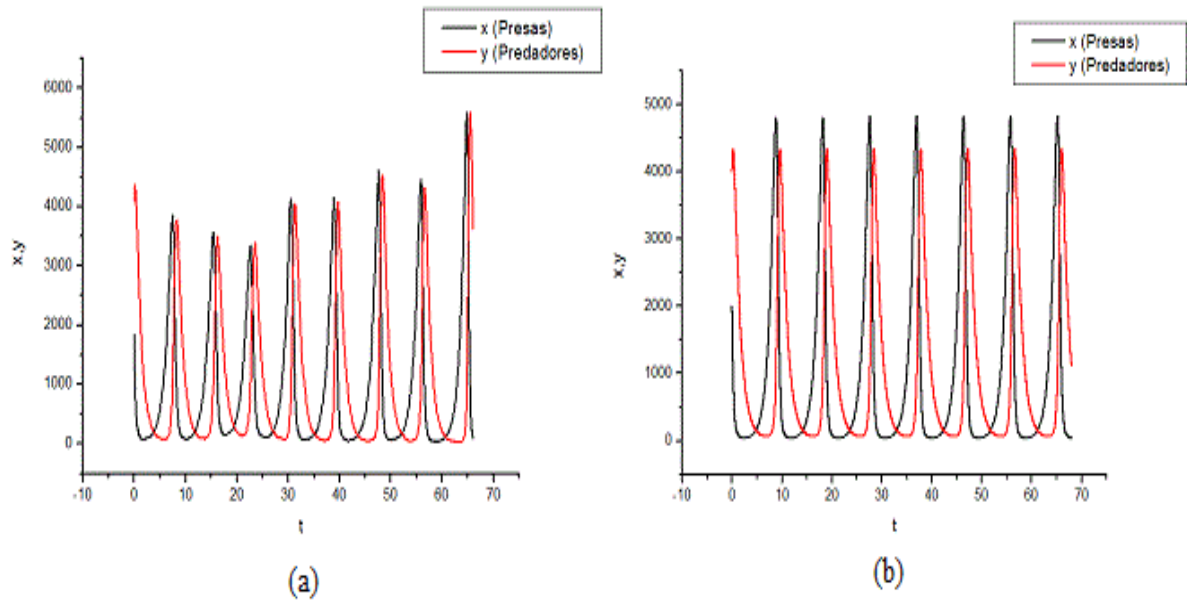
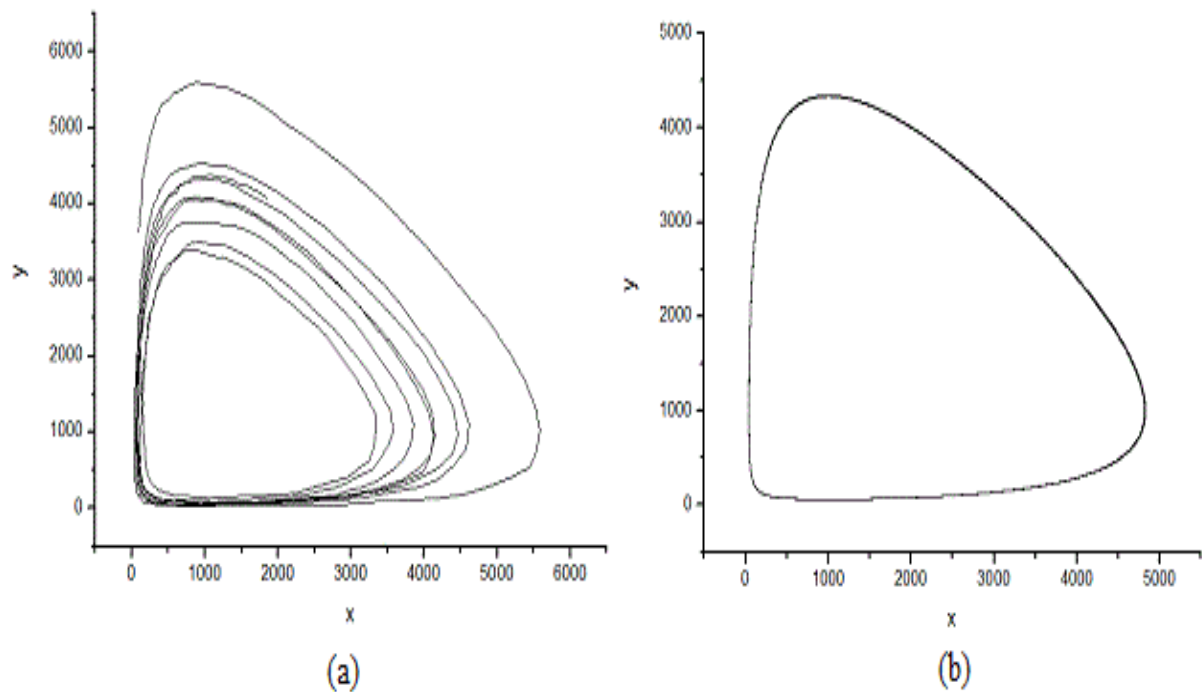


Figura 05: Espaço de fases para os parâmetros  $x$  (presas) e  $y$  (predadores) (a) Orbitas com raios diferentes devido a flutuações típicas de modelos estocásticos; (b) Orbitas fechadas com raios iguais em torno de um ponto de equilíbrio típicas de sistemas deterministas (não-estocásticos).



## REFERÊNCIAS

- [1] MURRAY, J. D. *Mathematical biology: I. An introduction*. Springer-Verlag: New York, 3 ed., v. 17, 2002.
- [2] VAN KAMPEN, N. G. *Stochastic Processes in Physics and Chemistry*. Amsterdam: North-Holland, 2007.
- [3] NEWMAN, M. E. J.; BARKEMA, G. T. *Monte Carlo Methods in Statistical Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- [4] BINDER, K. Applications of monte carlo methods to statistical physics. *Reports on Progress in Physics*, v. 60, p. 487–559, 1997.
- [5] LANDAU, D. P.; BINDER, K. *A Guide to Monte Carlo Simulations in Statistical Physics*. New York: Cambridge University Press, 2009.
- [6] AIELLO, O. E.; da Silva, M. A. A. New approach to dynamical monte carlo methods: application to an epidemic model. *Physica A*, v. 327, p. 525–534, 2003.
- [7] AIÈLLO, O. E. et al. Solution of deterministic-stochastic epidemic models by dynamical Monte Carlo method. *Physica A*, v. 282, p. 546–558, 2000.
- [8] FICHTHORN, K. W.; WEINBERG, W. H. Theoretical foundations of dynamical monte carlo simulations. *Journal of Chemical Physics*, v. 95 (2), p. 1090–1096, 1991.
- [9] COSTA, F. H. S. et al. Basic ingredients for mathematical modeling of tumor growth *in vitro*: Cooperative effects and search for space. *Journal of Theoretical Biology*, v. 337, p. 24–29, 2013.
- [10] AIELLO, O. E. *Simulação Monte Carlo para Sistemas Dinâmicos*. Tese (Doutorado) — FFCLRP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2000.
- [11] COSTA, F. H. S. *Modelagem e Simulação Computacional do Crescimento de Tumores in vitro*. Dissertação (Mestrado) — FCFRP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.
- [12] D. HANAHAN AND R.A. WEINBERG, The hallmarks of cancer. *Cell*: 2000;100:57-70.
- [13] L, NORTON, A Gompertzian model of human breast cancer growth. *Cancer Res*. 1988; 48: 7067-7071.
- [14] B. GOMPERTZ, On the nature of the function expressive of the law of human mortality and a new mode of determining life contingencies, *Phil. Trans. R. Soc*. 1825; 115: 513.



- [15] G.B. West, J. H. Brown, B.J. Enquist, A general model for ontogenetic growth. *Nature* 2001; 413:628-631.
- [16] A. BRÚ, S. ALBERTOS, J.L. SUBIZA, J.L. GARCÍA-ASENJO AND I. BRÚ. The Universal Dynamics of Tumor Growth. *Biophys. J.*, 2003;85:2948-2961.
- [17] R. D. STEWART, X.A. LI. BGRT: Biologically guided radiation therapy – The future is fast approaching. *Med. Phys.* 2007; 34: 3739-3751.
- [18] IBGE, Evolução populacional de Barretos – SP. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 2 de set. 2016.
- [19] SAEDE, População de Barretos – SP. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 8 de set. 2016.
- [20] ARMANI, K. de O.; *et al.* Descobrindo Barretos: 1854-2012. Barretos: Editora Liverpool, 2012.
- [21] ACIB, História de Barretos. Disponível em: <<http://www.acibarretos.com.br>>. Acesso em: 8 set. 2016.
- [22] LOTKA, A.J Elements of Physical Biology (William and Wilkins, Baltimore, 1925).
- [23] VOLTERRA, V Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together, In: R.N. Chapman, Animal Ecology, (McGraw–Hill, New York, 1931)

## CAPÍTULO 03

### BIOMASSA E NUTRIENTES NO TRONCO DE CLONES DE EUCALIPTO EM PLANTIO DE CURTA ROTAÇÃO.

#### **Luana Inácio Fernandes**

Engenheira Florestal, pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul

Instituição: UFMS/CPCS

Endereço: Rod. MS 306, Km 105 CxP 112, Chapadão do Sul, MS CEP:79560-000

E-mail: luana\_i.f@hotmail.com

#### **Ana Paula Leite de Lima**

Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul

Endereço: Rua Nove, 857, Centro, Chapadão do Sul, MS CEP: 79560-000

E-mail: paula.leite@ufms.br

#### **Sebastião Ferreira de Lima**

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul

Endereço: Rua Nove, 857, Centro, Chapadão do Sul, MS CEP: 79560-000

E-mail: sebastiao.lima@ufms.br

#### **Rodrigo Parpineli Corrêa**

Engenheiro Florestal, pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul

Instituição: UFMS/CPCS

Endereço: Rod. MS 306, Km 105 CxP 112, Chapadão do Sul, MS CEP:79560-000

E-mail: parpineli.florestal@outlook.com

#### **Aline Lorraine Souza Queiroz**

Engenheira Florestal, pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul

Instituição: UFMS/CPCS

Endereço: Rod. MS 306, Km 105 CxP 112, Chapadão do Sul, MS CEP:79560-000

E-mail: alinelorrayne-@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a biomassa e o estoque de macronutrientes no lenho e na casca de clones de eucalipto plantados em diferentes espaçamentos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, esquema fatorial, combinando três clones de eucalipto (A01, A02 e GG100) e cinco espaçamentos (3,0 x 1,0 x 0,8 m; 3,0 x 1,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m), com três repetições. Aos 36 meses de idade foi selecionada e abatida uma árvore de diâmetro médio por parcela. A biomassa total do tronco de cada planta foi obtida em campo. Em seguida, foram retirados discos destes troncos, em diferentes posições da sua altura comercial. No laboratório as amostras foram separadas em lenho e casca, pesados e secos em estufa para determinação da massa seca. Amostras destes materiais foram moídas e analisadas quanto ao teor de nutrientes.

Calculou-se ainda, a eficiência do uso de nutrientes (EUN) para o lenho e a casca. O espaçamento e os clones de eucalipto influenciaram na produção de biomassa, no estoque de nutrientes e na EUN no tronco das árvores. O GG100 apresentou as menores quantidades de biomassa e nutrientes estocados. Foram encontradas quantidades elevadas de K e Ca no lenho e na casca das árvores. As quantidades de nutrientes na casca e no lenho foram  $K > N > Ca > Mg > P$  e  $Ca > K > N > Mg > P$ , respectivamente

**PALAVRAS-CHAVE:** Florestas energéticas; Biomassa aérea; Eficiência do uso de nutrientes.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the biomass and macronutrient stock in wood and bark of eucalyptus clones planted in different spacings. The experimental design was a randomized block, factorial scheme, combining three eucalyptus clones (A01, A02 and GG100) and five spacings (3.0 x 1.0 x 0.8 m; 3.0 x 1.0 x 1.0 m, 3.0 x 1.0 m, 3.0 x 1.5 m, and 3.0 x 2.0 m), with three replicates. At 36 months of age a tree of average diameter per plot was selected and felled. The total trunk biomass of each plant was obtained in the field. Then discs were removed from these trunks at different positions of their commercial height. In the laboratory the samples were separated in wood and bark, weighed and oven dried to determine the dry mass. Samples of these materials were ground and analyzed for nutrient content. The efficiency of nutrient use (EUN) for wood and bark was also calculated. Eucalyptus spacing and clones influenced biomass production, nutrient stock and EUN in tree trunk. The GG100 presented the lowest amounts of stored biomass and nutrients. High amounts of K and Ca were found in the wood and bark of the trees. Nutrient amounts in bark and wood were  $K > N > Ca > Mg > P$  and  $Ca > K > N > Mg > P$ , respectively.

**KEYWORDS:** Energy forests; Aerial biomass; Nutrient removal.

## 1. INTRODUÇÃO

A forte pressão exercida pela sociedade para a redução da emissão de poluentes leva a busca por combustíveis provenientes de fontes renováveis e, nesse cenário, destaca-se a biomassa (CARNEIRO et al., 2014). Entretanto, para aumentar a eficiência de conversão da biomassa em energia é necessária a adoção de técnicas apropriadas para avaliar o seu verdadeiro potencial (SILVA et al., 2012).

A biomassa é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética, pois o processo de sua conversão pode resultar na geração de três tipos de combustíveis diferentes (sólido, líquido e gasoso), o que acaba se tornando vantajoso comparado a outras fontes energéticas, uma vez que se verifica certa flexibilidade de adaptação tecnológica, além de ser adquirida de diferentes formas, como: resíduos culturais agrícolas e florestais, resíduos industriais e plantios energéticos ou florestas nativas (MULLER et al., 2005).

O país apresenta condições naturais e geográficas favoráveis à produção de biomassa e a escolha da espécie é de extrema importância para seu aproveitamento como fonte alternativa de energia (MOREIRA, 2011). Desta forma, as espécies do gênero *Eucalyptus*, se destacam como uma opção para esse fim em razão do seu rápido crescimento, alta massa energética, tolerância a condições extremas, silvicultura já estabelecida e possibilidade de adensamento de plantios (LOPES et al., 2017).

As florestas plantadas para fins energéticos têm como objetivo produzir maior quantidade de biomassa por unidade de área, através da adoção de espaçamentos menores e rotações mais curtas do que se utiliza em sistemas silviculturais convencionais (GUERRA et al., 2012), visto que a competição entre plantas se estabelece mais precocemente, antecipando a estagnação do crescimento das árvores (ELOI et al., 2010).

No entanto, o espaçamento de plantio influencia no crescimento das árvores, principalmente em diâmetro, volume e produção de biomassa (LIMA et al., 2013). Desta forma, quanto menor o espaçamento, menor o diâmetro das plantas e, conseqüentemente, menor volume de madeira produzido por árvore (REINER et al., 2011), resultado de uma maior competição por fatores de crescimento (SOARES et al., 2018). Por outro lado, quanto maior a densidade de plantio, maior a produção de biomassa por unidade de área (LOPES et al., 2017).

A produção de biomassa, bem como as concentrações dos nutrientes nos diversos componentes das árvores de eucalipto, tem relação direta com a densidade de plantio (HERNANDEZ et al., 2009) e, em plantios onde a densidade populacional é maior, a exportação de nutrientes é expressivamente elevada (ZAIA; RODRIGUES, 2004). Além disso, explorações intensivas, em rotações mais curtas, têm sido apontadas como as principais responsáveis pelo exaurimento do solo (VIERA; SCHUMACHER, 2011).

As árvores alocam diferentes quantidades de nutrientes nos seus compartimentos. Em geral, as espécies de eucalipto concentram uma grande quantidade de potássio em seu tronco, enquanto, a casca concentra a maioria do cálcio encontrado na árvore (GUIMARÃES et al., 2015). Portanto, esses dois nutrientes podem limitar a produtividade da cultura em um próximo ciclo, quando se considera a colheita do tronco com a casca. Porém, esta limitação pode ser substancialmente reduzida, principalmente para o cálcio, se for realizada a colheita, apenas, do lenho (SANTANA et al., 2002).

Segundo Guimarães et al. (2015), a retirada apenas do lenho proporciona a menor remoção de nutrientes do sistema, com manutenção daqueles acumulados nos demais componentes da biomassa, em relação à colheita da madeira com casca, que é normalmente retirada do sítio junto com o lenho na colheita florestal. Dessa forma, o conhecimento da alocação de nutrientes nos diferentes compartimentos das plantas permite ao silvicultor optar por técnicas de colheita que reduzam a exportação de nutrientes do sítio, contribuindo para manter a qualidade deste (SANTANA et al., 2008; GATTO et al., 2014).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa, o estoque de macronutrientes e a eficiência de utilização destes nutrientes no tronco de clones de eucalipto plantados em diferentes espaçamentos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Fazenda São Roque, em área pertencente à empresa Cerradinho Bioenergia, em Serranópolis-GO. A cobertura vegetal original do município é de Cerrado e a classe de solo predominante é Neossolo Quartzarênico. O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno e precipitação média anual de 1.579 mm. A temperatura média anual é de 23,3°C (IBGE, 2016).

O experimento foi instalado em dezembro de 2013, em blocos casualizados, esquema fatorial 3x5, avaliando três clones de eucalipto (A01, A02, GG100), híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, plantados em cinco espaçamentos (3,0 x 1,0 x 0,8 m; 3,0 x 1,0 x 1,0 m, dispostos em linhas duplas; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m, em linhas simples), com três repetições. As parcelas de linhas simples foram constituídas por quatro linhas e, as parcelas com linhas duplas, por seis linhas, com 12 plantas cada.

Aos 36 meses de idade foi selecionada e abatida uma árvore de diâmetro médio, por parcela, totalizando 45 árvores. Após o corte, cada árvore abatida teve seu lenho pesado com casca e, em seguida foram retirados discos com cerca de 5,0 cm de espessura, nas posições: zero (base da árvore); 1,30 m; 25 %; 50 %; 75 % e 100 % da altura comercial (diâmetro com casca equivalente a 3,0 cm). Os discos de madeira com casca foram pesados e em seguida encaminhados ao laboratório, onde foram separados em lenho e casca, e obtidas suas massas verdes. Em seguida, estas foram colocadas para secar a temperatura de  $100 \pm 5$  °C, até massa seca constante.

Para obtenção das amostras de tronco, os discos das diferentes seções foram seccionados em quatro porções (cunhas), onde foram separadas duas cunhas opostas de cada disco para retirada de fragmentos de lenho. Os fragmentos obtidos dos discos de cada árvore foram misturados para se obter uma amostra composta do tronco por árvore.

Após secagem, as amostras de casca e tronco foram encaminhadas ao laboratório de análises químicas para quantificação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).

A eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) para produção de biomassa do lenho e da casca das árvores foi calculada através da metodologia proposta por Barros et al. (1986), ou seja, pela razão entre a biomassa de lenho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e o conteúdo de nutrientes acumulados no lenho ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Todas as variáveis estudadas, com exceção para o estoque de magnésio presente no lenho, por unidade de área (LMGH), foram influenciadas pela interação entre o espaçamento e o clone (Tabela 01).

Tabela 01: Quadrado médio para as variáveis estudadas em função do clone e espaçamento.

| FV             |      | Blocos   | Clone       | Esp.       | Esp. x Clone | Erro     | CV (%) |
|----------------|------|----------|-------------|------------|--------------|----------|--------|
| GL             |      | 2        | 2           | 4          | 8            | 28       |        |
| Quadrado Médio | BLH  | 3,4044   | 3291,1692*  | 158,1809*  | 371,3231*    | 2,1575   | 2,35   |
|                | BCH  | 0,3864   | 37,4839*    | 3,7380*    | 5,656677*    | 0,483348 | 9,15   |
|                | LNH  | 33,7407  | 4854,1010** | 4085,0062* | 1629,4459*   | 30,1672  | 6,83   |
|                | LPH  | 9,3647   | 163,2401*   | 39,7588*   | 35,6265**    | 7,73     | 26,78  |
|                | LKH  | 27,8136  | 4271,4948*  | 1223,6683* | 724,5922*    | 28,7559  | 5,79   |
|                | LCAH | 7,3242   | 7106,0924*  | 2696,2516* | 1829,1190*   | 32,3932  | 9,25   |
|                | LMGH | 161,3299 | 377,3124ns  | 248,5865ns | 106,1781ns   | 165,2920 | 90,13  |
|                | CNH  | 8,5077   | 274,2024**  | 57,9236*   | 138,5888*    | 11,6309  | 10,85  |
|                | CPH  | 0,4568   | 18,8109*    | 5,6153*    | 14,7204*     | 1,5561   | 12,82  |
|                | CKH  | 14,1121  | 368,5873*   | 939,5664*  | 195,7262*    | 25,3183  | 9,48   |
|                | CCAH | 160,7669 | 35427,2862* | 1649,4392* | 5289,0660*   | 325,3330 | 9,56   |
|                | CMGH | 2,3375   | 529,6290*   | 44,3061*   | 55,9280*     | 4,7900   | 10,40  |

\*significativo ao nível de 5 % de probabilidade; \*\*significativo ao nível de 1 % de probabilidade; ns= não significativo; Esp.= espaçamento; BLH= biomassa de lenho ha<sup>-1</sup>; BCH= biomassa de casca ha<sup>-1</sup>; LNH= nitrogênio no lenho ha<sup>-1</sup>; LPH= fósforo no lenho ha<sup>-1</sup>; LKH= potássio no lenho ha<sup>-1</sup>; LCAH= cálcio no lenho ha<sup>-1</sup>; LMGH= magnésio no lenho ha<sup>-1</sup>; CNH= nitrogênio na casca ha<sup>-1</sup>; CPH= fósforo na casca ha<sup>-1</sup>; CKH= potássio na casca ha<sup>-1</sup>; CCAH= cálcio na casca ha<sup>-1</sup>; CMGH= magnésio na casca ha<sup>-1</sup>.

A produção de biomassa de lenho e casca por hectare variou com o clone e o espaçamento. Em geral, o GG100 foi o menos produtivo, tanto para o lenho quanto para a casca. Para este clone, a maior produtividade foi encontrada no espaçamento 3,0 x 1,5 m (Tabela 2) enquanto, para os clones A01 e A02, as maiores produtividades foram observadas nos espaçamentos em linhas duplas (3,0 x 1,0 x 0,8 m e 3,0 x 1,0 x 1,0 m, respectivamente), cuja área útil por planta varia de 1,6 a 2,0 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>.

Assim, embora o espaçamento adensado promova menor produção de biomassa de lenho por árvore, a elevada densidade populacional proporciona maior produção de lenho por unidade de área. Oliveira Neto et al. (2003), avaliando a produção e a distribuição de biomassa em *E. camaldulensis* aos 32 meses, em resposta ao espaçamento, constataram que os maiores valores de biomassa de lenho por hectare foram observados nos espaçamentos mais reduzidos, quando comparados àqueles mais amplos.

Tabela 02: Biomassa de lenho e casca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de clones de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, plantados em cinco espaçamentos de plantio, aos 36 meses de idade.

| Clone/Esp.(m) | Biomassa de lenho ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) |                 |            |           |           |
|---------------|-------------------------------------------|-----------------|------------|-----------|-----------|
|               | 3,0 x 1,0 x 0,8                           | 3,0 x 1,0 x 1,0 | 3,0 x 1,0  | 3,0 x 1,5 | 3,0 x 2,0 |
| A01           | 86,39 a A                                 | 64,77 b C       | 64,30 b C  | 82,85 a B | 81,03 a B |
| A02           | 51,20 b D                                 | 71,64 a A       | 70,66 a AB | 67,57 b B | 63,68 b C |
| GG100         | 50,32 b B                                 | 41,38 c C       | 53,86 c AB | 56,34 c A | 29,96 c D |
|               | Biomassa de casca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) |                 |            |           |           |
| A01           | 11,11 a A                                 | 7,86 a BC       | 7,17 ab C  | 9,18 a B  | 9,27 a B  |
| A02           | 6,77 b C                                  | 7,20 a BC       | 8,34 a AB  | 9,01 a A  | 9,00 a A  |
| GG100         | 6,55 b A                                  | 5,65 b A        | 5,91 b A   | 7,00 b A  | 3,90 b B  |

Para cada compartimento, médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

De modo geral, aos 36 meses de idade, a biomassa de lenho por hectare nos espaçamentos mais amplos se aproximou, ou mesmo, superou a produção observada naqueles mais adensados (Tabela 02). Esse resultado pode ser explicado pela lei de crescimento contínuo onde, com passar do tempo, a quantidade de madeira estocada em um determinado sítio tende a se igualar em diferentes espaçamentos (MULLER et al., 2005).

Assim, como a estagnação de crescimento em plantios mais adensados, ocorre mais cedo quando comparado a plantios em espaçamentos amplos, espera-se que em rotações mais longas, estes acabem produzindo, até mesmo, menos madeira do que aqueles que utilizam espaçamentos maiores. Para o clone A01 a maior produção de casca por hectare foi observada no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,8 m, enquanto a menor quantidade foi verificada no 3,0 x 1,0 m (Tabela 2). Estudando a produção de biomassa da parte aérea de quatro espécies florestais, Caron et al. (2015) verificaram que o aumento da densidade de plantio apresentou relação direta com a produção de biomassa, inclusive de casca por unidade de área, aos 12 e 36 meses.

Para o clone A02 houve aumento na produção de biomassa de casca com o espaçamento de plantio (Tabela 02). Enquanto nos espaçamentos em linhas duplas, esse valor foi em média de  $6,99 \text{ Mg ha}^{-1}$ , nos espaçamentos maiores, em linhas simples (3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m), a biomassa de casca foi, em média, 29% maior. Já para o clone GG100, a menor biomassa de casca foi observada no espaçamento mais amplo (3,0 x 2,0 m), onde esse valor foi de 37,9 % menor que os demais.



A biomassa de casca representou, em média, 11% da biomassa total do tronco. Resultado semelhante ao encontrado por Santana et al. (2002), que estudando eucalipto em diferentes regiões do Brasil verificaram que em média, a casca representa cerca de 13% da biomassa do tronco. E, por Salvador et al. (2016), que estudando *E. saligna*, aos 5 anos de idade, verificaram que esta biomassa representa 11,9 % da biomassa total do tronco.

Quando se considera que a casca normalmente é retirada junto com o lenho na colheita para fins energéticos, a quantidade de biomassa retirada do sítio é ainda maior. Em um estudo realizado por Rosim et al. (2016) com *E. grandis* x *E. urophylla*, aos 2,25 anos de idade, os componentes lenho e casca, juntos, representavam 75,8 % da biomassa acima do solo. Estudando um povoamento de *E. urophylla* x *E. grandis*, aos sete anos de idade, Verão et al. (2016) verificaram que 97,6% da biomassa aérea estava alocada no lenho e na casca.

A quantidade de nutrientes no lenho também variou com o clone e o espaçamento (Tabela 3). A ordem da quantidade total dos nutrientes alocados no lenho foi K > N > Ca > Mg > P. Semelhante ao encontrado por Santana et al. (2002) em plantios de eucalipto com 4,5 anos de idade em diferentes regiões do Brasil.

Tabela 03: Quantidade de N, P, K, Ca (kg ha<sup>-1</sup>) no lenho de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, em cinco espaçamentos de plantio, aos 36 meses de idade.

| Nutriente              | Clone | Espaçamento (m) |                 |            |            |             |
|------------------------|-------|-----------------|-----------------|------------|------------|-------------|
| (Kg ha <sup>-1</sup> ) |       | 3,0 x 1,0 x 0,8 | 3,0 x 1,0 x 1,0 | 3,0 x 1,0  | 3,0 x 1,5  | 3,0 x 2,0   |
|                        | A01   | 86,35 a B       | 60,40 b C       | 57,95 c C  | 95,37 a B  | 156,73 a A  |
| N                      | A02   | 62,74 b C       | 83,59 a B       | 89,51 a B  | 77,70 b B  | 133,76 b A  |
|                        | GG100 | 54,67 b CD      | 42,76 c D       | 71,73 b A  | 69,44 b AB | 57,91 c BC  |
|                        | A01   | 8,63 ab B       | 6,48 b B        | 6,43 b B   | 19,26 a A  | 10,74 a B   |
| P                      | A02   | 13,58 a A       | 16,76 a A       | 14,13 a A  | 13,51 b A  | 10,63 a A   |
|                        | GG100 | 6,79 b A        | 5,57 b A        | 8,94 ab A  | 9,44 b A   | 4,93 b A    |
|                        | A01   | 120,97 a A      | 97,06 b B       | 66,48 c D  | 111,78 a A | 83,60 b C   |
| K                      | A02   | 98,33 b C       | 126,61 a A      | 98,91 a BC | 111,49 a B | 101,90 a BC |
|                        | GG100 | 81,92 c A       | 77,22 c A       | 84,35 b A  | 82,61 b A  | 45,01 c B   |
|                        | A01   | 57,57 a C       | 58,34 a C       | 51,52 b C  | 136,80 a A | 97,18 a B   |
| Ca                     | A02   | 43,59 b D       | 52,54 a C       | 66,00 a BC | 70,95 b B  | 108,27 a A  |
|                        | GG100 | 42,64 b A       | 37,27 b AB      | 41,26 b A  | 43,17 c A  | 24,01 b B   |

Para cada nutriente, médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não se diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Comparando a produção de biomassa no lenho (Tabela 02) com a quantidade de nutrientes estocados no mesmo (Tabela 03), verifica-se que para nitrogênio e cálcio, por exemplo, embora os clones tenham obtido no espaçamento 3,0 x 2,0 m, a menor produção de biomassa ou mesmo, valores próximos ao encontrado no espaçamento mais adensado, a quantidade de nutrientes observados nos espaçamentos mais amplos foi maior do que naqueles mais adensados. Em espaçamentos maiores, as plantas têm maior área de solo para explorar, conseqüentemente, podem absorver maior quantidade de nutrientes do solo, o que pode explicar este resultado.

Quanto ao estoque de P no lenho das árvores, apenas para o clone A01, foi observada diferença significativa entre os espaçamentos (Tabela 03). Para esse nutriente, no espaçamento 3,0 x 1,5 m, foi encontrado 2,4 vezes mais P do que nos demais espaçamentos. Enquanto dentro da planta, o fósforo apresenta alta mobilidade, se concentrando, normalmente, em maiores quantidades nos órgãos mais jovens (VIERA e SCHUMACHER, 2010), no solo, ele é considerado um elemento de pouca mobilidade. E, a velocidade com que seu transporte ocorre, depende de fatores como a distância a ser percorrida por ele até as raízes da planta (FERNANDES et al., 1999).

Assim, alguns fatores podem explicar este resultado, tais como, o local onde estava plantado os indivíduos deste clone tinham maior disponibilidade de fósforo ou, houve maior desenvolvimento de raízes para este clone neste espaçamento. Ou, ainda, como este elemento se concentra em maior quantidade, nos órgãos mais jovens, pode ser que, neste espaçamento (3,0 x 1,5 m), as plantas estivessem com maior atividade cambial do que nos espaçamentos adensados e, por isso, apresentaram maior estoque de fósforo no lenho destas plantas. De acordo com Pallardy (2008), com a idade, os nutrientes de tecidos senescentes tendem a se deslocar para regiões com maior atividade metabólica.

Analisando a quantidade de potássio estocada no lenho das árvores nos diferentes espaçamentos (Tabela 03), verificou-se que para o clone GG100, houve variação significativa apenas entre o que foi encontrado no espaçamento 3,0 x 2,0 m

(45,01 kg ha<sup>-1</sup>) em relação aos demais (81,53 kg ha<sup>-1</sup>). Para os clones A01 e A02, as maiores quantidades de K foram observadas nos espaçamentos mais adensados.

O potássio é o segundo nutriente mais encontrado pelas plantas e possui como função principal a ativação de enzimas. Este nutriente está relacionado a manutenção do potencial osmótico da planta, influenciando na expansão celular e no transporte de íons, além de ser fundamental no movimento estomático.

Assim, plantas bem supridas de potássio apresentam maior eficiência do uso da água, enquanto que plantas deficientes em potássio possuem menor desempenho fotossintético, devido à abertura estomática não acontecer de forma regular, reduzindo a entrada de CO<sub>2</sub> (PRADO, 2008). Desta forma, a deficiência desse nutriente pode então causar menores produtividades em rotações futuras.

Comparando o estoque de nutrientes nos clones dentro de cada espaçamento, pode-se observar que estes variam quanto a quantidade de nutrientes alocados no lenho (Tabela 03). De modo geral, o A01 alocou mais nutrientes no lenho do que o GG100.

A quantidade dos nutrientes alocados na casca também variou com o clone e o espaçamento (Tabela 4). A ordem da quantidade total dos nutrientes alocados na casca foi Ca > K > N > Mg > P. A casca normalmente é retirada do sítio junto com o lenho na colheita florestal e, por ser um dreno forte de nutrientes é muito importante na ciclagem biogeoquímica (SANTANA et al. 2008), desta forma, o ideal é que este compartimento da árvore permaneça na área após a colheita, como resíduo de exploração.

Tabela 04: Quantidade de N, P, K, Ca e Mg (kg ha<sup>-1</sup>) na casca de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, plantados em cinco espaçamentos, aos 36 meses de idade.

| Nutriente              | Clone | Espaçamento (m) |                |            |            |            |
|------------------------|-------|-----------------|----------------|------------|------------|------------|
| (Kg ha <sup>-1</sup> ) |       | 3,0 x1,0 x 0,8  | 3,0 x1,0 x 1,0 | 3,0 x 1,0  | 3,0 x 1,5  | 3,0 x 2,0  |
|                        | A01   | 45,89 a A       | 30,62 a BC     | 27,74 b C  | 37,64 a B  | 36,48 a B  |
| N                      | A02   | 25,62 b B       | 30,61 a AB     | 34,76 a A  | 31,48 a AB | 35,14 a A  |
|                        | GG100 | 33,01 b A       | 27,07 a A      | 28,88 ab A | 31,41 a A  | 15,41 b B  |
|                        | A01   | 9,22 a B        | 7,30 b B       | 8,39 b B   | 11,58 a A  | 9,54 b B   |
| P                      | A02   | 7,62 a B        | 12,45 a A      | 11,13 a A  | 12,37 a A  | 12,32 a A  |
|                        | GG100 | 9,26 a A        | 9,99 a A       | 10,88 ab A | 8,18 b AB  | 5,74 c B   |
|                        | A01   | 78,87 a A       | 56,16 a BC     | 44,00 b D  | 57,04 ab B | 44,48 a CD |
| K                      | A02   | 55,61 b AB      | 63,24 a A      | 53,29 a A  | 64,53 a A  | 42,28 a B  |

|    |       |            |             |            |             |             |
|----|-------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
|    | GG100 | 61,60 b A  | 54,34 a AB  | 45,91 ab B | 47,64 b B   | 27,34 b C   |
|    | A01   | 243,17 a A | 217,67 a AB | 196,80 a B | 227,42 a AB | 214,14 b AB |
| Ca | A02   | 183,44 b B | 203,11 a B  | 205,02 a B | 180,80 b B  | 297,29 a A  |
|    | GG100 | 182,16 b A | 110,74 b B  | 116,83 b B | 161,98 bA   | 90,90 c B   |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não se diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Para os nutrientes alocados na casca, não foi observado um padrão claro quanto à quantidade de nutrientes encontrados na mesma, em função do espaçamento de plantio e do clone utilizado (Tabela 4). Os clones A01 e A02 apresentaram, em geral, maiores quantidades de K e Ca que o clone GG100. Assim como para o lenho (Tabela 03), o P foi o nutriente com menor quantidade presente na casca (Tabela 04).

O clone A01 apresentou maior quantidade de P no espaçamento 3,0 x 1,0 m (Tabela 4). Para o A02, a maior quantidade desse nutriente foi encontrada no espaçamento mais adensado, contrário do observado para o GG100, onde foi observado menor quantidade do nutriente no espaçamento mais amplo. O clone GG100 apresentou uma quantidade de P em média 1,5 vezes menor no espaçamento 3,0 x 2,0 m se comparado aos demais.

O clone A01 apresentou maior quantidade de K no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,8 m e menor no 3,0 x 2,0 m (Tabela 04). E, os clones A02 e GG100 apresentaram maiores quantidades de K nos espaçamentos de linha dupla e menores no espaçamento menos adensado (3,0 x 2,0 m).

O cálcio é o nutriente presente em maior quantidade na casca. Esta alta concentração de Ca na casca está relacionada à baixa mobilidade do elemento no floema das plantas e por ser, também, componente estrutural da membrana celular (BRUN et al., 2010). Segundo Salvador et al. (2016), a colheita da madeira com a casca potencializa a remoção de nutrientes do sítio florestal, principalmente do Ca. Avaliando o clone A01, a menor quantidade deste elemento foi encontrada no espaçamento 3,0 x 1,0 m (Tabela 04), se diferenciando de todos os outros. Os clones A02 e GG100 apresentaram menores quantidades de Ca no espaçamento 3,0 x 2,0 m, porém o clone GG100 tem 3,3 vezes menos Ca se comparado ao A02.

Em florestas com finalidade energética, costuma-se remover o tronco com casca, o que pode proporcionar uma grande exportação de nutrientes, visto que a casca contém uma grande parcela destes. Segundo Santana et al. (2008), a biomassa da casca representa cerca de 13 % da biomassa do tronco, entretanto contém 72 % de Ca, 66 % de Mg, 47 % de P, 43 % de K e 30 % de N do total de nutrientes exportado do sítio pela colheita do tronco. No presente trabalho, aos 36 meses de idade, esta proporção foi em média de 75,9 % de Ca, 49,8 % de P, 36,6 % de K e 29,2 % de N (Tabelas 03 e 04).

Comparando os espaçamentos em linhas duplas (3,0 x 1,0 x 0,8 m e 3,0 x 1,0 x 1,0 m) com o espaçamento mais amplo (3,0 x 2,0 m), neste último a proporção de Ca, K e N na casca foi, respectivamente, 7,1 %, 11,5 % e 39,5 % menor do que nos espaçamentos mais adensados (Tabelas 03 e 04). Para P, a proporção do elemento na casca foi semelhante entre estes espaçamentos. Desta forma, deve-se ponderar sobre a manutenção da capacidade produtiva do sítio antes da tomada de decisão quanto a forma de colheita florestal, como também, na escolha do espaçamento a ser utilizado na implantação de florestas.

A eficiência de uso de nutrientes (EUN) para a produção de lenho (Tabela 05), variou com os clones e espaçamentos estudados. Essa variação pode ter ocorrido por vários fatores, entre estes, podem ser mencionadas características do material genético; limitação de um ou mais nutrientes e relações hídricas (SANTANA et al., 2002). A EUN decresceu na seguinte ordem  $P > Ca > N > K$ .

Tabela 05: Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) no lenho de clones de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, plantados em cinco espaçamentos de plantio, aos 36 meses de idade.

| Nutriente | Clone | Espaçamento (m) |                 |               |             |             |
|-----------|-------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
|           |       | 3,0 x 1,0 x 0,8 | 3,0 x 1,0 x 1,0 | 3,0 x 1,0     | 3,0 x 1,5   | 3,0 x 2,0   |
| N         | A01   | 1006,73 a AB    | 1074,07 a A     | 1120,37 a A   | 870,66 a B  | 517,54 a C  |
|           | A02   | 811,97 b A      | 862,47 b A      | 790,59 b A    | 870,66 a A  | 476,91 a B  |
|           | GG100 | 939,39 a AB     | 969,70 ab A     | 750,92 b C    | 811,97 a BC | 517,54 a D  |
| K         | A01   | 716,73 a B      | 668,65 a B      | 969,70 a A    | 741,42 a B  | 976,43 a A  |
|           | A02   | 517,54 b B      | 566,45 b B      | 716,73 b A    | 606,43 b AB | 626,63 b AB |
|           | GG100 | 626,63 a AB     | 536,06 b B      | 638,89 b AB   | 682,54 ab A | 668,65 b A  |
| Ca        | A01   | 1507,94 a A     | 1120,37 b B     | 1263,23 ab AB | 606,43 c C  | 837,22 b C  |
|           | A02   | 1428,57 a A     | 1369,05 a A     | 1083,33 b B   | 953,82 b B  | 589,60 c C  |
|           | GG100 | 1203,70 b A     | 1120,37 b A     | 1309,52 a A   | 1309,52 a A | 1263,23 a A |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não se diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

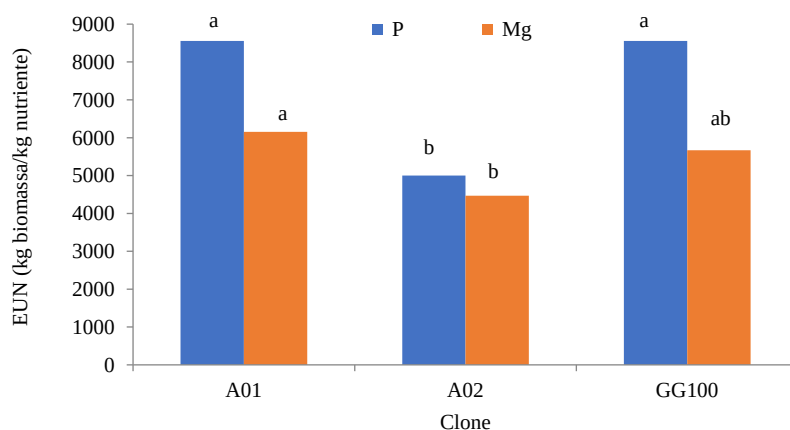
A EUN para o nitrogênio, nos espaçamentos mais adensados, foi aproximadamente o dobro da que foi observada no espaçamento mais amplo (Tabela 05). Para o Ca foi observado resultado semelhante ao do N, onde a EUN nos três espaçamentos mais adensados, foi mais elevada do que no 3,0 x 1,5 m e 3,0 x 2,0 m. Para o elemento K, a EUN não variou na mesma proporção, sendo que os espaçamentos em linhas simples foram, de modo geral, superiores àsquelas observadas nos espaçamentos em linhas duplas.

Quanto ao comportamento dos clones dentro de cada espaçamento (Tabela 05), observa-se que, de modo geral, o clone A01 apresenta maior EUN para todos os nutrientes considerados, nos espaçamentos 3,0 x 1,0 x 0,8 m, 3,0 x 1,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,0 m. Esse resultado indica que a eficiência no uso de nutrientes sofre interferência do espaçamento de plantio.

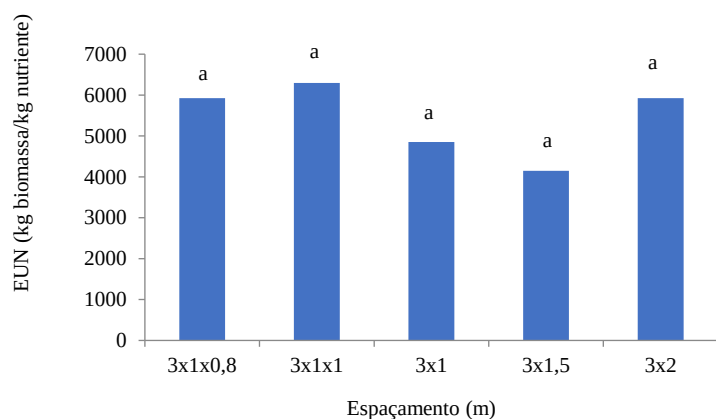
A EUN para o P sofreu influência do clone e do espaçamento, isoladamente (Figura 1). Os clones A01 e GG100 foram mais eficientes do que o A02. Quanto a eficiência do P em função do espaçamento, não houve diferença entre estes. Para o elemento Mg o clone A01 apresentou maior eficiência do que o clone A02.

Figura 01: Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) no lenho, para fósforo (P) e magnésio (Mg) de três clones de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, (a) e, EUN para Mg, em função do espaçamento (b) aos 36 meses de idade (letras iguais, sobre colunas de mesma cor, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade).

(a)



(b)



A eficiência no uso de nutrientes para a produção de casca variou com os clones e os espaçamentos estudados (Tabela 06). A EUN para o N, entre os espaçamentos, variou com o clone. O clone A01 não apresentou variação na EUN entre os espaçamentos, enquanto, para o A02 só foi observada diferença entre a EUN obtida no espaçamento 3,0 x 1,5 m e nos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,0 x 1,0 m, resultando para o primeiro em uma produção média de, aproximadamente, 48 kg a mais de biomassa de casca para a mesma quantidade de N estocado nas plantas. Quanto ao clone GG100, a maior eficiência foi observada no maior espaçamento, sendo esta, em média, 17,2 % maior do que nos espaçamentos mais adensados. Quanto a variação dentro de cada espaçamento verificou-se que, de modo geral, o clone GG100 foi o menos eficiente no uso de nitrogênio (Tabela 06).

Para o elemento fósforo, o clone A01, nos espaçamentos em linhas duplas, mostrou maior EUN (31 %) do que naqueles de linhas simples (3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m) (Tabela 06). Porém, para os demais clones, tanto espaçamentos em linhas duplas (adensados) quanto em linhas simples (mais amplos), apresentaram EUN semelhantes.

Tabela 06: Eficiência de utilização de nutrientes (EUN) na casca de clones de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, plantados em cinco espaçamentos de plantio, aos 36 meses de idade.

| Nutriente | Clone | Espaçamento (m) |                 |            |            |             |
|-----------|-------|-----------------|-----------------|------------|------------|-------------|
|           |       | 3,0 x 1,0 x 0,8 | 3,0 x 1,0 x 1,0 | 3,0 x 1,0  | 3,0 x 1,5  | 3,0 x 2,0   |
|           | A01   | 242,35 ab A     | 257,23 a A      | 258,66 a A | 243,99 b A | 259,92 a A  |
| N         | A02   | 254,80 a AB     | 234,74 ab B     | 240,22 a B | 285,87 a A | 256,52 a AB |

|    |       |             |              |             |             |              |
|----|-------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
|    | GG100 | 212,77 b B  | 208,51 b B   | 205,80 b B  | 216,12 b AB | 252,55 a A   |
|    | A01   | 1216,93 a A | 1090,07 a AB | 858,59 a CD | 732,60 a D  | 981,48 a BC  |
| P  | A02   | 858,59 b A  | 577,34 b B   | 750,92 a AB | 793,65 a A  | 732,60 b AB  |
|    | GG100 | 732,60 b AB | 566,45 b BC  | 545,81 b C  | 858,59 a A  | 682,54 b ABC |
|    | A01   | 140,86 a C  | 140,27 a C   | 163,11 a B  | 161,48 a B  | 208,39 a A   |
| K  | A02   | 121,96 b D  | 113,68 b D   | 150,90 b B  | 139,54 c C  | 212,83 a A   |
|    | GG100 | 109,90 c A  | 103,83 c A   | 128,77 c A  | 147,14 b A  | 142,26 b A   |
|    | A01   | 45,77 a A   | 36,23 b C    | 36,45 c C   | 40,33 c B   | 43,32 a AB   |
| Ca | A02   | 35,85 b C   | 35,47 b C    | 40,71 b B   | 49,94 a A   | 30,30 b D    |
|    | GG100 | 36,97 b C   | 50,88 a A    | 50,59 a A   | 43,27 b B   | 43,01 a B    |
|    | A01   | 400,43 a A  | 277,92 c C   | 394,87 b A  | 313,09 b BC | 333,58 ab B  |
| Mg | A02   | 400,43 a A  | 349,21 b B   | 390,55 b AB | 390,12 a AB | 303,22 b C   |
|    | GG100 | 384,99 a BC | 406,47 a AB  | 449,13 a A  | 413,05 a AB | 353,62 a C   |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não se diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade.

Para o potássio, considerando os clones A01 e A02, a EUN aumentou com o espaçamento, enquanto, para o GG100 a eficiência foi semelhante entre os espaçamentos (Tabela 06) onde, em média, são de 126,38 kg de biomassa de casca produzida a cada quilo de potássio consumido.

Quanto a EUN para o Ca, não foi observado um padrão claro no comportamento da eficiência em função, tanto do espaçamento quanto do clone dentro de cada espaçamento (Tabela 06). O clone A01 mostrou maior eficiência no espaçamento mais adensado e o A02, no espaçamento 3,0 x 1,5 m. Enquanto o clone GG100 foi mais eficiente nos espaçamentos 3,0 x 1,0 x 1,0 m e no 3,0 x 1,0 m. De modo geral, o clone A02 foi menos eficiente do que o A01 ou o GG100, dentro de cada espaçamento. Apenas no espaçamento 3,0 x 1,5 m, o A02 foi o mais eficiente entre os clones avaliados.

A EUN para o Mg também não mostrou um padrão de comportamento em relação ao espaçamento (Tabela 06). Apenas para o clone A02 a EUN aumentou com a redução do espaçamento. Enquanto no espaçamento mais adensado foi produzido 400,43 kg de biomassa de casca por quilo de magnésio consumido, no espaçamento



mais amplo esta produção foi de 303,22 kg, ou seja, aproximadamente 24 % menos eficiente do que no espaçamento 3,0 x 1,0 x 0,8 m.

#### **4. CONCLUSÕES**

O espaçamento de plantio e os clones de eucalipto influenciam na produção de biomassa, no estoque de nutrientes e na eficiência de utilização destes no tronco das árvores.

A biomassa de lenho por unidade de área é semelhante entre os espaçamentos. Enquanto, a biomassa de casca representa, em média, 11 % da biomassa total de tronco.

As quantidades de nutrientes no lenho e na casca são  $K > N > Ca > Mg > P$  e  $Ca > K > N > Mg > P$ , respectivamente.

O clone GG100 apresenta menores produtividades de biomassa e quantidade de nutrientes no lenho e na casca.

Os espaçamentos mais adensados apresentam maior eficiência de utilização de N e Ca para produção de lenho.

## REFERÊNCIAS

BARROS, N. F.; BARROS, F.; NOVAIS, V.; BUONFIGLIO, D.C.; NEVES, J. L. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista árvore**, v.10, n.2, p.112-120, 1986.

BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; CORRÊA, R. S.; VACCARO, S.; SCHUMACHER, M. V. Dinâmica de macronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual. RS, Brasil. **Scientia Florestalis**, v.38, n.86, p. 307-318, 2010.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMASIO, R. H. P.; VITAL, B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, v.38, n.2, p.375-381, 2014.

CARON, B. O.; ELOY, E.; SOUZA, V. Q.; SCHMIDT, D.; BALBINOT, R.; BEHLING, A. MONTEIRO, G. C. Quantificação da Biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.1, p.106-112, 2015.

ELOY, E.; CARON, B. O.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SOUZA, V. Q.; SCHMIDT, D. Espécies florestais em plantios de curta rotação para biomassa. **Revista da Madeira**, v.21, n.5, p.50-53, 2010.

FERNANDES, M. F.; RUIZ, H. A.; NEVES, J. C. L.; MUCHOVEJ, R. M. C. Crescimento e absorção de fósforo em plantas de *Eucalyptus grandis* associadas a fungos micorrízicos em diferentes doses de fósforos e potenciais de água do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.617-626, 1999.

GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P.; RIBEIRO, F. C.; AZEVEDO, G.B.; BUENO, M.C.; MONTEIRO, M.M.; SOUZA, P.F. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.879-887, 2014.

GUERRA, S. P. S.; LANÇAS, K. P.; GARCIA, E. A.; SPINELLI, R. Eucalipto adensado: manejo para florestas energéticas. In: LEMOS, E. G. M.; STRADIOTO, N. R. (Orgs.). **Bioenergia: Desenvolvimento, pesquisa e inovação**, São Paulo: Editora Cultura Acadêmica, 2012, p.125-161.

GUIMARÃES, C. C.; SCHUMACHER, M. V.; WITSHORECK, R.; SOUZA, H. P.; SANTO, J. C. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden no pampa gaúcho. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.873-882, 2015.

HERNÁNDEZ, J.; MAFRA, A. L.; RIOS, P. D.; BARETTA, D.; VIEIRA, H. C. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v.258, n.2, p.92-99, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

LIMA, R.; INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARAUJO, A. J. de; MACHADO, S. do A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.2, p.223-230, 2013.

- LOPES, E. D.; LAIA, M. L.; SANTOS, A. S.; SOARES, G. M.; LEITE, R. W. P.; MARTINS, N. S. Influência do espaçamento de plantio na produção de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, v.47, n.1, p.95-104, 2017.
- MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.363-372, 2011.
- MÜLLER, M. D.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; BRITO, J. O. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. **Biomassa & Energia**, v.2, n.3, p.177-186, 2005.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15- 23, 2003.
- PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**, 3. ed. San Diego: Academic Press, 2008, 454p.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**, São Paulo: Editora UNESP, 2008, 407 p.
- REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do paraná. **Synergismus Scyentifica**, v.6, n.1, 2011.
- ROSIM, C. C.; HSING, T. Y.; PAULA, R. C. Nutrient use efficiency in interspecific hybrids of eucalypt. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p.540-547, 2016.
- SALVADOR, S. M.; SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M.; STAHL, J.; CONSENSA, C. B. Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v.44, n.110, p.311-321, 2016.
- SANTANA, R. C. A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; CAMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.spe, p.2723-2733, 2008.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência nutricional e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista  rvore**, v.26, n.4, p.447-457, 2002.
- SILVA, D. A.; CARON, B. O.; BEHLING, A.; SOUZA, V. Q.; ELOY, E. Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p.1588-1595, 2012.
- SOARES, T. S.; GOUVEIA JUNIOR, W. V.; MATIAS, R. A. M.; CRUZ, E. S. Effect of stocking density on energetic productivity of an eucalyptus stands managed under a short rotation system. **Nativa**, v.6, n.2, p.165-169, 2018.
- VERÃO, D. de S.; BLEICH, M. E.; MARTINS, N. P.; BASSOTTO, J. M.; MORTAT, A. F.; SANTOS, A. F. A. Concentração de nutrientes em *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T Blake) com sete anos de idade na borda sul da Amazônia. **Biodiversidade**, v.15, n.3, p.35-44. 2016.
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**. v.20, n.2, p.225-233, 2010.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. Biomassa em monoespecíficos de eucalipto e acácia - negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, v.17, n.2, p.259-265, 2011.

ZAIA, F. C.; RODRIGUES, A. C. G. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, p.843-852, 2004.

# CAPÍTULO 04

## AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO VISUAL EM ESPAÇOS DE TRANSIÇÃO E PERMANÊNCIA E O USO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E NATURAL.

### **Americo Hiroyuki Hara**

Arquiteto e Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Endereço: Rua Coronel Fernandes Martins, 270, Progresso. CEP: 88790-000. Laguna/SC

Tel: (48) 36477899

E-mail: americo.hara@udesc.br

### **Fernando Oscar Ruttkay Pereira**

Ph.D., Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Endereço: Campus UFSC – Trindade. Pós ARQ/CTC. Caixa Postal 476, CEP: 88040-900, Florianópolis/SC

Tel: (48) 3721-9797

E-mail: ruttkay.pereira@ufsc.br

**RESUMO:** O uso da iluminação artificial e das persianas têm impacto direto sobre o conforto visual dos usuários e no consumo de energia de uma edificação. O objetivo da pesquisa foi estudar o acionamento das lâmpadas e das persianas considerando a percepção visual no corredor e na sala. A metodologia consistiu da aplicação de um questionário com questões na escala Likert para a avaliação da percepção visual e de medições de iluminância horizontal no piso e a 75 cm do piso e vertical a 1,5 m do piso. A pesquisa foi realizada numa sala acessada por um corredor do Centro de Educação da Região Sul – CERES/UDESC, em Laguna, localizada a 28,5 de latitude sul e 48,8 de longitude oeste. O corredor de acesso à sala apresenta tijolo de vidro em uma das laterais, sendo relativamente bem iluminado com luz natural. A sala possui uma janela voltada para noroeste, com persianas verticais e foi ambientada com 2 mesas, 2 cadeiras, 2 armários, quadro e lixeira, representando um espaço típico de escritório. Os experimentos foram realizados nos dias 30/05, 05/06, 06/06, 12/06, 15/08 e 22/08 de 2017, devido à maior incidência solar na janela. Para a avaliação da percepção visual, foram selecionados ao acaso 40 participantes que foram divididos em 2 grupos. O Grupo 1 foi exposto às condições de iluminação no corredor semelhante à da sala, e o Grupo 2, quando a iluminação no corredor foi menor do que na sala. Antes de iniciar o experimento, as lâmpadas da sala eram desligadas e as persianas abertas para o máximo aproveitamento da luz natural. Os participantes tinham a liberdade de acionar as lâmpadas e/ou persianas conforme a necessidade. Os resultados indicaram que os níveis de iluminação no corredor influenciaram significativamente a percepção visual da sala e, em consequência, o acionamento da iluminação artificial e das persianas. Em conclusão, a iluminância vertical na porta se apresenta como variável em potencial que explica o acionamento da iluminação artificial e das persianas do ponto de vista da percepção visual.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arquitetura. Percepção visual. Acionamento manual. Iluminação artificial. Iluminação natural.

**ABSTRACT:** The electric lighting and blinds have a great impact over a building energy consumption and users' visual comfort. The objective was to study the use of manual switching and blinds based on the visual perception and the relation between the light conditions of a corridor and room. For this experiment, 40 participants were divided into 2 groups (20 persons each): Group 1 was exposed to similar lighting conditions in the corridor and room, and Group 2, the illumination of the corridor was lower than the room. After the visual perception evaluation of each participant, horizontal and vertical illuminance was measured at the same position. The finds indicate that lighting levels in the corridor can influence the visual perception of a room and, in consequence, the electric light and blinds use. In conclusion, the vertical illuminance at the door can be a consistent variable to describe the use of manual switching of electric lighting and blinds.

**KEYWORDS:** Architecture. Visual adaptation. Manual switching. Electric lighting. Daylight.

## **1. INTRODUÇÃO**

O estudo do uso dos sistemas de iluminação artificial e natural é fundamental para ajudar na avaliação do consumo de energia elétrica. O objetivo é investigar o uso dos sistemas de iluminação artificial e natural em função da percepção visual sobre as condições de iluminação nos espaços de transição e de permanência. Os resultados indicam que as condições de iluminação no corredor influenciam na percepção visual da sala e, conseqüentemente, no uso dos sistemas de iluminação artificial e natural.

Verifica-se que a iluminância vertical na porta se apresenta como uma variável relevante para estudar o acionamento dos sistemas de iluminação artificial e natural, pois, indica a densidade de luz no plano da face do observador. Valores de iluminância vertical relacionados ao uso dos sistemas de iluminação artificial e natural também são apresentados.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O CONTROLE DO USUÁRIO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

Geralmente, o acionamento da iluminação artificial ocorre no início da ocupação pelos primeiros usuários que ingressam no espaço de permanência e, o desligamento, no final do expediente, quando a última pessoa deixa a sala, sendo raro a ação de desligar as lâmpadas durante o uso do espaço (HUNT, 1979; SILVA et al., 2013).

Estudos realizados por este autor indicaram que as condições de iluminação a que o usuário está sujeito antes de ingressar no espaço de permanência influenciam no acionamento das lâmpadas, conforme sustentam Lynes et al. (1997). Porém, o estudo não identificou valores que pudessem relacionar-se com o uso da iluminação artificial e persianas.

### **2.2 CONTROLE DO USUÁRIO SOBRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NATURAL**

Segundo Silva et al. (2013), o usuário costuma abrir as persianas no início da ocupação e fechá-las no final do expediente, sendo seu acionamento esporádico e heterogêneo durante a ocupação. As principais causas do acionamento estão relacionadas com a incidência solar direta (SILVA et al., 2013) e ao elevado brilho da janela (INKAROJRIT, 2006). Porém, Wymelenberg et al. (2010) identificaram que o

usuário permite a insolação pela abertura desde que não incida sobre sua área de trabalho.

### **2.3 QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO COMO FORMA DE AVALIAR A PERCEPÇÃO VISUAL**

Uma forma precisa e menos custosa de avaliar a percepção dos próprios usuários é a partir de questionários preferencialmente composta por perguntas de concordância/discordância (HARA et al., 2016). Com ressalvas, principalmente no que se refere a evitar perguntas tendenciosas, os questionários estruturados são bastante utilizados, pois o respondente deve indicar seu grau de concordância ou discordância sobre uma determinada afirmação (MARCONI; LAKATOS, 2003).

## **3. MATERIAIS E MÉTODO**

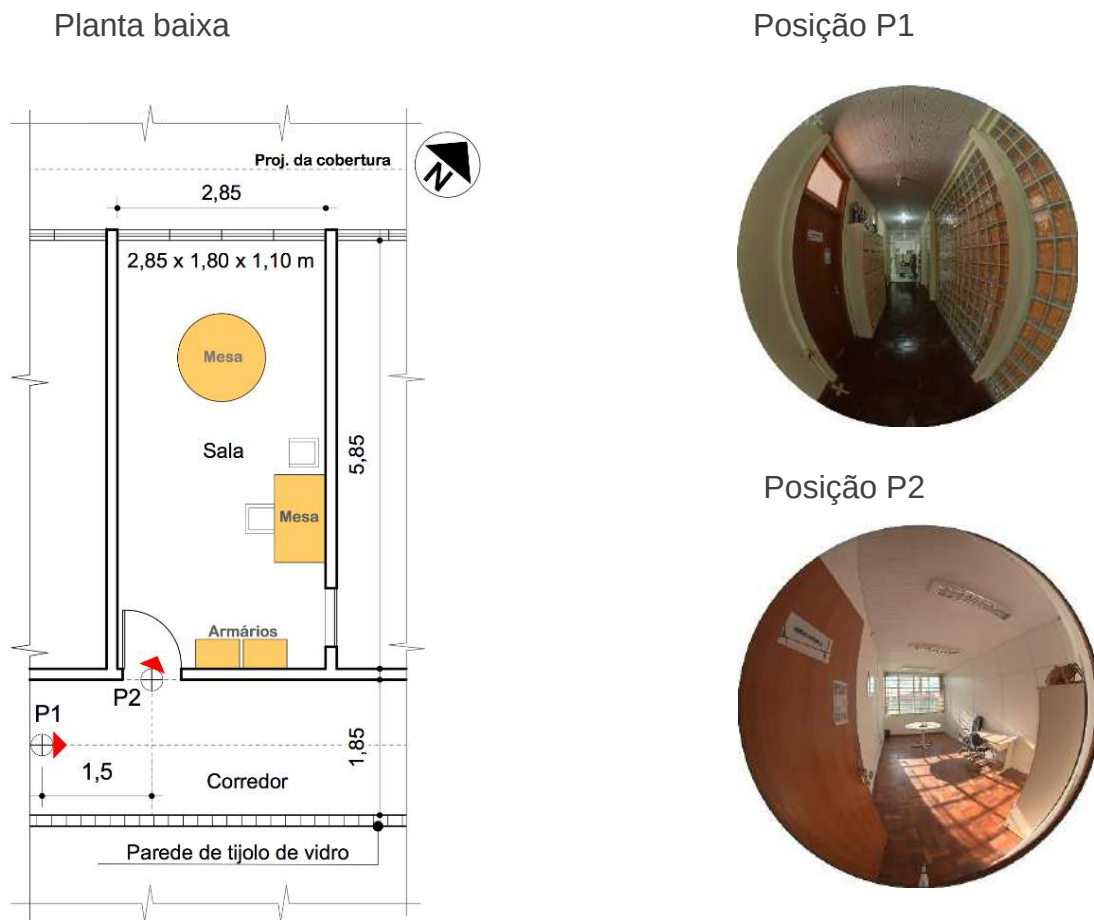
Aprovada pelo Comitê de Ética, a pesquisa apresenta três frentes de investigação: a) a percepção visual no corredor e na sala; b) a atitude sobre os sistemas de iluminação artificial e natural, e; c) as condições de iluminação.

A sala onde ocorreu o experimento situa-se a 28,5 de latitude sul e 48,8 de longitude oeste e possui uma janela orientada a noroeste com persianas verticais. Para o experimento, a sala foi climatizada a uma temperatura média de 24° C e ambientada com mobiliário típico de escritório. O corredor de acesso à sala apresenta tijolo de vidro em uma das laterais, sendo relativamente bem iluminado com luz natural.

A Figura 01 apresenta a planta baixa com as dimensões da sala e do corredor e fotos internas da perspectiva dos pontos P1 e P2, onde o participante se posicionou para preencher o questionário de percepção visual e para as medições de iluminância horizontal no piso (Eh-0), a 0,75 m de altura (Eh-75) e vertical (a 1,5 m do piso). O ponto no corredor (P1) distava 1,5 m do eixo central da porta, caracterizando o usuário que irá ingressar na sala (espaço de permanência). A porta da sala ficava fechada durante a avaliação no corredor.



Figura 01 - Planta baixa do espaço e fotos da posição no corredor (P1) e na porta da sala (P2)



Fonte: Os autores

Antes de iniciar o experimento, as lâmpadas da sala eram desligadas e as persianas abertas para o máximo aproveitamento da luz natural. Os participantes deveriam considerar a sala como um escritório com a liberdade de acionar as lâmpadas e/ou persianas conforme a necessidade. O tempo do experimento com cada indivíduo foi em média de 20 minutos.

Os experimentos foram realizados nos dias 30/05, 05/06, 06/06, 12/06, 15/08 e 22/08 de 2017, devido à maior incidência solar na janela. Foram selecionados ao acaso, 40 indivíduos entre estudantes de arquitetura e técnicos-administrativos que foram divididos em 2 grupos de 20 pessoas: o Grupo 1, exposto à condições de iluminação no corredor semelhante ao da sala; e o Grupo 2, com iluminação no corredor inferior ao da sala.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

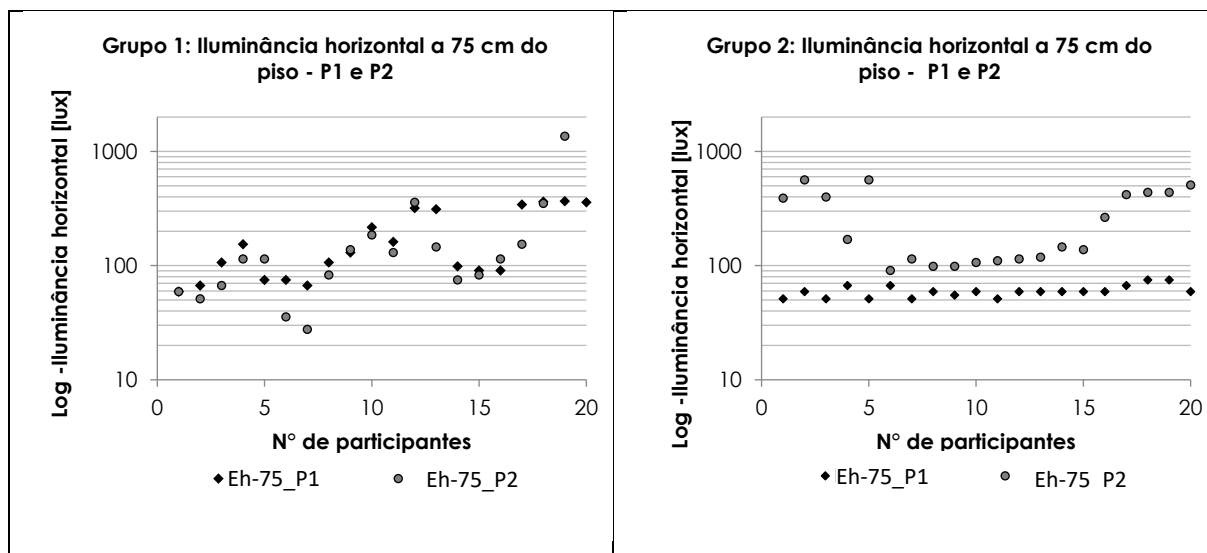
A amostra apresentou as seguintes características: quanto ao gênero: 25 mulheres (62,5 %) e 15 homens (37,5 %), com idades entre 21 a 40 anos; quanto à cor dos olhos: 22 apresentavam olhos castanhos (55 %), 8, verdes (20 %), 5, castanho escuro (12,5 %), 1, castanho-claro e 1 (2,5 %), olhos azuis (2,5 %) e 3 não responderam (7,5 %); quanto à visão: 23 se disseram de visão normal (57,5 %), 13, usam óculos de grau (32,5 %), 3, lentes de contato (7,5 %) e 1 apresentava visão monocular (2,5 %).

Os resultados a seguir consistem da análise comparativa dos 2 grupos quanto à percepção visual, do acionamento dos sistemas de iluminação artificial e natural em função das iluminâncias horizontal e vertical.

##### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NO CORREDOR E NA SALA

Inicialmente, verifica-se nos gráficos da Figura 02, as diferenças entre as iluminâncias horizontais a 0,75 m do piso (Eh-75) em P1 (corredor) e P2 (porta) para os Grupos 1 e 2.

Figura 02: Iluminância horizontal Eh-75 em P1 e P2 para os Grupos 1 e 2.



Fonte: Os autores.

Para o Grupo 1, as iluminâncias em P1 (corredor) e P2 (porta da sala) são bastante próximas e, para o Grupo 2, em P1 as iluminâncias são mais baixas do que em P2, evidenciando que o corredor se apresenta mais escuro do que na porta da sala.

A tabela 01 apresenta a relação entre a percepção visual no corredor e na porta para os grupos 1 e 2. No Grupo 1, o corredor foi avaliado como “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” (52 %) e “Claro” (48 %). Na avaliação da sala, houveram a diminuição do percentual de “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” (33 %) e a indicação de “Muito\_Claro” (19 %), ver Tabela 01. No Grupo 2, o corredor foi avaliado como “Escuro” (10 %), “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” (60 %) e “Claro” (30 %). Para a sala, houve somente a avaliação de “Claro” (65 %) e de “Muito\_Claro” (35 %), ver Tabela 01.

Tabela 01: Percepção visual em P1 e P2 para os Grupos 1 e 2.

| Grupo 1       | P1 (corredor) | P2 (Porta) | Grupo 2       | P1 (corredor) | P2 (porta) |
|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|
| “Escuro”      | 0 %           | 0 %        | “Escuro”      | 10 %          | 0 %        |
| “N_E/N_C”     | 52 %          | 33 %       | “N_E/N_C”     | 60 %          | 0 %        |
| “Claro”       | 48 %          | 48 %       | “Claro”       | 30 %          | 65 %       |
| “Muito_Claro” | 0 %           | 19 %       | “Muito_Claro” | 0 %           | 35 %       |
| Total         | 100 %         | 100 %      | Total         | 100 %         | 100 %      |

Fonte: Os autores.

Comparando-se os resultados de percepção visual em P1 e P2 para os dois grupos, nota-se que no Grupo 2, onde o corredor é mais escuro do que a sala, 100 % dos participantes perceberam a sala como “Claro” e “Muito\_Claro” enquanto que no Grupo 1, 67 %.

Também, é importante notar que as iluminâncias horizontais (Eh-75) em P1 e P2 no Grupo 1 é um pouco maior do que no Grupo 2. Sendo assim, verifica-se que as condições de iluminação no corredor influenciaram na percepção visual da sala e, consequentemente, no acionamento do sistema de iluminação artificial.

#### 4.2 PERCEPÇÃO VISUAL NO CORREDOR E NA SALA E AS ILUMINÂNCIAS EH-0, EH-75 E EV

A relação entre a percepção visual em P1 e P2 e as Iluminâncias horizontais (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev) para o Grupo 01 são apresentadas na Tabela 02. Nota-se que em P1 e P2, as iluminâncias que caracterizam a percepção “Claro” são superiores àsquelas de “Nem\_Escuro/Nem\_Claro”.

Tabela 02: Grupo 1: Percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias horizontal (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev)

|                                | P1 (corredor) |         |         | P2 (porta) |          |         |
|--------------------------------|---------------|---------|---------|------------|----------|---------|
| Percepção                      | Eh-0          | Eh-75   | Ev      | Eh-0       | Eh-75    | Ev      |
| "N_E/N_C"                      | 165 lux       | 158 lux | 73 lux  | 136 lux    | 124 lux  | 243 lux |
| "Claro"                        | 218 lux       | 185 lux | 115 lux | 316 lux    | 261 lux  | 581 lux |
| "Muito_Claro"                  | -             | -       | -       | 4027 lux   | 1831 lux | 907 lux |
| $\Delta$ ("Claro" - "N_E/N_C") | 53 lux        | 27 lux  | 42 lux  | 180 lux    | 137 lux  | 338 lux |

Fonte: Os autores

As diferenças entre as iluminâncias que caracterizam “Claro” e “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” em P1 são pouco expressivas, da ordem de 30 lux a 50 lux. Porém, em P2, essas diferenças são mais significativas, principalmente para a iluminância vertical, de 338 lux.

Considerando que a iluminância vertical representa a quantidade de luz na face do observador, uma variação dessa magnitude pode explicar, em parte, a percepção da sala como “Muito\_Claro” (19 %).

A Tabela 03 relaciona a percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias horizontais (Eh-0 e Eh-75) e vertical (Ev) para o Grupo 2. As iluminâncias que caracterizam a percepção “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” e “Claro” em P1 são praticamente as mesmas. Em P2, as diferenças entre as iluminâncias para “Muito\_Claro” e “Claro” também são pouco expressivas, destacando-se a iluminância vertical (Ev), de 134 lux.

Tabela 03 - Grupo 2: Percepção visual em P1 e P2 e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev.

|                                | P1 (corredor) |        |        | P2 (porta) |         |          |
|--------------------------------|---------------|--------|--------|------------|---------|----------|
| Percepção                      | Eh-0          | Eh-75  | Ev     | Eh-0       | Eh-75   | Ev       |
| "Escuro"                       | 43 lux        | 59 lux | 12 lux | -          | -       | -        |
| "N_E/N_C"                      | 48 lux        | 60 lux | 16 lux | -          | -       | -        |
| "Claro"                        | 50 lux        | 59 lux | 20 lux | 239 lux    | 258 lux | 880 lux  |
| "Muito_Claro"                  | -             | -      | -      | 331 lux    | 277 lux | 1014 lux |
| $\Delta$ ("M_Claro" - "Claro") | -             | -      | -      | 93 lux     | 19 lux  | 134 lux  |

Fonte: Os autores

Nota-se que a Ev em P2 aparentemente representa melhor a percepção visual na sala em comparação a Eh-0 e Eh-75.

#### 4.3 PERCEPÇÃO VISUAL DA SALA, ACIONAMENTO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E ILUMINÂNCIAS MÉDIAS

No Grupo 1, todos que consideraram a sala como “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” ligaram a luz (33 %), e a maioria que considerava “Muito\_Claro” (14 %), preferiu manter as lâmpadas desligadas (Tabela 04).

Tabela 04: Grupo 1: Percepção visual em P2 e o acionamento das lâmpadas.

| Percepção     | Deslig. | Ligar |
|---------------|---------|-------|
| "N_E/N_C"     | 0 %     | 33 %  |
| "Claro"       | 33 %    | 14 %  |
| "Muito_Claro" | 14 %    | 5 %   |
| Total         | 48 %    | 52 %  |

Fonte: Os Autores.

Observando a tabela 5, o acionamento das lâmpadas ocorreu com iluminâncias baixas, em torno de 100 lux, enquanto que para a situação de lâmpadas desligadas, as iluminâncias médias foram relativamente elevadas: 1.883 lux para Eh-0, 951 lux para Eh-75 e 824 lux para Ev.

Além disso, ressaltam-se as diferenças das iluminâncias ( $\Delta$ ) para a situação de lâmpadas ligadas e desligadas são significativas: 1.789 lux para Eh-0, 864 lux para Eh-75 e 716 lux para Ev. Vale esclarecer que em P2, para lâmpadas desligadas, Eh-0 apresenta valores consideráveis de desvio padrão (DP = 3.447 lux) e erro padrão (EP= 1.090 lux).

Tabela 05: Grupo 1: Acionamento das lâmpadas e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev em P2.

| Lâmp. desligadas | Elig [lux] | DP   | EP   | Ligar lâmp. | Edeslig. [lux] | DP  | EP | $\Delta$ (Elig. – Edeslig.) [lux] |
|------------------|------------|------|------|-------------|----------------|-----|----|-----------------------------------|
| Eh-0_P2          | 1.883      | 3448 | 1090 | Eh-0_P2     | 94             | 48  | 14 | 1.789                             |
| Eh-75_P2         | 951        | 2086 | 660  | Eh-75_P2    | 87             | 48  | 15 | 864                               |
| Ev_P2            | 824        | 610  | 193  | Ev_P2       | 108            | 100 | 30 | 716                               |

Fonte: Os autores.

Quanto ao Grupo 2, a maioria que considerou a sala como “Muito\_Claro” (30 %) optou por deixar as lâmpadas desligadas (Tabela 06).

Tabela 06 - Grupo 2: Percepção visual em P2 e acionamento das lâmpadas.

| Percepção     | Deslig. | Ligar |
|---------------|---------|-------|
| "Claro"       | 35 %    | 30 %  |
| "Muito_Claro" | 30 %    | 5 %   |
| Total         | 65 %    | 35 %  |

Fonte: Os autores

Ao observar a Tabela 07, nota-se que as iluminâncias horizontais em P2 que caracterizam as situações de lâmpadas desligadas foi em média de 250 lux, e ligadas, de 300 lux. A diferença entre as iluminâncias das situações ligada e desligada foi relativamente pouco, em torno de 50 lux.

Tabela 07 - Grupo 2: Acionamento das lâmpadas e as iluminâncias Eh-0, Eh-75 e Ev em P2.

| Lâmp. desligadas | Elig [lux] | DP  | EP  | Ligar lâmp. | Edeslig. [lux] | DP  | EP  | $\Delta$ (Elig. - Edeslig.) [lux] |
|------------------|------------|-----|-----|-------------|----------------|-----|-----|-----------------------------------|
| Eh-0_P2          | 257        | 204 | 57  | Eh-0_P2     | 307            | 163 | 61  | 50                                |
| Eh-75_P2         | 245        | 192 | 53  | Eh-75_P2    | 300            | 153 | 58  | 55                                |
| Ev_P2            | 749        | 609 | 169 | Ev_P2       | 1256           | 809 | 306 | 507                               |

Fonte: Os autores.

Considerando-se somente as iluminâncias verticais médias em P2 (Ev\_P2) para a situação de lâmpadas desligadas (749 lux) e para lâmpadas ligadas (1.256 lux), nota-se uma diferença de 507 lux, valor significativo para caracterizar o uso do sistema de iluminação artificial. Também, é curioso que Ev\_P2 para a situação de ligar a luz seja superior à de lâmpadas desligadas, no Grupo 2. Uma explicação para o acionamento da iluminação artificial, neste caso, seria o fechamento das persianas devido ao excesso de luz proveniente da janela.

Outro fato interessante relativo às iluminâncias verticais médias em P2 nos dois grupos ocorreu para a situação de "lâmpadas desligadas" que apresentaram valores relativamente próximos: 824 lux para o Grupo 1 e, 749 lux para o Grupo 2.

#### 4.4 PERCEPÇÃO VISUAL DA SALA, O USO DAS PERSIANAS E A ILUMINÂNCIA VERTICAL

Para o Grupo 1, todos que perceberam a sala como "Nem\_Escuro/Nem\_Claro" (33 %) assim como a maioria que percebeu como "Claro" (38 %) deixaram as persianas abertas.

Porém, para aqueles que consideraram a sala como “Muito\_Claro”, a maioria (14 %) preferiu fechar as persianas (ver Tabela 08).

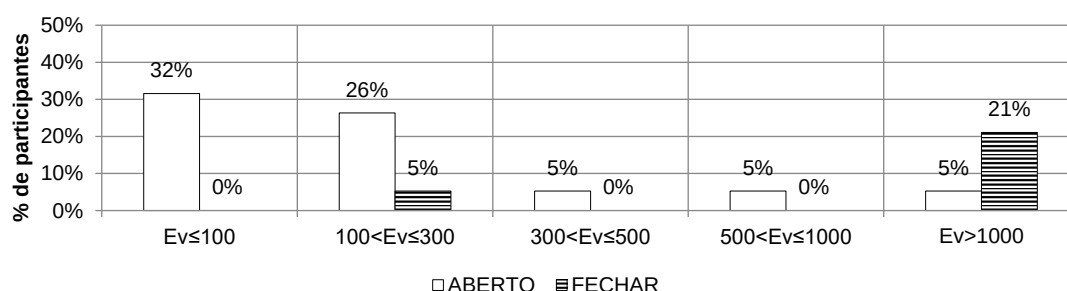
Tabela 08 – Grupo 1: Percepção visual em P2 e o acionamento das lâmpadas.

| Grupo 1       | Acionamento das lâmpadas |        |       |
|---------------|--------------------------|--------|-------|
| Percepção     | Aberto                   | Fechar | Total |
| "N_E/N_C"     | 33 %                     | 0 %    |       |
| "Claro"       | 38 %                     | 10 %   |       |
| "Muito_Claro" | 5 %                      | 14 %   |       |
| Total         | 76 %                     | 24 %   | 100 % |

Fonte: Os autores.

A preferência pelas persianas abertas ocorreu quando as iluminâncias verticais em P2 (Ev-P2) foram inferiores a 1.000 lux; e a maioria fechou as persianas (21 %) quando Ev-P2 foram superiores a 1.000 lux (ver Figura 03).

Figura 03 - Grupo 1: Acionamento das persianas e a iluminância vertical em P2.



Fonte: Os autores.

Para o Grupo 2, a maioria daqueles que consideraram a sala como “Claro” preferiu deixar as persianas abertas (40 %). Por outro lado, a maioria (25 %) dos que consideraram como “Muito\_Claro” fechou as persianas (ver Tabela 09).

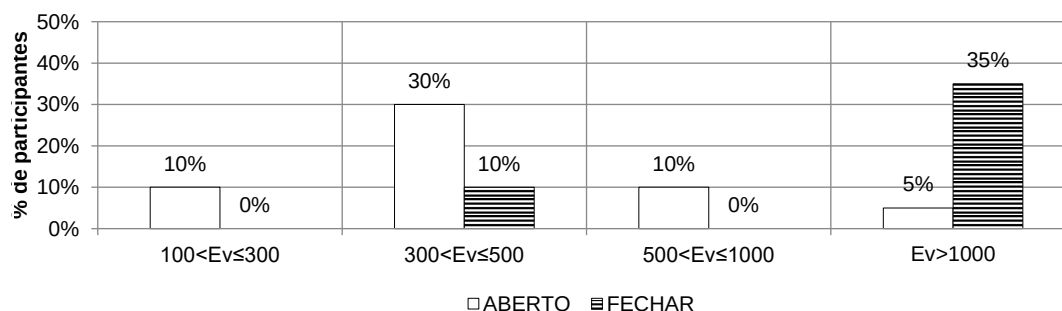
Tabela 09 – Grupo 2: Percepção visual em P2 e o acionamento das persianas.

| GRUPO 2       | ACIONAMENTO - PORTA |        |       |
|---------------|---------------------|--------|-------|
| Percepção     | ABERTO              | FECHAR | Total |
| "Claro"       | 40 %                | 20 %   |       |
| "Muito_Claro" | 15 %                | 25 %   |       |
| Total         | 55 %                | 45 %   | 100 % |

Fonte: Os autores.

Semelhante ao Grupo 1, a maioria (50 %) deixou as persianas abertas quando Ev\_P2 ficou abaixo de 1.000 lux, e a maioria (35 %) fechou as persianas quando Ev\_P2 foi superior a 1.000 lux (ver Figura 04).

Figura 04 – Grupo 2: Acionamento das persianas e Iluminância vertical em P2.



Fonte: Os autores.

Dessa forma, os resultados reforçam o fato de o acionamento das lâmpadas ser ocasionado pelo fechamento das persianas. A causa do fechamento das persianas pode ser explicada parcialmente pela elevada iluminância vertical observada em P2, conforme indicam as Figuras 03 e 04.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados relativos ao acionamento do sistema de iluminação artificial em função da percepção visual em P2 indicaram a tendência de ligar as lâmpadas para a percepção “Nem\_Escuro/Nem\_Claro” e, de deixar as lâmpadas desligadas para “Muito\_Claro”.

A percepção visual em P2 evidenciou a relação com o acionamento do sistema de iluminação natural, sendo que na maioria das situações, para a percepção de “Escuro” e “Claro”, as persianas permaneceram abertas, enquanto que para “Muito\_Claro”, fechadas. Conclui-se que a iluminância vertical em P2 (Ev\_P2) parece explicar melhor o uso dos sistemas de iluminação artificial e natural, pois representa a densidade de luz na face do observador.

É possível destacar os intervalos de Ev\_P2 para descrever o acionamento da iluminação artificial de modo que no intervalo entre 250 lux e 1.000 lux, houve uma tendência de deixar as lâmpadas desligadas e, abaixo de 250 lux e acima de 1.000 lux, de ligar as lâmpadas. Para o uso das persianas, quando Ev\_P2 abaixo de 1.000 lux, houve maior ocorrência de manter as persianas abertas e, acima desse valor, de fechar as persianas.



## REFERÊNCIAS

HARA, A. H.; PEREIRA, F. O. R.; ALVES, F. B. A atitude do usuário sobre o sistema de iluminação artificial e natural nos espaços interiores: revisão e proposta de pesquisa. In: Pluris (Org.); 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. **Anais...**, 2016. Maceió.

HUNT, D. R. G. The use of artificial lighting in relation to daylight levels and occupancy. **Building and Environment**, v. 14, n. 1, p. 21–33, 1979. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0360132379900258>>. .

INKAROJRIT, V. Developing Predictive Venetian Blinds Control Models using Visual Comfort Predictors. PLEA. **Anais...** . p.6–8, 2006. Geneva, Switzerland.

LYNES, J. A.; LITTLEFAIR, P. J.; SLATER, A I. Preadaptation and manual switching. **Right Light 4**, 1997.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5º ed. São Paulo, SP.: Editora Atlas S. A., 2003.

SILVA, P. C.; LEAL, V.; ANDERSEN, M. Occupants interaction with electric lighting and shading systems in real single-occupied offices: Results from a monitoring campaign. **Building and Environment**, v. 64, p. 152–168, 2013. Elsevier Ltd.

# CAPÍTULO 05

## EDUCAÇÃO 4.0 NA ENGENHARIA: PERCEPÇÃO DOS DOCENTES DE 3 UNIVERSIDADES BRASILEIRAS.

### **Juliana E. Murofushi**

Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo  
Estrada Municipal do Campinho, s/nº, 12602-810 – Lorena – SP  
E-mail: julianamurofushi@gmail.com

### **Maria A. M. Barreto**

Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo  
Estrada Municipal do Campinho, s/nº, 12602-810 – Lorena – SP  
E-mail: maribarroto@usp.br

**RESUMO:** Em meio à atual revolução tecnológica, surgiu a Indústria 4.0, que emergiu para criar fábricas inteligentes e modificar as relações entre homem e máquina. Para esse fim, novos conhecimentos passarão a ser necessários e um novo perfil de profissional de engenharia será requerido. Para atender a essa nova demanda, o conceito de Educação 4.0 surgiu para mostrar como o sistema de ensino deve ser mais inovador e colaborativo e como a tecnologia pode ser uma aliada da educação. Nesse contexto, no presente trabalho, foi feito um estudo sobre novas ideias de ensino e novas habilidades e competências que precisam ser trabalhadas nas universidades. Foi feita uma pesquisa de caráter quali-quantitativo, com aplicação de questionário, com docentes de cursos de engenharia de três universidades públicas de estados diferentes (EEL-USP, UNIFEI e UERJ) em relação à opinião sobre o ensino atual e quais fatores presentes na Educação 4.0 podem ajudar a melhorar o ensino no curso de engenharia. Os dados obtidos foram analisados, demonstrando que ainda há necessidade de maior estrutura tecnológica, bem como uma mudança de mindset dos professores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria 4.0, Educação 4.0, Ensino de Engenharia.

**ABSTRACT:** In the midst of the current technological revolution came Industry 4.0, which emerged to create intelligent factories and change the relationship between man and machine. To this end, new knowledge will be required and a new engineering professional profile will be required. To meet this new demand, the Education 4.0 concept has emerged to show how the education system should be more innovative and collaborative and how technology can be an ally of education. In this context, in the present work, a study was made about new teaching ideas and new skills and competencies that need to be worked on in universities. A qualitative and quantitative research was carried out with a questionnaire, with engineering course professors from three public universities of different states (EEL-USP, UNIFEI and UERJ) regarding the opinion about the current teaching and what factors are present in the study. Education 4.0 can help improve engineering teaching. The data obtained were analyzed, demonstrating that there is still need for greater technological structure, as well as a change of mindset of teachers.

**KEYWORDS:** Industry 4.0, Education 4.0, Engineering Teach.

## **1. INTRODUÇÃO**

Observa-se uma demanda de um novo perfil do profissional de engenharia e são necessárias novas competências e habilidades, frente às mudanças tecnológicas que estão acontecendo. Dessa forma, são necessárias competências socioemocionais, em que o engenheiro deve atuar em um ambiente colaborativo e multidisciplinar. Então, percebe-se que o modelo linear de ensino já não é mais suficiente e são necessárias inovações, que são propostas pelo modelo de Educação 4.0. Tendo em vista as mudanças na carreira de engenharia e a importância da formação de engenheiros que tenham tanto habilidades técnicas, quanto criativas e sociais, o presente trabalho foi realizado com a finalidade de verificar como a formação em engenharia pode atender a essas demandas na era da Indústria 4.0.

## **2. INDÚSTRIA 4.0**

O conceito de Indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial, surgiu na Alemanha, em 2011, e foi criada para aumentar a competitividade da indústria alemã na integração entre homem e máquina. É um conceito relativamente novo, que é fruto de novos conhecimentos tecnológicos que vêm sendo cada vez mais aperfeiçoados (KOLESNICHENKO; RADYUKOVA; PAKHOMOV, 2018).

A ideia refere-se à criação de fábricas inteligentes, capazes de se conectar utilizando sistemas ciber-físicos, utilizando conexões entre duas máquinas, duas pessoas ou uma máquina e uma pessoa. Tudo isso só é possível a partir de criações novas de “Internet das Coisas, Internet dos Serviços e Internet das Pessoas” (BENEŠOVÁ; TUPA, 2017).

A Internet das Coisas permite que coisas e objetos possam cooperar entre si, criando componentes inteligentes que podem se comunicar para atingir objetivos pré-estabelecidos. Essa fusão só é possível por conta dos chamados sistemas ciber-físicos (CPS), em que há a integração do computador com sistemas físicos. Nesse caso, são utilizados sensores que captam informação e que são controlados por computadores. Esses sensores geram dados, que são utilizados para melhorar os processos. Essa integração entre a Internet das Coisas e o CPS constitui as fábricas inteligentes citadas acima e são muito importantes para um novo meio de organização do sistema fabril (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

### **3. A EVOLUÇÃO DOS TIPOS DE EDUCAÇÃO**

A Educação 1.0 é um tipo de educação baseado nos 3Rs: receber a informação do professor, responder à informação tomando notas e demonstrar resultado fazendo os mesmos exames que os outros alunos. Todos os alunos somente recebem a informação e são iguais perante o professor, mostrando que é uma educação padrão. Nesse caso, os alunos não têm papel ativo, e quem é o detentor de toda a informação é o professor (GERSTEIN, 2014).

A Educação 2.0 já permite uma interatividade maior entre alunos e entre alunos e professores. Com o surgimento da internet, o acesso à informação ficou mais fácil, sendo que os alunos podem comentar, compartilhar e modificar as informações que são procuradas. Nesse caso, há um foco nos três Cs: “comunicação, contribuição e colaboração”. A educação se tornou algo mais focado em aprendizagem por projetos, o que estimulou uma maior interação e criatividade dos alunos, em que o professor é o facilitador do aprendizado (GERSTEIN, 2014).

A Educação 3.0 avança deste ponto e é baseada em resolução de problemas, criatividade e inovação, em que os alunos têm um papel importante como criadores do conhecimento. Nesse tipo de educação, não há barreiras entre alunos e professores e o conhecimento é compartilhado. Há também 3Cs, mas são usados de maneira diferente: “conectores, criadores e construtivistas”. Assim, o aluno tem o papel de guiar a sua experiência de aprendizado, sem somente fazer o que foi proposto pelo professor, sendo ele um suporte (GERSTEIN, 2014).

As tecnologias utilizadas vão desde redes sociais, até apps e ambientes personalizados. O conteúdo, nesse caso, é editável e pode ser dado de diversas formas, sendo que professor e aluno têm coautoria nas novas criações de conhecimento. A avaliação é feita a partir de orientação guiada e feedbacks, sendo que há flexibilidade para identificar novos tipos de avaliação. O estudante tem autonomia para o seu aprendizado, de modo a compartilhá-lo com outros estudantes e fazer uma revisão compartilhada, como também dar feedbacks a outros alunos (OKADA; BARROS, 2013).

Finalmente, a Educação 4.0 é o modelo de educação que representa a era da inovação pela qual o mundo está passando. Nesse modelo, é necessário fazer com que quem está aprendendo consiga aprender a aplicar as novas tecnologias, para que possa desenvolver mudanças na sociedade. É um novo modelo de aprendizado no

qual o aluno aprende sobre coisas que vão perdurar por toda a sua vida e que vão beneficiar a sociedade como um todo (PUNCREOBUTR, 2016).

De acordo com Kothari e Chatterjee (2014), na Educação 4.0 a produção inovadora é incentivada a partir do aprendizado na prática, podendo ser individual e em equipe. Dessa forma, a ideia é que a tecnologia esteja em constante modificação, pois os alunos estarão sempre inovando em seus conhecimentos e aprendendo coisas diferentes. O ensino é feito a partir da presença de feedbacks constantes e fazendo com que os alunos sejam criativos sempre, tanto na sala de aula, como em suas vidas. O papel dos professores, nesse caso, é incentivar que todas as pessoas possam ser capazes de produzir inovações e de colaborar entre si, de modo a aprender e ensinar coisas distintas.

#### **4. ENSINO DE ENGENHARIA 4.0**

A sugestão do modelo de ensino de engenharia em meio a Educação 4.0 é de combinar as aulas presenciais com um suporte extra online. Os materiais estarão nos computadores dos estudantes e podem ser usados simuladores de performance, para que esses estudantes possam ter um acesso remoto também. É importante também que o aprendizado seja personalizado, para promover ambientes colaborativos (RAMIREZ-MENDOZA et al., 2018).

Para entender como funciona esse suporte online, é importante entender um pouco sobre as ferramentas e sobre os métodos de aprendizado que serão apresentados a seguir e são sugeridos por Ciolacu et al. (2017a):

##### **4.1 MOTIVAÇÃO: APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS EM VLE (VR/AR)**

Os VLEs são chamados de Virtual Learning Environments, em que professores e alunos se encontram como avatares em um ambiente virtual de aprendizado e será o primeiro passo para a educação de novos funcionários dentro de uma empresa. Nessa parte, o treinamento dos funcionários será realizado a partir de óculos de realidade aumentada. Isso também pode ser implementado em escolas e universidades (BENEŠOVÁ; TUPA, 2017).

##### **4.2 PROCESSO DE APRENDIZADO**

O material desenvolvido é feito para tipos diferentes de aprendizado, pois cada aluno aprende de uma maneira diferente. Dessa forma, um livro interativo é recomendado para alunos que aprendem mais lendo e vídeos são recomendados para alunos que aprendem mais a partir de mídias. O livro contém links e perguntas

interativas, sendo que no vídeo há uma repetição dos principais pontos citados no livro, para que o aluno fixe o aprendizado (CIOLACU et al., 2017a).

#### **4.3 ANÁLISE DE APRENDIZADO**

Para entender como o aluno está aprendendo e como está a relação do aprendizado dele com as avaliações, é importante utilizar um sistema de gerenciamento de aprendizado (LMS), em que os cursos são gerenciados durante o semestre. Para extrair os dados de aprendizado, o curso a ser avaliado deve ser escolhido e os dados devem ser importados em um arquivo. A ferramenta Microsoft Excel pode ser utilizada para extrair análises desse arquivo e entender melhor como está o desempenho dos alunos (CIOLACU et al., 2017b).

Outros arquivos também podem ser utilizados para extrair dados e análises, o importante é gerenciar o aprendizado do aluno ao longo do semestre.

#### **4.4 MÉTODOS DE APRENDIZAGEM ADAPTÁVEIS**

Os módulos das matérias se adaptam ao nível de conhecimento que o aluno já tem e também ao comportamento de aprendizado que ele está tendo ao longo do curso. Há um teste introdutório para avaliar os conhecimentos já obtidos, que gera uma recomendação de em qual capítulo o aluno está e qual capítulo deveria ser estudado de novo por conta de alguns gaps de conhecimento (CIOLACU et al., 2017a).

#### **4.5 CONSELHO E SUPORTE**

Há um sistema inteligente de perguntas e respostas, em que o aluno pode perguntar alguma coisa e o computador responde. Um exemplo disso é o Wolfram Alpha, que resolve problemas matemáticos e mostra a resolução. Nesse caso, a tendência é que a inteligência artificial será cada vez mais rápida em reagir e responder aos comandos (CIOLACU et al., 2017a).

#### **4.6 AVALIAÇÃO**

A avaliação é feita a partir de e-assessments, em que um Moodle avalia as respostas dos testes automaticamente. A visão dos computadores também inclui um reconhecimento de face, para garantir e verificar que ninguém está fazendo a prova para o aluno em questão (CIOLACU et al., 2017a).

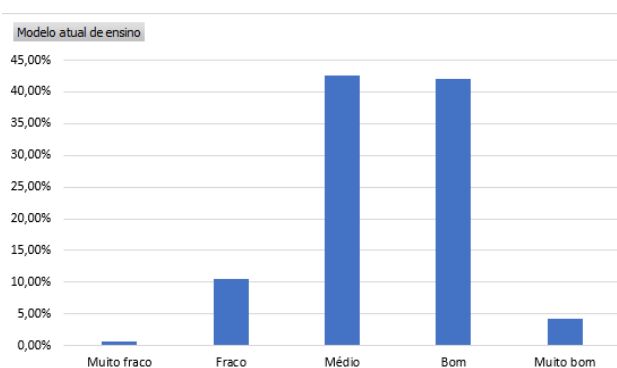
### **5. METODOLOGIA**

A pesquisa foi feita com docentes de engenharia de três universidades de três estados diferentes: EEL-USP, no estado de São Paulo, UNIFEI, no estado de Minas

Gerais e UERJ no estado do Rio de Janeiro. A coleta dos dados foi feita a partir de formulários online contendo 12 perguntas, que foram enviados aos professores dessas três universidades via e-mail, sendo que foram enviados 500 questionários e foram obtidas 162 respostas. A margem de erro da pesquisa é de 6,3 %.

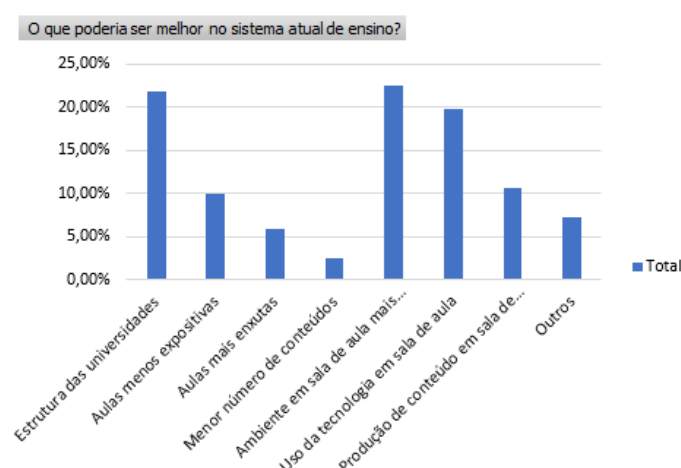
No presente artigo, serão detalhadas as principais perguntas e será feito um resumo do que foi respondido no questionário como um todo. Nas questões 1 e 2, foi perguntado aos docentes o que eles acham do sistema de ensino atual e o que poderia ser melhorado. O objetivo era entender primeiro o panorama atual, para depois abordar o conceito de Educação 4.0.

Figura 02 - Como os docentes enxergam o modelo atual de ensino.



Fonte: Arquivo próprio.

Figura 03 - O que poderia ser melhor no sistema atual de ensino.



Fonte: Arquivo próprio.

A partir da figura 1, percebe-se que as 2 principais respostas em relação ao que os professores acham do sistema de ensino foram Médio e Bom, sendo que

42,6 % dos professores consideram o modelo atual de ensino médio e 41,98 % consideram o modelo atual de ensino bom.

A partir da figura 2, percebe-se que as 3 principais respostas em relação ao que poderia ser melhor foram: ambiente em sala de aula mais colaborativo com 22,41 %, estrutura das universidades com 21,78 % e uso de tecnologia em sala de aula com 19,71 %.

Nas questões 3 e 4, foi perguntado aos professores o que eles fazem para aumentar o interesse do aluno em sala de aula e quais são as características atuais do ensino em suas respectivas universidades. Para aumentar o interesse do aluno em sala de aula, as 3 principais respostas em geral foram: trazer exemplos práticos com 27,85 %, aprendizagem por projetos/trabalhos com 21,27 % e trazer desafios para serem resolvidos pelos alunos com 16,89 %. Já em relação às características atuais de ensino, as 3 principais respostas em geral foram: aulas expositivas com 18,17 %, uso de Power Point com 16,49 % e uso de lousa para explicar conteúdos com 14,08 %.

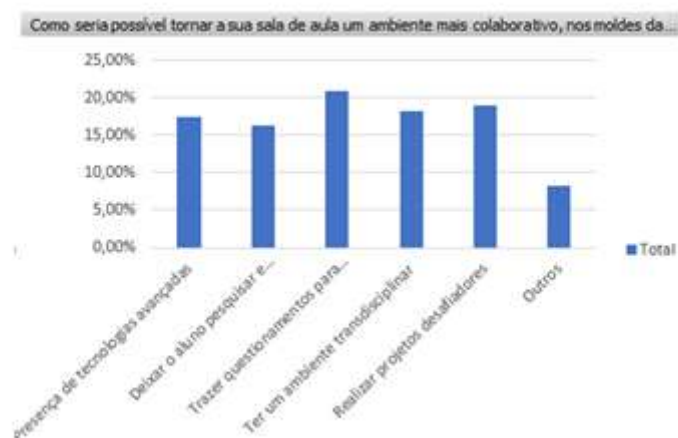
Nas questões 5 e 6, foi perguntado aos professores o quanto eles conhecem sobre a Indústria 4.0 e sobre Educação 4.0. Foi possível perceber que 59,88 % dos respondentes têm um conhecimento parcial sobre a Indústria 4.0. Em segundo lugar, vêm os respondentes com desconhecimento pleno, que representam 17,9 % do número total de respostas.

Há também 12,35 % de respondentes com desconhecimento parcial sobre o assunto. Já em relação à Educação 4.0, percebe-se que 46,3 % dos respondentes têm um conhecimento parcial sobre a Educação 4.0. Em segundo lugar, vêm os respondentes com desconhecimento pleno, que representam 24,69 % do número total de respostas. Há também 16,67 % de respondentes com desconhecimento parcial sobre o assunto.

Nas questões 7 e 8, foi perguntado aos professores como tornar a sala de aula um ambiente mais colaborativo e como desenvolver as competências e habilidades requeridas na Indústria 4.0 nas aulas.

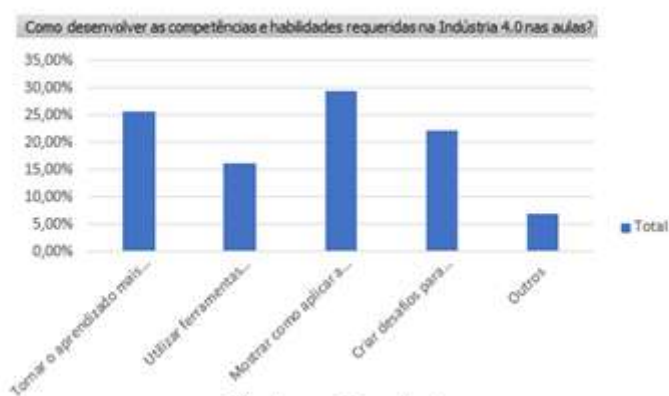


Figura 3 - Como tornar a sala de aula um ambiente mais colaborativo.



Fonte: arquivo próprio.

Figura 4 - Como desenvolver as competências e habilidades requeridas na Indústria 4.0.



Fonte: arquivo próprio.

A partir da figura 3, percebe-se que as respostas sobre como tornar o ambiente de sala de aula mais colaborativo ficaram bastante equilibradas. Em primeiro lugar, ficou a resposta de trazer questionamentos para que o aluno resolva de maneira colaborativa, com 20,87 %. Em segundo, a resposta de realizar projetos desafiadores com 18,91 %. Em terceiro, ter um ambiente transdisciplinar com 18,26 %. As duas últimas ficaram com valores bem próximos, sendo que a resposta presença de tecnologias avançadas ficou com 17,39 % e deixar o aluno produzir conhecimento com 16,3 %.

A partir da figura 4, é possível ver que para desenvolver competências e habilidades requeridas na Indústria 4.0, a resposta com maior importância é a de mostrar como aplicar a matéria à engenharia (indústria), com 29,3 % das respostas. Depois, em segundo lugar, está a resposta de tornar o aprendizado mais prático, com

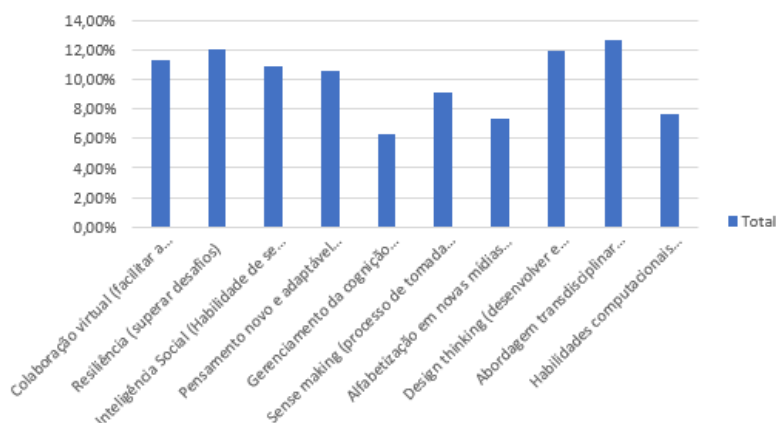
25,54 %. Em terceiro lugar, vem a resposta de criar desafios para desenvolvimento da resiliência e questionamento, com 22,04 %.

Nas questões 9 e 10, foi perguntado aos professores como ter uma sala de aula inteligente poderia ajudar nas aulas e como seria se cada aluno tivesse um material personalizado e pudesse aprender de acordo com as suas limitações. Para entender a importância de uma sala de aula inteligente, foi possível constatar que a resposta com maior importância foi a de conectar alunos com problemas reais, com 27,97 %. Depois disso, em segundo lugar, veio a resposta de fazer aulas mais dinâmicas, com 22,69 % das respostas.

Em terceiro lugar, a resposta de fomentar a interação e o trabalho em grupo teve 22,25 % das respostas. No quesito de ter um material personalizado para cada aluno, percebe-se que 32,10 % dos professores consideram isso muito bom. Além disso, 28,1 % dos professores consideram boa a presença desse material. Outros 26,54 % dos professores consideram mediano o fato de ter um material personalizado para cada aluno. Na questão 11, foi perguntado aos professores se faria sentido ter uma interação entre a sala de aula e a indústria, para que os alunos pudessem desenvolver conhecimentos teóricos na prática, a partir da fábrica de aprendizado. Sabe-se que 47,53 % dos respondentes disseram que talvez seja interessante a interação de cada aula com a indústria a partir da fábrica de aprendizado, enquanto 43,21 % dos respondentes disseram que essa interação seria sim interessante.

Na questão 12, foi perguntado quais competências dos engenheiros 4.0 os professores poderiam desenvolver a partir do ensino de engenharia 4.0, com sala de aula inteligente, ambiente colaborativo e maior interação com a indústria.

Figura 04 - Competências dos engenheiros 4.0.



Fonte: arquivo próprio.

A partir da figura 05, é possível perceber que as respostas foram muito equilibradas, sendo todas muito próximas. As quatro alternativas mais respondidas foram, na ordem: abordagem transdisciplinar, com 12,68 %, resiliência, com 12,07 %, design thinking, com 11,95 % e colaboração virtual com 11,34 %.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O tema de Educação 4.0 é de extrema relevância, visto que as mudanças tecnológicas estão acontecendo de forma cada vez mais rápida e é importante que o profissional de engenharia esteja capacitado para se adequar às mudanças que vão aparecer na indústria, para que ela também se adapte nos moldes da Indústria 4.0.

A partir das respostas do questionário, foi possível perceber que o modelo de educação atual de engenharia ainda está nos moldes da Educação 1.0, em que as estruturas das universidades ainda deixam a desejar e as aulas são muito expositivas, seja por utilização de power point ou lousa para explicar os conteúdos.

Além disso, foi possível perceber que os respondentes do questionário têm um conhecimento parcial sobre os tópicos de Indústria 4.0 e Educação 4.0, sendo que o primeiro é mais conhecido e mais difundido no meio acadêmico. Outra percepção do estudo feito foi a respeito de elementos importantes na Educação 4.0.

Foram citados elementos de integração da sala de aula com a indústria, ter projetos mais desafiadores e maior colaboração entre os alunos, fatores bastante importantes no conceito de Educação 4.0. Em resumo, muitos dos principais aspectos de melhoria citados nos moldes da Educação 4.0 foram levantados, mas ainda falta a presença de tecnologia mais avançada nas universidades e mudança de mindset por parte dos professores, acompanhados de treinamentos diversos sobre essa nova concepção de ensino.

## REFERÊNCIAS

BENEŠOVÁ, A.; TUPA, J. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 2195–2202, 2017.

CIOLACU, M.; SVASTA, P. M.; BERG, W.; POPP, H. Education 4.0 for tall thin engineer in a data driven society. In: 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2017 - Proceedings, Constanta. **Anais...** Constanta: IEEE, 2017a.

CIOLACU, M.; TEHRANI, A. F.; BEER, R.; POPP, H. Education 4.0 – Fostering Student's Performance with Machine Learning Methods. In: 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, SIITME 2017 - Proceedings, Constanta. **Anais...** Constanta: IEEE, 2017b.

GERSTEIN, J. Moving from Education 1.0 Through Education 2.0 Towards Education 3.0. In: **Experiences in Self-Determined Learning**. [s.l.] CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014. p. 83–98.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Koloa. **Anais...** Koloa: IEEE, 2016.

KOLESNICHENKO, E. A.; RADYUKOVA, Y. Y.; PAKHOMOV, N. N. The Role and Importance of Knowledge Economy as a Platform for Formation of Industry 4.0. In:

KOLESNICHENKO, E. A.; RADYUKOVA, Y. Y.; PAKHOMOV, N. N. (Ed.). **Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century**. [s.l.] Springer International Publishing, 2018. p. 73–81.

KOTHARI, P.; CHATTERJEE, A. Education 3.0 and beyond: A learner-led experience of education. In: 22nd International Conference on Computers in Education, Nara. **Anais...** Nara: 2014.

OKADA, A.; BARROS, D. Os estilos de coaprendizagem para as novas características da Educação 3.0. In: VIII International Conference on ICT in Education – Challenges 2013, Braga. **Anais...** Braga: 2013.

PUNCREOBUTR, V. Education 4.0: New Challenge of Learning. **St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences**, v. 38, n. 10, p. 1064–1069, 2016.

RAMIREZ-MENDOZA, R. A.; MORALES-MENENDEZ, R.; IQBAL, H.; PARRA-SALDIVAR, R. Engineering Education 4.0: - proposal for a new Curricula. In: IEEE Global Engineering Education Conference, Tenerife. **Anais...** Tenerife: IEEE, 2018.

# CAPÍTULO 06

## LAYOUT EM AMBIENTE PEDAGÓGICO.

### **Jean de Aguiar Seabra**

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Endereço: Av. Horácio Macedo, 2030 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

E-mail: bio\_jean@hotmail.com

### **Carlos Alberto Nunes Cosenza**

Pós - Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade de Cambridge.

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Endereço: Av. Horácio Macedo, 2030 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

E-mail: cosenzacoppe@gmail.com

### **Jéssica da Silva Alves de Pinho**

Doutora em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Instituição: CEFET – RJ

Endereço: Rua Voluntários da Pátria, 30 – Belo Horizonte, Valença – RJ

E-mail: jessicapinho03@gmail.com

### **Luis Cláudio Bernardo Moura**

Pós doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Horácio Macedo, 2030 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

E-mail: slmoura10@ig.com.br

### **Rodrigo Ventura da Silva**

Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Horácio Macedo, 2030 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

E-mail: rodrigo.silva@rj.senac.br

### **Thamara França do Carmo Torres**

Doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ)

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Horácio Macedo, 2030 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

E-mail: thamara@pet.coppe.ufrj.br

**RESUMO:** O presente estudo buscou demonstrar o quão significativo pode ser o arranjo físico para a qualidade da transmissão do conhecimento em instituições de ensino. Desta forma, foram explicitados neste artigo os diversos tipos de arranjos físicos, informações sobre a criação de ambientes pedagógicos e padrões de configuração de sala de aula, com o objetivo de buscar o layout que melhor atenda as especificidades do ambiente de ensino. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica através da contribuição de diversos autores, a fim de dar embasamento teórico quanto à importância que o correto layout de uma sala de aula pode ter para o processo de ensino-aprendizagem e para a criação de espaços pedagógicos. Chegou-se a conclusão que a escolha do correto arranjo físico pode trazer significativos aumentos de eficácia e eficiência na transmissão de conteúdo, assim como no fluxo de pessoas, no bem-estar dos atores que compõe o ambiente de ensino e na qualidade do ensino ofertado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Layout; Ensino; Sala de aula.

**ABSTRACT:** This study aimed to demonstrate how significant the physical arrangement can be for the quality of knowledge transmission in educational institutions. Thus, in this article were explained the various types of physical arrangements, information on the creation of pedagogical environments and classroom configuration patterns, in order to seek the layout that best meets the specificities of the teaching environment. A bibliographic research was carried out through the contribution of several authors, in order to give theoretical basis as to the importance that the correct layout of a classroom can have for the teaching-learning process and for the creation of pedagogical spaces. It was concluded that the choice of the right physical arrangement can bring significant increases in effectiveness and efficiency in the transmission of content, as well as in the flow of people, the well-being of the actors that make up the teaching environment and the quality of teaching offered.

**KEYWORDS:** Layout; Teaching; Classroom.

## 1. INTRODUÇÃO

A maneira no qual se dá a utilização do espaço físico de uma sala de aula de uma instituição de ensino, a sua organização e o melhor arranjo físico do mobiliário podem gerar um aumento na eficácia e na eficiência em que se desenrola a comunicação e, dessa forma, estimular uma melhoria na qualidade do ensino.

Há uma expectativa que ambientes diversificados levem ao favorecimento de diferentes tipos de interações. Neste caso, professor e aluno possuem papel fundamental na organização dos espaços onde há o processo educacional, criando o fluxo de pessoas e informações de tal ambiente, o que pode impactar diretamente na qualidade do ensino prestado por uma instituição e na disseminação de conhecimento e saberes.

Estudos na área pedagógica mostram que as instituições de ensino, visando aumentar a qualidade de ensino na relação professor-aluno, acabam tendo uma maior atenção com a pedagogia de ensino empregada em sala de aula, minimizando ou excluindo o impacto que o correto layout possa ter nesses ambientes, gerando indiretamente, obstáculos ao alcance de seus objetivos. Desta forma, pode haver um incremento na pedagogia do ensino quando o espaço físico proporcionar melhores condições, gerando um ambiente que estimule o aumento da qualidade no processo de ensino-aprendizagem.

O ambiente empresarial já possui maior experiência no estudo e implantação dos diferentes layouts, pois sabe que com a escolha do correto arranjo físico pode-se gerar resultados muito expressivos no aumento da produtividade e eficiência. Há uma grande variedade dentre os tipos de layout, sendo que cada um deles só será escolhido quando for o mais adequado para empresa, pois cada layout possui suas próprias características para o correto fluxo de materiais, pessoas e informações, assim como evitar desperdícios e encontrar gargalos.

O presente estudo busca através de revisão bibliográfica apresentar o impacto que um layout pode possuir sobre a educação e qualidade do processo de ensino-aprendizagem. Para tanto identifica os diferentes tipos de arranjos físicos e outras características do layout de uma sala de aula que possam influenciar no processo de aprendizagem.

## 2. DESENVOLVIMENTO

Arranjo Físico pode ser definido como uma forma de recurso para organização de pessoas, materiais, setores e instalações de uma determinada instituição. Para Chiavenato (2005) o arranjo físico é a maneira com o qual os recursos produtivos distribuem-se o mais adequadamente possível ao longo do processo produtivo de uma manufatura. De acordo com Peinado e Graeml (2007), trata-se da parte com maior visibilidade e exposição para a grande maioria das organizações. Quando há uma estruturação eficaz do arranjo físico, consegue-se uma melhoria significativa nos resultados de desempenho e produtividade. Tais aspectos influenciam notoriamente na maneira de conduzir o gerenciamento da organização.

Slack, Chambers e Johnston (2009) e Moreira (2008) afirmam que a determinação do arranjo físico para uma empresa está ligada à organização de seus setores e instalações, de forma que haja entre eles troca de informações relativas à totalidade das atividades, considerando que em todo o processo produtivo há uma dependência da interação entre os setores. Sob tal prisma, pode-se afirmar que o arranjo físico influenciará diretamente no fluxo e no desempenho das atividades de uma operação, devendo ser implantado a fim de alcançar seus objetivos, estratégias e as necessidades da empresa.

A determinação pelo melhor tipo de arranjo físico está intimamente ligada à necessidade de cada organização, que segundo Sales *et al.* (2012), é necessário avaliar: a natureza da operação; o tipo de produto a ser transformado ou o tipo de serviço a ser realizado; o tipo de movimentação de pessoas desejada dentro do sistema como um todo; o fluxo de troca de informações entre pessoas e setores; e a circulação de materiais dentro desse sistema.

Para a obtenção do arranjo físico adequado a cada tipo de operação, a tomada de decisão deve ser fundamentada em um planejamento sólido e com alto grau de detalhamento. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) podem-se distinguir quatro tipos principais de arranjos físicos dos quais a maioria dos layouts se ramifica, sendo estes: posicional ou de posição fixa, linear ou por produto, funcional ou por processo e celular.

Neumann e Scalice (2015) afirmam que o arranjo posicional, também denominado como layout fixo, é considerado dentre os variados tipos de layout o mais básico e, normalmente, sua utilização se dá quando o produto possui grandes dimensões, o que impossibilita ou dificulta o seu deslocamento. Neste layout temos



como grande caracterização o fato de que o material a ser transformado mante-se parado, sendo que é a mão de obra e os equipamentos se deslocam ao seu redor. Usualmente temos este layout associado a produtos muito grandes e produzidos em pequenas quantidades (VIEIRA, 1976).

De acordo com Peinado e Graeml (2007) as principais vantagens do arranjo físico posicional são: a usual não movimentação do produto e a possibilidade de uma eventual terceirização, com prazos bem fixados, de parte do projeto ou dele como um todo. Os mesmos autores pontuam que as principais desvantagens são que há um maior grau de complexidade na supervisão e controle do processo produtivo, além da necessidade de utilização de áreas externas para a produção.

Já para o layout por produto, também conhecido como em linha, temos a organização da produção de maneira que favoreça a devida circulação dos recursos a serem transformados. Vieira (1976) afirma que este tipo de arranjo físico normalmente é o aplicado em fábricas de montagem. A organização das máquinas se dá segundo a sequência de operações que serão realizadas. O maquinário permanece fixo, enquanto o material a ser transformado se movimenta. Este arranjo físico é indicado para instalações que produzam um número de produtos em pequena diversidade, mas em grande quantidade. Podemos exemplificar as indústrias automobilísticas (MOURA, 2008).

Segundo Peinado e Graeml (2007), este tipo de layout foi idealizado nas fábricas de linha de montagem de Henry Ford. As máquinas, os equipamentos ou as estações de trabalho tem sua alocação segundo sequência de montagem, sem a existência de algum caminho alternativo para o fluxo produtivo. Desta maneira, possibilita a obtenção de um rápido fluxo para a fabricação de produtos padronizados. Outras vantagens a serem citadas são os diminutos custos unitários para a empresa o que gera uma alavancagem operacional, a otimização nos movimentos de materiais ou clientes e, ainda, a existência de equipamentos mais especializados ao processo de produção. Dentre desvantagens podem ser citadas o elevado grau de repetição do trabalho, a baixa flexibilidade no mix de produtos, além do elevado custo fixo.

Outro arranjo físico a ser citado é o funcional, que também é denominado de departamental, ou por processo ou ainda como *job shop*. Slack, Chambers e Johnston (2002) descrevem como característica fundamental deste tipo de layout o fato de que operações de uma mesma natureza se encontram agrupadas.

Para Peinado e Graeml (2007) as vantagens deste tipo de arranjo físico são seu alto grau de flexibilidade no atendimento de demandas, a qualidade no atendimento de produtos diversificados em quantidades variáveis ao mesmo tempo, a robustez contra interrupção de etapas e a fácil supervisão de instalações e equipamentos. Como as desvantagens deste tipo de arranjo físico, temos as distâncias percorridas entre cada operação, à baixa utilização de recursos, formação de filas e um fluxo com dificuldades no controle devido à complexidade. Tais pontos podem elevar a complexidade e os custos de maneira proporcional ao tamanho dos lotes (TUBINO, 2007).

Ainda há o arranjo físico celular, caracterizado pelo fato de que os recursos transformados ao entrarem na operação, são previamente selecionados para se movimentarem em uma região específica da operação no qual se encontram a totalidade dos recursos transformadores para o devido atendimento de suas necessidades de processamento (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009) temos como vantagens do layout do tipo celular o bom balanceamento entre flexibilidade e custo para operações com considerável variedade de produtos, tempo de atravessamento curto e aumento da motivação dos colaboradores pelo trabalho em grupo. Dentre as desvantagens há o custo relacionado à reconfiguração do arranjo físico corrente, possível necessidade de capacidade adicional e pode ocorrer a redução no nível de utilização de recursos.

A correta seleção e adequação de um arranjo físico podem gerar algumas mudanças de posicionamento do maquinário ou de produtos, que pode acarretar em novos fluxos de materiais e pessoas em um determinado ambiente. Isto poderá influenciar em uma diversidade de fatores, dentre eles a eficácia da produção (LOPES, 2011 *apud* HONORATO, FERREIRA, CORREIA, 2015), ou, no caso do presente estudo, na eficácia do processo ensino-aprendizagem.

Segundo Alves (2001), em seu Manual de Ambientes Didáticos, há uma busca pela introdução de conceitos e diretrizes que auxiliem na definição de ambientes didáticos. Isto se dá por meio de recomendações, procedimentos e normas, para assim estabelecer um conjunto de conceitos, dados e referências relevantes na reformulação de ambientes didáticos buscando que estes se tornem mais eficientes.

É fundamental para o homem o ambiente de sala de aula, sendo, em geral, o primeiro lugar aonde grande parte da população vem a exercer uma atividade de maneira sistematizada, no qual anos se passam para que ocorra o devido processo

de aprendizagem. Desta maneira, pode-se considerar o mobiliário de sala de aula como um fator de grande relevância e este pode chegar a ter grandes investimentos nas organizações, considerando-se a sua natureza fundamental a fim de que transcorram adequadamente as atividades no ambiente de ensino (OLIVEIRA, 2006).

Considerando-se as questões apresentadas, temos ainda a contínua e crescente preocupação com a qualidade do ensino, tanto por parte dos discentes, quanto por parte dos docentes. Há ainda a preocupação do governo e das empresas em formar profissionais capacitados.

Tal preocupação se deve pelo alto grau de competitividade do mercado, exigindo que os futuros profissionais, obtenham ao longo dos anos de ensino a melhor capacitação possível. É neste cenário que a ligação entre o ambiente de ensino e o seu layout se torna mais evidente, visto que ao se proporcionar o correto layout, há um incremento na transmissão e na absorção do conhecimento dentro das salas de aula e da instituição de ensino como um todo (SEABRA; SOARES; ROSSET, 2017).

As instituições de ensino estão sempre em busca de novos recursos, professores, equipes pedagógicas e funcionários, capacitados da melhor maneira possível, a fim de viabilizarem o correto desenvolvimento dos estudantes ao decorrer da formação acadêmica, ofertando o adequado ambiente de ensino. Há ainda o investimento em acervos de livros, salas de estudo, de informática e laboratórios (BOLFER, 2008).

Mas há a constatação de que apesar dos diversos investimentos na melhoria da qualidade do ensino, a sala de aula como espaço físico e a distribuição dos estudantes por turma, ainda se mostram como obstáculos para que se atinja um alto nível de ensino, pois há um indevido planejamento e gerenciamento dos mesmos. Investimentos em layout e na qualidade ergonômica do mobiliário ainda não são vistos como algo a ser priorizado, pois além de não levarem a resultados tangíveis, são enxergados como custos sem garantia de retorno do investimento (SEABRA; SOARES; ROSSET, 2017).

O ambiente de sala de aula não deve ser apenas funcional, mas deve adicionalmente gerar conforto para todos que a utilizem, sejam eles discentes ou docentes, por se tratar do principal ambiente deste sistema de ensino. Desta forma, deve ser levado em conta todas as suas formas de utilização, considerando-se ainda a quantidade de usuários e as condições ergonômicas (PEREZ, 2002).

A ergonomia pode ser outro ponto de contribuição para o ensino, visto que é fator considerável entre a dinâmica do ambiente e a integração de todas as pessoas que interagem nele, em especial os discentes e os docentes. Tal ponto é relevante, pois a adaptação ergonômica do ambiente de sala de aula permite um maior grau de eficácia na transmissão e na troca de conhecimentos e saberes entre professor e aluno, sendo uma importante ferramenta de auxílio aos procedimentos de ensino-aprendizagem. (WILHELM; MERINO, 2006).

O arranjo do espaço físico utilizado pelo professor em sala de aula trata-se de fator considerável para o seu desempenho, visto que pode afetar de forma positiva ou negativa a maneira como ocorrerá à transmissão da informação, a sua captação e o seu processamento pelos estudantes. Interferências negativas podem vir a deturpar tais informações, inviabilizando a clareza na transmissão das informações pelos professores e podendo chegar ao ponto de fazer com que alunos apresentem dificuldades na assimilação dos conteúdos ministrados em aula (COMIM, 2015).

Para Piccoli, Carneiro e Brasil (2000) é muito importante o estudo e planejamento do arranjo físico de móveis e equipamentos nos ambientes, visto que impacta no conforto e, conseqüentemente, no rendimento das pessoas. Contudo, na visão de Santos (1998), o tema não deve abordar somente quanto à criação das corretas condições de ambiente para aprendizagem do aluno, mas deve também levar em consideração a necessidade de se capacitar tais estudantes para que aperfeiçoem os espaços sociais em que convivem, para assim contribuir na transformação de tais espaços em ambientes de experiência para a aprendizagem coletiva.

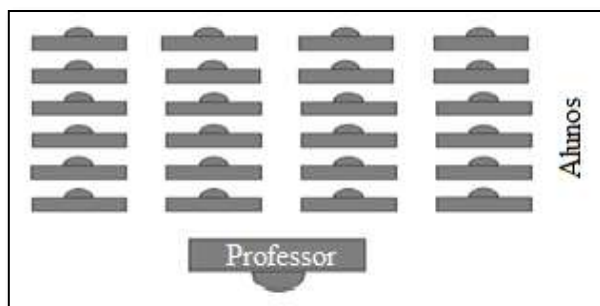
Outro ponto importante é que se os aspectos de movimentação, conforto, atenção, interação entre alunos e professores, e dinâmica da aula não forem atendidos em sua totalidade pelo arranjo físico da sala de aula, é necessário que o espaço seja reorganizado para cumprimento de tal demanda. Isto pode ocorrer, por exemplo, em aulas com atividades em grupo ou em duplas, onde ocorre à necessidade de um rearranjo do espaço para a formação desses subgrupos. Para tal, as cadeiras devem ser movimentadas a fim de atender a esta necessidade momentânea, mas após a finalização da atividade, a sala deve ser organizada de forma a voltar para sua configuração inicial (MUNSBURG; FELICETTI, 2014).

Arends (1997) afirma que há uma diversidade de modelos de ensino e que cada modelo resulta em uma organização espacial da sala de aula, cada qual com suas características específicas. Um destes modelos trata-se do modelo expositivo, que

tem sua representação dada pela Figura 01. Em tal modelo de ensino, há uma priorização pelas instituições em organizar as cadeiras dos estudantes em colunas, estabelecendo uma configuração espacial mais tradicional da sala de aula, que faz com que os alunos concentrem sua atenção apenas no professor, no quadro e/ou na projeção de imagens.

A disposição das cadeiras neste modelo deve se manter em tal configuração, independente da dinâmica ou do tipo da aula, limitando o trabalho cooperativo entre os alunos. O que costuma variar em tal modelo é a posição da mesa do professor, que pode mudar de acordo com o tamanho da sala e da posição da porta, podendo se encontrar mais à esquerda ou à direita da sala.

Figura 05 - organização expositiva.



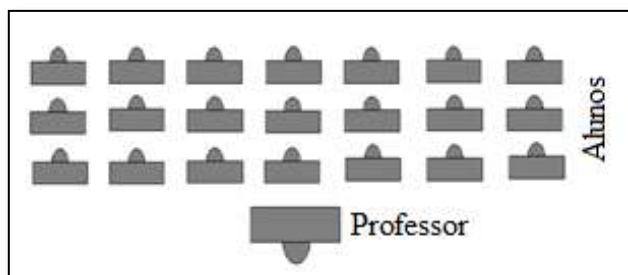
Fonte: Arends (1997).

Temos ainda outro modelo que é explicitado por Arends (1997), tratando-se do modelo de instrução direta. Há uma redução na quantidade de linhas, gerando uma maior proximidade com a figura do professor, o que faz do ambiente mais propício para demonstrações, além de fomentar diálogos e debates entre professores e alunos. Entretanto, esta configuração espacial dificulta a formação de subgrupos para atividades em grupo ou em duplas.

Desta forma, pode-se afirmar que modelo de instrução direta necessita de ambientes de aprendizagem com forte estruturação pelo professor e com orientação para a tarefa (TEIXEIRA; REIS, 2012). Neste modelo de ensino há a necessidade de um envolvimento mais intenso por parte dos alunos e que o ambiente esteja devidamente configurado para maior interação e cooperação entre os estudantes.

Desta forma, é fundamental que se projete o ambiente para deixá-lo o mais horizontal o possível, conforme se pode visualizar pela Figura 02.

Figura 06 - Modelo de instrução direta.



Fonte: Arends (1997).

É importante salientar que o mobiliário usado pelos docentes deve ter a capacidade de acomodar adequadamente todos os materiais didáticos relevantes ao ensino. Já quanto às cadeiras, estas devem gerar o conforto, além de facilitar a mobilidade e o fluxo dos alunos.

Carvalho (2005) afirma que o melhor posicionamento para os alunos se dá quando estes estão de costas para a porta, pois desta forma a movimentação de entrada e saída de pessoas da sala de aula não retira a atenção dos estudantes enquanto o professor dá sua explicação do conteúdo, pois tal configuração evita a movimentação em frente do quadro que não seja a do professor ou a de alunos que estejam apresentando algum trabalho.

Alves (2011) sugere que o posicionamento da porta que dá acesso à sala de aula seja em parede oposta à parede em que se encontra o quadro, buscando impedir que o fluxo de pessoas que entram ou saem da sala não gere distração nos demais, permitindo um melhor andamento da aula.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista dos pontos citados, pode-se perceber a significativa influência que o arranjo físico pode exercer para a correta execução do processo de transmissão de conhecimento dentro da sala de aula. A correta escolha do layout pela instituição de ensino pode impactar na eficiência e na eficácia do processo de aprendizagem.

Percebe-se que a escolha do layout não se trata apenas da correta posição do mobiliário para professores e alunos ou da melhor disposição para o fluxo em sala de aula, mas que se trata da construção de um ambiente que propicie e estimule a propagação do saber, gerando estímulo para todas as partes e acentuando o papel do aluno como construtor do ambiente.

As instituições de ensino possuem o padrão expositivo e o modelo de instrução direta como padrões norteadores para configuração de salas de aula. Estes podem servir como um modelo inicial de sala de aula, mas que devem ser alterados de acordo com a particularidade de cada sala que se deseja projetar, para que as instituições de ensino alcancem suas metas quanto à transmissão do conhecimento, qualidade, conforto, fluxo de pessoas, entre outros indicadores de qualidade de ensino, proporcionando a criação de ambientes pedagógicos adequados e estimulantes.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. R. Manual de ambientes didáticos para graduação: Diretrizes para layout, equipamentos, conforto térmico e acústico. São Paulo: Suprema, 2011.
- ARENDS, R. I. Aprender a ensinar. Lisboa: McGraw-Hill, 1997.
- BOLFER, M. M. M. Reflexões sobre Prática Docente: Estudo de Caso sobre Formação Continuada de Professores Universitários. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2008.
- CARVALHO, V. G. de. Estudo ergonômico de posto de atividade discente em instituição de ensino superior. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.
- CHIAVENATO, I. Administração de materiais: uma abordagem introdutória. São Paulo: Campus, 2005.
- COMIM, A. Sala de Aula: Repensando a Relação entre o Espaço, a Aprendizagem e as Mídias. 2015. 237 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- HONORATO, A.E.O.; FERREIRA, L.A.M.; CORREIA, A.M.M. Estudo sobre o arranjo físico em um setor de materiais para a otimização da produção industrial numa fábrica de cimentos em Mossoró/RN. 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_226\\_26333.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_26333.pdf)>. Acesso em: 09 fev. 2019.
- MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- MOURA, R. A. Armazenagem: do recebimento À Expedição em Almoxarifados ou Centros de Distribuição. 5 ed. São Paulo: Instituto IMAM, 2008.
- MUNSBURG, J. A. S. FELICETTI, V. L. A sala de aula como espaço de formação mútua dos sujeitos. 2014.
- NEUMANN, C.; SCALICE, R. Projeto de Fábrica e Layout. Rio de Janeiro: Campus, 2015.
- OLIVEIRA, J.M. Análise ergonômica do mobiliário escolar visando a definição de critérios. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da Produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicamp, 2007.
- PEREZ, V. A influência do mobiliário e da mochila escolar nos distúrbios músculo-esqueléticos em crianças e adolescentes. 2002. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- PICCOLI, G. S.; CARNEIRO, J. C. D.; BRASIL, P. C. G. A importância da integração layout ao espaço. Revista Virtual de Ergonomia Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.



SALES, R. A.; JÚNIOR, A. S.; SOUSA, R. C.; SANTOS, J. M. S. Uma Avaliação comparativa de estratégias de arranjo físico para a fabricação de lanchas metálicas. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, COSTA AFUERA E INGENIERÍA PORTUARIA, 23, 2013, Venezuela. Libro de Ponencias y Conferencias.

SANTOS, M. A. Escola Aprendiz: Os novos Espaços de aprendizagem. 1998. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SEABRA, J. A.; SOARES, M.; ROSSET, A.B. Estudo Ergonômico e do Arranjo Físico da Sala 302 da Universidade Cândido Mendes – Campi Bangu. 2017. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TEIXEIRA, M. T. e REIS, M. F. A Organização do Espaço em Sala de Aula e as Suas Implicações na aprendizagem Cooperativa. Meta: Avaliação, Rio de Janeiro, v.4, n. 11, p. 162 – 187, maio/ago. 2012.

TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2007.

VIEIRA, A. C. Manuais CNI: Layout. Rio de Janeiro: Apex, 1976.

WILHELM, L.; MERINO, E. A. D. A ergonomia e o trabalho docente: reflexões sobre as contribuições da ergonomia na educação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26, 2006, Fortaleza. Anais.

# CAPÍTULO 07

## CONSEQUÊNCIAS DA RESTRIÇÃO DO CAMPO VISUAL SUPERIOR.

### **Humberto Dória Silva**

Doutor em Engenharia Química Doutorado em Génie Des Procédés pelo Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy França

Instituição: Universidade federal de Pernambuco

Endereço: rua general Polidoro, 512, Apt. 501, - Várzea, Recife – PE, Brasil, CEP: 50740-050

E-mail: hdoria@ufpe.br

### **Eduardo Dória Silva**

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: rua Visconde de Barbacena, 450, Apt. 201, - Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, CEP: 50.740-455

E-mail: eduardo.silva@ufpe.br

### **Maria Tamires Dória Silva**

Fisioterapeuta pela Universidade Católica de Pernambuco

Instituição: Profissional Liberal

Endereço: rua Demóstenes Gomes, 175, Engenho do Meio, Recife - PE, Brasil, CEP: 50730-005

E-mail: tamires.doria88@gmail.com

### **Cristiana Pereira Dória**

Bióloga pela Universidade Católica de Pernambuco

Matemática pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Profissional Liberal

Endereço: rua general Polidoro, 512, Apt. 501, - Várzea, Recife – PE, Brasil, CEP: 50.740-455

E-mail: crisapdoria@yahoo.com.br

### **Cristiane Pereira Dória**

Engenheira de Produção pela Faculdade Boa Viagem

Matemática pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Profissional Liberal

Endereço: rua general Polidoro, 512, Apt. 501 - Várzea, Recife – PE, Brasil, CEP: 50.740-455

E-mail: cristianepereiradoria@yahoo.com.br

**RESUMO:** Demonstrar como a restrição, do campo visual superior, pode estimular diversas patologias oculares, inclusive, causar linhas de expressão, além de recomendar a realização do procedimento cirúrgico de elevação do supercílio, como cirurgia plástica corretiva, a partir do depoimento de um paciente entrevistado. Este é um trabalho do grupo de pesquisa “Transferência de massa em meio poroso flexível”,

criado no CNPq, em 2011, com o objetivo de pesquisar o mecanismo de transferência de massa, por convecção forçada, em meio poroso flexível, para fortalecer o trabalho analítico de recuperação física da visão humana, que estava sendo desenvolvido, pelo primeiro autor deste trabalho, desde 1998.

**PALAVRAS-CHAVE:** Linhas de expressão na testa; Erro de refração; Blefaroplastia; Cirurgia plástica corretiva; Elevação do supercílio

**ABSTRACT:** Demonstrating how the restriction of the upper visual field can stimulate various ocular pathologies, including causing lines of expression, in addition to recommending the surgical procedure for lifting the eyebrow, such as corrective plastic surgery, from the testimony of an interviewed patient. This is a work of the research group “Mass Transfer in Flexible Porous Media”, created at CNPq in 2011, with the aim of researching the mechanism of forced convection mass transfer in flexible porous medium to strengthen the work. analysis of the physical recovery of human vision, which was being developed by the first author of this work since 1998.

**KEYWORDS:** Forehead expression lines; Refractive error; Blepharoplasty; Corrective plastic surgery; Eyebrow Elevation.

## **1. INTRODUÇÃO**

Em 2011 foi criado, no CNPq, o grupo de pesquisa “Transferência de massa em meio poroso flexível”, com o objetivo de analisar o mecanismo de transferência de massa intraocular, por convecção forçada, para fortalecer o trabalho analítico de recuperação física da visão humana, que estava sendo desenvolvido, pelo primeiro autor, desde 1998.

Neste trabalho é demonstrado, como a restrição do campo visual superior, pode estimular diversas patologias oculares, inclusive, causar linhas de expressão, além de recomendar a realização do procedimento cirúrgico de elevação do supercílio, como cirurgia plástica corretiva, a partir do depoimento de um paciente entrevistado.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A equipe realizou estudo bibliográfico dos sintomas descritos nas entrevistas realizadas com diversos amigos e colegas, além das percepções do primeiro autor, durante o período de recuperação de sua visão. Não há necessidade do parecer do comitê de ética, porque não foi necessário qualquer procedimento invasivo e os exercícios foram realizados sob a responsabilidade da própria pessoa.

Na normalidade ocular, o olho tem os movimentos de adução e abdução, em torno do eixo vertical, sursundução e deorsundução, em torno do eixo transversal (Bicas H. E. A., 2003) e acomodação da córnea, para fazer a fusão das imagens, (Silva H. D. et al., 2018). Este último movimento produz as condições físicas, para transferência de massa, por meio da convecção forçada intraocular, que agita e uniformiza as concentrações dos compostos da massa móvel, estimulado pelo processamento das imagens que chegam ao cérebro.

A falha, deste movimento, causa acúmulo dos resíduos metabólico, provoca aglutinações dos resíduos, por desidratação, e, em consequência, modifica a refração intraocular, criando patologias oculares em forma de sintomas (entre outros, miopia e astigmatismo), geometria (formato ocular) e movimentos, (exciclodução ou extorção e de inciclodução ou intorção em torno do eixo longitudinal ou anteroposterior (Bicas H. E. A., 2003, Silva H. D. et al., 2019)).

Ptose palpebral é uma alteração anatômica caracterizada pelo posicionamento da pálpebra superior abaixo de sua posição normal, que está localizada cerca de 2 mm abaixo do limbo superior na posição primária do olhar, (Lucci L. M. D. et al., 2009). É uma afecção palpebral bastante frequente, podendo gerar problema estético e

funcional, à medida que produz restrição do campo visual superior ou oclusão do eixo visual, levando a posição viciosa de cabeça e pescoço, (Carregal T. B. et al., 2012).

A ptose do supercílio é alteração frequente, porém geralmente subdiagnosticada. A melhor maneira de definir a ptose do supercílio é quando ele se encontra abaixo do rebordo orbitário (Schmit G. L. et al. 2011).

**Exposição do sofrimento de um paciente:** O paciente procurou um oftalmologista porque estava com redução da abertura da fenda palpebral. O médico explicou, condicionando, o trabalho, ao custeamento da cirurgia para elevação do supercílio, e, em seguida, realizar a blefaroplastia, porque o plano de saúde considera como estética, a cirurgia de elevação do supercílio.

O paciente procurou outro profissional que realizou a cirurgia de ptose palpebral em abril de 2016. Após dois anos e dez meses, o paciente procurou outro oftalmologista para mostrar a restrição do seu campo visual superior. O oftalmologista solicitou e o plano de saúde aprovou o procedimento cirúrgico “supercílio - reconstrução total”, código 30301220. O paciente aguarda a realização do procedimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens projetadas nas retinas são utilizadas para o controle ocular da estereopsia e projetar o ponto de fixação nas fóveas. Este controle produz constantes movimentos oculares que provocam agitação e favorece a transferência de massa, por convecção forçada, dos meios móveis da córnea, do cristalino e da retina. A ptose congênita e a ptose adquirida prejudicam as projeções das imagens nas retinas, logo, provoca falhas nos movimentos de agitação e transferência de massa, e, conseqüentemente, acumula resíduos metabólicos, nas regiões ocluídas, da córnea, do cristalino e da retina, causando erros de refração, entre muitas outras patologias.

A ptose palpebral adquirida pode ser resultante da oclusão lenta, gradual e involuntária, da região superior da pupila, para reduzir as refrações patológicas intraocular, promovida pelo acúmulo de resíduos metabólicos intraoculares, ou pela restrição do campo visual superior (queda de supercílio).

A queda de supercílio, pode impedir a passagem da luz através da córnea, e causar, inicialmente e inconscientemente, movimentos constantes e repetitivos, do músculo frontal (testa), para elevação do supercílio quando há redução o empecilho à passagem luminosa. Naturalmente, provoca rugas, dinâmicas ou de repouso. A ptose

congenita e a ptose adquirida podem ocorrer de forma combinada com a queda de supercílio. Neste caso, a pálpebra superior, além de sua borda ficar situada abaixo da posição normal, ela recebe um material adicional procedente do supercílio. Naturalmente, a cirurgia de levantamento da pálpebra é insuficiente para solucionar a patologia, principalmente, se o paciente apresentar rugas frontais, que são oriundas dos esforços inconscientes, para restabelecer a amplitude do campo visual superior.

#### **4. CONCLUSÕES**

A eliminação da causa, seguramente, elimina os efeitos, ou seja, a cirurgia de elevação do supercílio, para recuperar o campo visual superior, certamente, reduzirá e até eliminará as rugas da testa, mas, a eliminação ou redução das rugas, não pode ser o critério para considerar a cirurgia como estética. A queda do supercílio quando ele se encontra abaixo do rebordo orbitário, aliada as rugas da testa é, conforme a exposição, suficiente para a cirurgia “supercílio - reconstrução total”, código 30301220, independente da ptose palpebral, para retirada da massa depositada sobre a pálpebra superior e recuperar a perda do campo visual superior, evidenciada pela formação das rugas. Logo após a cirurgia do supercílio, pode incluir a blefaroplastia, se borda da pálpebra superior estiver abaixo da posição normal.

#### **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por ter ajudado o primeiro autor nos longos anos de sofrimentos, causados pelo médico, que recomendou a viagem de avião sua mãe, 15 dias antes do nascimento do paciente, que o levou a ser um analítico observador dos eventos em seu próprio corpo. Em adição, por ajudar a todos coexistir, durante os danos causados pelas decisões políticas e econômicas do país. Ao Marcos, irmão dos dois primeiros autores, que, em 1999, mostrou a importância do relaxamento oculomotor para o tratamento da vista, em um livro de autoajuda. Aos colegas, dos dois primeiros autores, membros do ANDES-SN Sindicato Nacional e, também, aos colegas membros da Seção Sindical ADUFEPE, que, durante os intervalos dos encontros sindicais, proveu importantes ajudas científicas para a pesquisa. A todos os amigos, colegas e membros da família entrevistados que contribuíram direta ou indiretamente para pesquisa. Nenhuma instituição pública ou privada participou com ajuda financeira, para a publicação deste trabalho. Todos os autores concordam com os agradecimentos.

## REFERÊNCIAS

BICAS H. E. A., **Oculomotricidade e seus fundamentos**, Arq. Bras. Oftalmol. 2003;66:687-700  
Carregal T. B., et al., **Ptose palpebral: avaliação do posicionamento palpebral por imagens digitais**, Ver. Bras. Oftalmol. 2012; 71 (1): 18-22.

SCHMIT G. L., et al., **Correção da ptose da sobrancelha por via transpalpebral associada a retalho periostal**, Rev. Bras. Cir. Plást. 2011; 26(supl): 1-102.

LUCCI L. M. D., et al., **Transposição da rima palpebral em ptose miogênica mitocondrial**, ArqBras Oftalmol. 2009;72(2):159-63.

SILVA H. D., et al., **Analysis of the Disturbances Caused by Intraocular Forced Convection Mechanism Failure**, Capítulo 3, Zilfyan A., Livro, **Difficulties in Cataract Surgery**, IntechOpen, Londres, 2018,3:45-64,.

SILVA H. D., et al., Movimento oculomotor e algumas patologias, Capítulo 4, Sabrina P. M., Livro Teorias e métodos da biofísica [recurso eletrônico], Ponta Grossa – PR, Atena Editora, 2019, 36-42, <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/03/E-book-Teorias-e-M%C3%A9todos-da-Biof%C3%ADsica.pdf>.

## CAPÍTULO 08

UMA ANÁLISE DE FATORES NA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE GESTÃO DA QUALIDADE DA SÉRIE DE NORMAS ISO 9000 EM UMA ORGANIZAÇÃO AGROINDUSTRIAL.

### **André Luiz Corrêa**

Mestre em Administração pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição de atuação atual: UNESP  
Endereço: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Via de Acesso Prof Paulo Donato Castellane s/n – Jaboticabal/SP – CEP: 14884-900  
E-mail: andreluizcorrea@outlook.com

### **Glaucia Aparecida Prates**

Doutora em Engenharia de Produção e Sistemas- UFSC  
Instituição de atuação atual: UNESP  
Endereço: Campus Experimental de Itapeva- Rua Geraldo Alckmin, 519. Itapeva. SP. CEP: 18409010  
E-mail: g.prates@unesp.br

### **Lesley Carina do Lago Attadia Galli**

Doutora em Administração pela FEA - USP  
Instituição de atuação atual: UNESP  
Endereço: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Via de Acesso Prof Paulo Donato Castellane s/n – Jaboticabal/SP – CEP: 14884-900  
E-mail: lesley.attadia@unesp.br

### **Antonio Francisco Savi**

Doutora em Engenharia de Produção Mecânica- USP  
Instituição de atuação atual: UNESP  
Endereço: Campus Experimental de Itapeva- Rua Geraldo Alckmin, 519. Itapeva. SP. CEP: 18409010  
E-mail: antonio.savi@unesp.br

### **Rafael Altafin Galli**

Mestre em Direito pela UNAERP  
Instituição de atuação atual: Centro Universitário Estácio de Ribeirão Preto  
Endereço: Rua Abrahão Issa Halach, 980, Ribeirão Preto/SP – CEP: 14096-160  
E-mail: rafaelaltafin@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo desta pesquisa foi identificar em que grau os princípios de gestão da qualidade da série de normas ISO 9000 estão inter-relacionados em uma organização agroindustrial. Além disso, este estudo busca reduzir o conjunto inicial de vinte e uma variáveis para poucas variáveis que expliquem como esses princípios de gestão estão inter-relacionados. Foi realizado um estudo de caso em uma organização agroindustrial certificada ISO 9001 envolvida na cadeia de suprimentos sucroenergética. O instrumento de coleta de dados foi elaborado tendo como referência a norma ISO 10014. Foi calculado o coeficiente de Cronbach sendo obtido um valor de  $\alpha=0,94$ , demonstrando forte consistência interna no questionário. Foram



obtidas 98 respostas completas que foram analisadas por meio de técnicas estatísticas descritivas e multivariadas. Para as análises estatísticas foram utilizados os softwares Excel® 2016 e Statistica® 7.0. Por meio da análise de fatores as vinte e uma variáveis iniciais foram reduzidas a dois fatores, que foram denominados gestão de processos e gestão de pessoas. Conclui-se que os objetivos da pesquisa foram plenamente alcançados demonstrando a eficácia da aplicação de técnicas multivariadas para compreensão de fenômenos resultantes da ação de variáveis inter-relacionadas. A redução das vinte e uma variáveis iniciais para dois fatores distintos entre si possibilita ao gestor maior eficiência na tomada de decisões estabelecendo planos de ações mais assertivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão da qualidade. Princípios de gestão da qualidade. Normas ISO 9000. Análise multivariada de dados. Análise de fatores. Análise de componentes principais.

**ABSTRACT:** The objective of this research was to identify the degree to which the quality management principles of the ISO 9000 series are interrelated in an agroindustrial organization. In addition, this study seeks to reduce the initial set of twenty-one variables to a few variables that explain how these management principles are interrelated. A case study was carried out in an ISO 9001 certified agroindustrial organization involved in the sugarcane supply chain. The data collection instrument was elaborated with ISO 10014 as a reference. The Cronbach coefficient was calculated and a value  $\alpha=0,94$  was obtained, showing a strong internal consistency in the questionnaire. 98 complete answers were obtained, which were analyzed using descriptive and multivariate statistical techniques. For the statistical analyzes, the software Excel® 2016 and Statistica® 7.0 were used. Through the analysis of factors, the twenty-one initial variables were reduced to two factors, which were called process management and people management. It is concluded that the objectives of the research were fully achieved demonstrating the effectiveness of the application of multivariate techniques to understand phenomena resulting from the action of interrelated variables. The reduction of the twenty-one initial variables to two different factors allows the manager greater efficiency in decision-making by establishing more assertive action plans.

**KEYWORDS:** Quality management. Quality management principles. ISO 9000 standards. Multivariate analysis of data. Factor analysis. Principal component analysis.

## **1. INTRODUÇÃO**

Se até algumas décadas passadas investir em gestão da qualidade podia ser considerado como uma estratégia que criava vantagens competitivas para as organizações, hoje o mesmo não pode ser dito. Cada vez mais cada vez mais as empresas têm buscado alcançar uma posição de destaque no ambiente competitivo globalizado (GOHR; FAUSTINO, 2017).

Para a implementação de um sistema de gestão da qualidade é recomendado que seja utilizado um modelo de referência (TOLEDO et al., 2012). Há diversos tipos de modelos de referência para a gestão da qualidade, dentre os quais destacam-se os modelos normativos, modelos corporativos, modelos de excelência de gestão e modelos teóricos propostos por autores (TOLEDO et al, 2012; SINGH; SMITH, 2006). Cabe à organização decidir-se por qual tipo de modelo de referência adotar, considerando, principalmente, as exigências de seus clientes e seus interesses estratégicos.

No contexto desta pesquisa o modelo de referência considerado está estabelecido na norma ABNT NBR ISO 9001:2015, que é um modelo de referência amplamente difundido é proposto pela entidade normativa ISO (CB-25, 2017; ISO, 2017). A pesquisa investiga em que grau os princípios de gestão da qualidade estabelecidos na norma ISO 9000 estão inter-relacionados e implementados, buscando reduzi-los a fatores latentes por meio da técnica estatística multivariada conhecida como análise de fatores.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A série de normas ISO 9000 é assim conhecida porque trata-se de um trio de normas: ISO 9000, ISO 9001 e ISO 9004. Cada uma dessas normas possui a sua especificidade.

A norma ISO 9000 apresenta os princípios norteadores de gestão da qualidade para a série de normas (ABNT, 2015 a). A norma ISO 9001 apresenta requisitos para que um sistema de gestão da qualidade seja implementado e mantido de forma eficaz (ABNT, 2015b). Enquanto a ISO 9001 possui como foco alcançar a satisfação do cliente por meio da eficácia do sistema de gestão da qualidade, a ISO 9004 tem um foco mais abrangente, pois essa norma propõe que as ações executadas levem em consideração além dos clientes, a satisfação dos acionistas, empregados, sociedade, fornecedores etc (ABNT, 2010).

## 2.1 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DA QUALIDADE E BENEFÍCIOS DE SUA IMPLEMENTAÇÃO

Segundo a ABNT (2015a, p.1), os princípios de gestão da qualidade “[...] fornecem à organização a capacidade para enfrentar os desafios apresentados por um ambiente que é profundamente diferente a partir das últimas décadas”. A norma ISO 9000 sustenta ainda que no contexto atual, caracterizado pela mudança acelerada, globalização dos mercados e o advento do conhecimento como principal recurso o impacto da qualidade se estende para além da satisfação do cliente, podendo impactar diretamente a reputação da organização (ABNT, 2015a).

Segundo a ABNT (2015a), os princípios de gestão da qualidade são foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas, abordagem de processo, melhoria, tomada de decisão baseada em evidência e gestão do relacionamento. Os princípios da gestão da qualidade são inter-relacionados e nenhum princípio individual pode ser considerado mais importante do que outro (ABNT, 2015a).

A aplicação dos princípios de gestão da qualidade estabelecidos na norma ISO 9000 contribui para que o sistema de gestão da qualidade implementado alcance melhores resultados, o que, por sua vez, leva à organização a melhores resultados (FONSECA e DOMINGUES, 2017). Mas, como esses princípios não se constituem de requisitos eles não podem ser implementados diretamente nos processos de negócio. Entretanto, os benefícios da adoção dos princípios de gestão da qualidade podem ser obtidos pela aplicação dos requisitos para um sistema de gestão da qualidade estabelecidos na norma ISO 9001 (ABNT, 2015b).

Rusjan e Alič (2010), em sua pesquisa empírica, associaram os benefícios obtidos pelas organizações por meio da implementação da ISO 9001 com as quatro dimensões de indicadores de desempenho do método de planejamento estratégico conhecido como Balanced Scorecard. Wolniak (2011), em sua pesquisa com mais de 750 empresas polonesas com sistemas de gestão da qualidade estruturados conforme os requisitos da ISO 9001, identificou benefícios econômicos e mercadológicos obtidos, considerando a perspectiva da norma ISO 10014.

A utilização da ISO 10014 para análise dos benefícios percebidos pela aplicação dos princípios de gestão da qualidade também foi realizada por Moradi et al. (2015) em seu trabalho sobre níveis de maturidade de organizações hospitalares. Denton e Maatgi (2016), em sua proposta de um modelo de ambiente de trabalho orientado para o sucesso na implementação das normas ISO 9000, utilizam a ISO

10014 e a ISO 9004 para análise da maturidade do sistema de gestão da qualidade das organizações.

## **2.2 ANÁLISE DE FATORES POR COMPONENTES PRINCIPAIS**

A análise de fatores por componentes principais busca reduzir o espaço multidimensional de um problema de pesquisa para poucas dimensões que expliquem o maior número possível de informações disponíveis do objeto em estudo (LOESCH e HOELTGEBAUM, 2012; LATTIN, CARROLL e GREEN, 2011; ARANHA e ZAMBALDI, 2008). Essa técnica busca reduzir o espaço de variáveis criando eixos ortogonais que são combinações lineares das variáveis originais denominados componentes principais. Esta técnica envolve um procedimento matemático que transforma um número de variáveis possivelmente correlacionadas em um número menor de variáveis não correlacionadas denominadas componentes principais.

A análise por componentes principais é o método mais utilizado para determinação de fatores (FÁVERO; BELFIORE; 2015). Kaiser (1958) propôs que fatores que possuam um autovalor maior que 1 podem ser considerados relevantes, pois geram componentes com quantidade relevante de informação das variáveis originais. Abaixo de 1 a quantidade de informação retida no componente não é relevante. Entretanto ao obter os fatores originais, suas disposições geometricamente no espaço fatorial são arbitrárias, normalmente não sendo possível distinguir claramente cargas fortes de cargas fracas nos fatores. Nesse sentido, procura-se promover a rotação desses fatores de modo a levarem-nos a posições que separem cargas altas de cargas baixas em mais de um fator. Vários métodos de rotação existem na literatura, sendo os mais utilizados, os métodos Varimax, Quartimax, Biquartimax e Equamax (HAIR et al., 2009).

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**

O instrumento de coleta dados constituiu-se de um questionário elaborado tendo como referência a avaliação inicial do grau de percepção de benefícios resultantes pela aplicação dos princípios de gestão da qualidade proposto pela norma ISO 10014. O questionário apresentou vinte e umas questões (três para cada princípio de gestão da qualidade) com uma escala de respostas de 0 a 10, baseada na escala Likert. Para validar o uso do questionário proposto, foi utilizado o coeficiente conhecido como alfa de Cronbach (CRONBACH, 1951). Essa checagem averigua a consistência

interna das questões que compõem o grupo de variáveis (LOESCH; HOELTGEBAUM, 2012). O coeficiente alfa de Cronbach varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor é a consistência interna do questionário. Apesar do alfa de Cronbach receber críticas quanto a sua escolha como método de consistência interna de questionários (MAROCO; GARCIA-MARQUES, 2006) é um método amplamente utilizado.

O questionário foi aplicado por meio da ferramenta Google Forms®. Os dados coletados foram transferidos para planilhas eletrônicas do software Microsoft Excel® para as análises descritivas e posteriormente para o software Statistica® 7.0 para a análise de fatores.

### 3.2 SELEÇÃO DA ORGANIZAÇÃO OBJETO DO ESTUDO DE CASO

Foi realizado um levantamento na base de dados do INMETRO de organizações industriais certificadas ISO 9001 e que estavam inseridas na cadeia de suprimentos do agronegócio sucroenergético no polo industrial do município de Sertãozinho, localizado na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo.

O levantamento inicial apontou trinta e dois certificados ISO 9001 emitidos para as indústrias transformadoras no município de Sertãozinho. É importante salientar que o número de certificados emitidos não corresponde necessariamente ao número de organizações certificadas, visto que uma organização pode possuir mais que uma certificação para diferentes unidades de produção ou diferentes escopos de produção e de produtos.

Sendo assim, o número de organizações industriais certificadas constituiu-se em um total de vinte e sete empresas. Como a análise de dados da pesquisa utilizou técnicas multivariadas, que precisam de um número significativo de casos ou respondentes para as análises, focou-se em organizações com pelo menos cento e cinquenta empregados. Outros critérios restritivos foram utilizados: as organizações precisavam estar economicamente ativas e deveriam ser fornecedoras de bens de capital para usinas ou destilarias, produtoras de açúcar, etanol, energia e outros derivados.

Como resultante desses critérios para seleção dos casos a serem estudados, restou um total de seis organizações, que foram convidadas a participar da pesquisa. Apenas uma dessas organizações aceitou participar da pesquisa, solicitando que sua identidade fosse mantida em sigilo. A referida organização foi tratada na pesquisa como EMPRESA ALFA.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

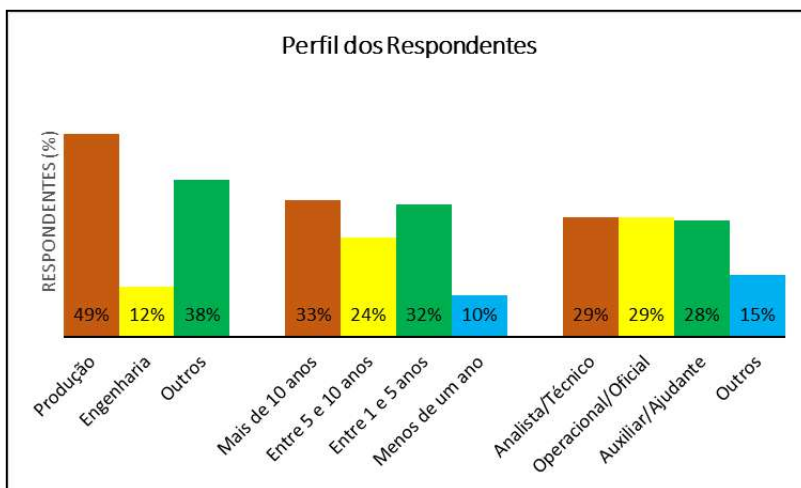
### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO OBJETO DO ESTUDO DE CASO

A EMPRESA ALFA foi fundada na primeira metade da década de 1980, no município de Sertãozinho, conhecido polo industrial sucroenergético na região metropolitana de Ribeirão Preto, no interior do Estado de São Paulo, com o objetivo inicial de prestação de serviços em assistência técnica, nas áreas de instrumentação e controle eletrônicos de processos aplicáveis às indústrias do setor sucroalcooleiro do interior paulista. Atualmente a organização dispõe de um quadro de aproximadamente 200 empregados diretos e indiretos e mantém sua certificação ISO 9001.

### 4.2 ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

A pesquisa foi disponibilizada para os empregados da EMPRESA ALFA. Do total de 182 empregados direta ou indiretamente vinculados, foram obtidas 98 respostas completas e validadas. A Figura 01 sintetiza o perfil dos respondentes por área de atuação, nível hierárquico e tempo de atuação na empresa.

Figura 01 - Etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

#### 4.2.1 VARIÁVEIS OBSERVADAS

Para cada princípio de gestão foram apresentadas três questões, totalizando 21 questões. As vinte e uma questões podem ser consideradas como 21 variáveis estatísticas numéricas. Cada questão pode ser avaliada em uma escala de 0 a 10 pontos, sendo que notas mais próximas de zero significavam discordância da afirmação e notas mais próximas de dez significavam maior concordância com a

afirmação. As questões foram aleatoriamente distribuídas para que o respondente não identificasse qual princípio de gestão da qualidade cada questão pretendia avaliar.

#### 4.2.2 MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL E VARIABILIDADE DOS DADOS

A Tabela 01 apresenta a média, a variância e o desvio-padrão obtidos na pesquisa para cada variável observada. Observa-se que as médias oscilam ente 5 e 6, o que demonstra, a priori, espaço para ações para a melhoria da percepção dos benefícios resultantes da implementação dos princípios de gestão da qualidade. O princípio de gestão da qualidade foco no cliente é o mais bem avaliado pelos empregados, sendo que de outro modo, o princípio de gestão liderança é o que possui pior avaliação média.

Tabela 01 – Medidas de tendência central das variáveis observadas.

| Variáveis | Média geral do princípio | Média da variável | Variância | Desvio-padrão |
|-----------|--------------------------|-------------------|-----------|---------------|
| FC1       | 6,313                    | 6,592             | 3,048     | 1,746         |
| FC2       |                          | 5,918             | 4,241     | 2,059         |
| FC3       |                          | 6,429             | 4,124     | 2,031         |
| L1        | 5,429                    | 5,449             | 7,013     | 2,648         |
| L2        |                          | 5,163             | 6,406     | 2,531         |
| L3        |                          | 5,673             | 5,789     | 2,406         |
| EP1       | 6,088                    | 5,286             | 7,216     | 2,686         |
| EP2       |                          | 6,000             | 6,351     | 2,520         |
| EP3       |                          | 6,980             | 2,453     | 1,566         |
| AP1       | 6,027                    | 6,224             | 3,887     | 1,972         |
| AP2       |                          | 6,122             | 5,841     | 2,417         |
| AP3       |                          | 5,735             | 6,053     | 2,460         |
| M1        | 5,701                    | 5,429             | 5,443     | 2,333         |
| M2        |                          | 6,020             | 4,927     | 2,220         |
| M3        |                          | 5,653             | 5,012     | 2,239         |
| TD1       | 5,741                    | 5,776             | 4,506     | 2,123         |
| TD2       |                          | 5,714             | 5,856     | 2,420         |
| TD3       |                          | 5,735             | 4,321     | 2,079         |
| GR1       | 5,810                    | 6,102             | 4,752     | 2,180         |
| GR2       |                          | 5,673             | 6,531     | 2,556         |
| GR3       |                          | 5,653             | 5,342     | 2,311         |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

#### 4.3 CORRELAÇÃO GERAL ENTRE AS VARIÁVEIS

A Tabela 02 apresenta a correlação geral entre os dados padronizados das vinte e uma variáveis analisadas na pesquisa. Considerando Hair et al (2009) e os

interesses dessa pesquisa, foram definidas como relevantes correlações a partir de 0,65. Observa-se que a variável EP3 correlaciona-se apenas com as variáveis L3 e AP1, não se correlacionando significativamente com nenhuma outra variável, inclusive com as variáveis de seu próprio grupo (EP1 e EP2). Sendo assim, a variável EP3 foi retirada da posterior análise multivariada. As demais variáveis correlacionam-se significativamente com as variáveis de seus grupos e apresentam correlações significativas com ao menos uma variável de outro grupo e foram mantidas para a análise de fatores.

Tabela 02 - Coeficientes de correlação entre as variáveis padronizadas.

|     | FC1   | FC2   | FC3   | L1    | L2    | L3    | EP1   | EP2   | EP3   | AP1   | AP2   | AP3   | M1    | M2    | M3    | TD1   | TD2   | TD3   | GR1   | GR2   | GR3   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FC1 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| FC2 | 0,839 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| FC3 | 0,748 | 0,694 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| L1  | 0,727 | 0,797 | 0,558 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| L2  | 0,710 | 0,798 | 0,568 | 0,906 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| L3  | 0,758 | 0,802 | 0,818 | 0,748 | 0,720 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| EP1 | 0,737 | 0,765 | 0,635 | 0,892 | 0,933 | 0,745 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| EP2 | 0,661 | 0,667 | 0,516 | 0,775 | 0,798 | 0,643 | 0,758 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| EP3 | 0,645 | 0,594 | 0,593 | 0,365 | 0,323 | 0,671 | 0,374 | 0,413 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| AP1 | 0,746 | 0,822 | 0,604 | 0,672 | 0,629 | 0,781 | 0,626 | 0,602 | 0,703 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| AP2 | 0,804 | 0,872 | 0,758 | 0,861 | 0,829 | 0,862 | 0,843 | 0,694 | 0,567 | 0,803 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| AP3 | 0,757 | 0,797 | 0,638 | 0,851 | 0,871 | 0,738 | 0,823 | 0,868 | 0,368 | 0,654 | 0,817 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| M1  | 0,706 | 0,814 | 0,757 | 0,799 | 0,763 | 0,815 | 0,763 | 0,698 | 0,561 | 0,790 | 0,843 | 0,764 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |       |
| M2  | 0,784 | 0,799 | 0,689 | 0,774 | 0,741 | 0,847 | 0,763 | 0,638 | 0,617 | 0,852 | 0,876 | 0,749 | 0,791 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |       |
| M3  | 0,786 | 0,844 | 0,781 | 0,802 | 0,752 | 0,878 | 0,767 | 0,702 | 0,627 | 0,789 | 0,846 | 0,769 | 0,909 | 0,827 | 1,000 |       |       |       |       |       |       |
| TD1 | 0,698 | 0,826 | 0,668 | 0,851 | 0,870 | 0,720 | 0,865 | 0,748 | 0,439 | 0,702 | 0,849 | 0,833 | 0,865 | 0,762 | 0,821 | 1,000 |       |       |       |       |       |
| TD2 | 0,738 | 0,835 | 0,818 | 0,731 | 0,715 | 0,883 | 0,742 | 0,646 | 0,559 | 0,761 | 0,880 | 0,777 | 0,873 | 0,819 | 0,872 | 0,782 | 1,000 |       |       |       |       |
| TD3 | 0,646 | 0,804 | 0,687 | 0,808 | 0,761 | 0,778 | 0,760 | 0,748 | 0,594 | 0,759 | 0,856 | 0,784 | 0,836 | 0,783 | 0,804 | 0,870 | 0,788 | 1,000 |       |       |       |
| GR1 | 0,791 | 0,861 | 0,707 | 0,774 | 0,819 | 0,722 | 0,777 | 0,758 | 0,423 | 0,719 | 0,859 | 0,866 | 0,802 | 0,741 | 0,785 | 0,834 | 0,838 | 0,752 | 1,000 |       |       |
| GR2 | 0,705 | 0,782 | 0,798 | 0,808 | 0,770 | 0,864 | 0,783 | 0,615 | 0,488 | 0,764 | 0,881 | 0,790 | 0,881 | 0,852 | 0,830 | 0,842 | 0,852 | 0,845 | 0,761 | 1,000 |       |
| GR3 | 0,777 | 0,891 | 0,779 | 0,861 | 0,838 | 0,828 | 0,813 | 0,733 | 0,499 | 0,768 | 0,927 | 0,854 | 0,873 | 0,825 | 0,861 | 0,909 | 0,878 | 0,895 | 0,883 | 0,892 | 1,000 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

#### 4.4 ANÁLISE DE FATORES

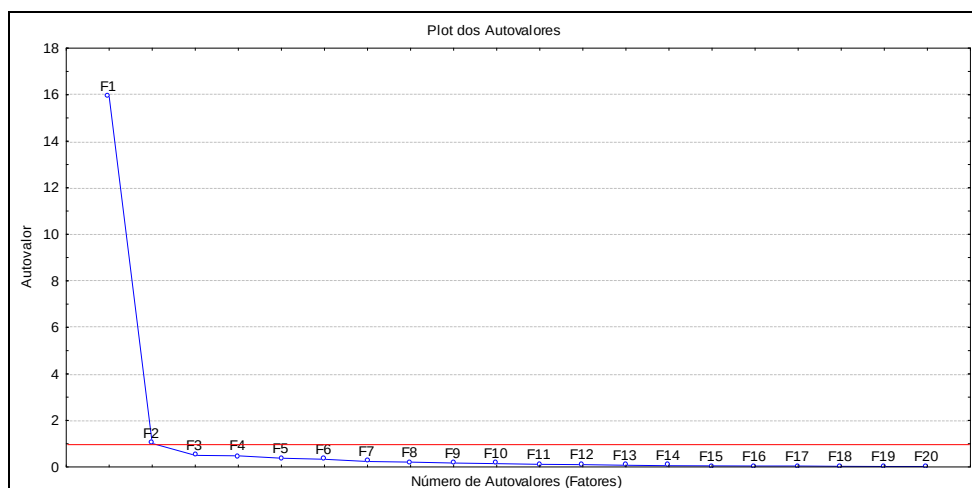
A planilha de dados padronizados com 98 casos (respondentes) e 20 variáveis, visto que a variável EP3 foi retirada, foi processada no software Statistica®. Foi adotado o critério de Kaiser (1958) para extração inicial de fatores, ou seja, foram considerados como relevantes fatores com autovalores maiores que 1,0. Nesse sentido, foram identificados dois fatores iniciais. O Fator 1 explica aproximadamente 80 % da variância e o fator 2, por sua vez, explica aproximadamente 5 % da variância total dos dados. Os demais fatores isoladamente não explicam significativamente a variância.

A Figura 02 apresenta a representação gráfica conhecida como scree plot com os autovalores de todos os vinte fatores iniciais. Observa-se que apenas dois fatores



(F1 e F2) possuem autovalores maiores que 1,0. Nota-se ainda que o “salto” entre F1 e F2 é bastante elevado e ainda pode ser observado um “salto” ainda que menor entre F2 e F3. A partir de F3 o decréscimo dos autovalores são mínimos, o que demonstra que esses fatores explicam muito pouco a variância e não devem ser considerados.

Figura 02 - Scree plot dos autovalores dos fatores.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A Tabela 03 demonstra as cargas fatoriais com a rotação obtida pelo método Varimax, considerando cargas fatoriais maiores que 0,65 como relevantes.

Tabela 03 - Cargas fatoriais obtidas após a rotação Varimax dos fatores.

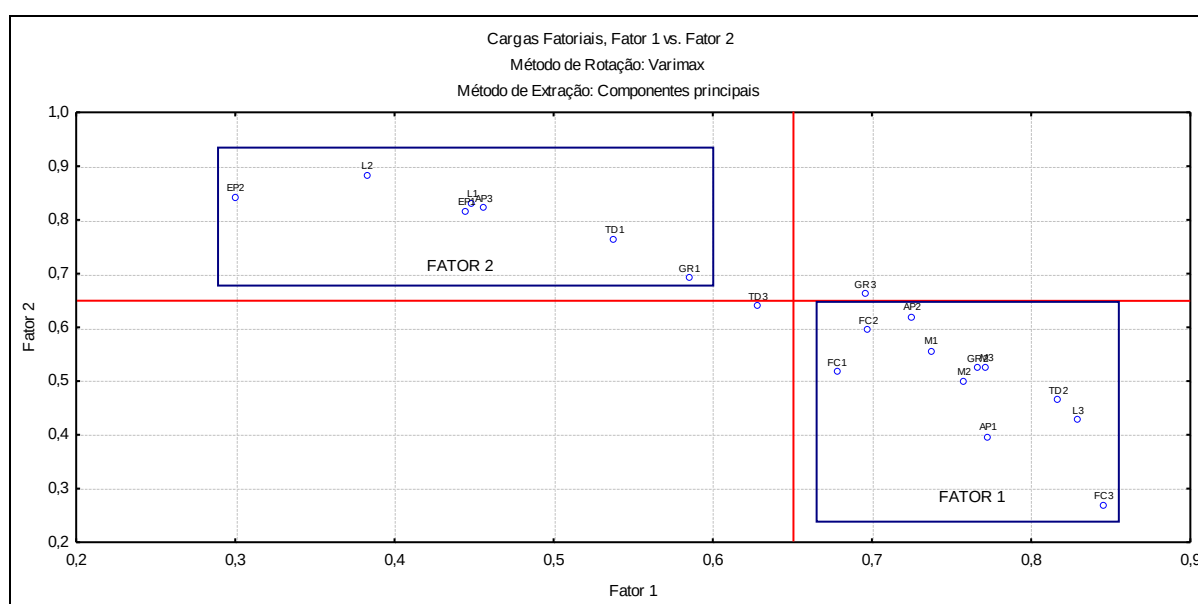
|                           | <i>Fator 1</i>  | <i>Fator 2</i>  |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| FC1                       | <b>0,678355</b> | 0,515123        |
| FC2                       | <b>0,698116</b> | 0,594036        |
| FC3                       | <b>0,846007</b> | 0,267737        |
| L1                        | 0,449315        | <b>0,829337</b> |
| L2                        | 0,383070        | <b>0,881429</b> |
| L3                        | <b>0,829723</b> | 0,426244        |
| EP1                       | 0,445550        | <b>0,815455</b> |
| EP2                       | 0,300269        | <b>0,840954</b> |
| AP1                       | <b>0,773089</b> | 0,395372        |
| AP2                       | <b>0,725431</b> | 0,618764        |
| AP3                       | 0,456171        | <b>0,820642</b> |
| M1                        | <b>0,737513</b> | 0,555731        |
| M2                        | <b>0,758163</b> | 0,498255        |
| M3                        | <b>0,772379</b> | 0,525361        |
| TD1                       | 0,538632        | <b>0,762027</b> |
| TD2                       | <b>0,817343</b> | 0,462948        |
| TD3                       | 0,628680        | 0,638876        |
| GR1                       | 0,585381        | <b>0,690101</b> |
| GR2                       | <b>0,766618</b> | 0,523393        |
| GR3                       | <b>0,695987</b> | <b>0,659747</b> |
| Autovalor                 | 8,804499        | 8,142840        |
| Variância explicada       | 44,0%           | 40,7%           |
| Variância total explicada | 84,7%           |                 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Após a rotação Varimax foi possível separar cargas fracas e fortes em cada um dos fatores, possibilitando uma análise mais precisa de cada fator. Segundo Hair et al. (2009, p.121), quando uma variável apresenta cargas fatoriais elevadas em ambos os fatores, ela é chamada de carga cruzada e deve ser desconsiderada da análise, pois não pode explicar cada fator isoladamente. Sendo assim, a variável GR3, que possui cargas cruzadas, ou seja, cargas elevadas em ambos os fatores, foi desconsiderada na análise de fatores.

Todas as variáveis associadas aos princípios de gestão “Foco no Cliente” e “Melhoria” e a maioria das variáveis associadas ao princípio “Abordagem de Processos” ficaram associadas ao Fator 1. O Fator 2 incorporou todas as variáveis associadas ao “Engajamento das Pessoas” e a maioria das variáveis associadas ao princípio “Liderança”, como demonstra a Figura 03.

Figura 03 - Fator 1 versus Fator 2, após a rotação pelo método Varimax.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As variáveis L3, TD2 e GR2 também incorporaram o Fator 1. Em relação à variável L3, ao comparar seu enunciado com as variáveis L1 e L2, observa-se que ela possui foco no ambiente para que as pessoas possam envolver-se, ao passo que L1 e L2 focam no estabelecimento e comunicação de estratégias. Percebe-se que L3 mensura mais o ambiente de trabalho que o sistema de liderança propriamente dito. TD2 considera a abordagem factual para tomada de decisões assertivas para a gestão

dos processos. GR2 considera a existência de processos estruturados para a gestão do relacionamento.

Segundo Hair et al. (2009, p.122), “...quando é obtida uma solução fatorial aceitável na qual todas as variáveis têm uma carga significativa em um fator, o pesquisador tenta designar algum significado para o padrão de cargas fatoriais”. Desse modo, como as variáveis com cargas mais elevadas no Fator 1 estão orientadas aos princípios de gestão “Abordagem de Processo”, “Foco no Cliente” e “Melhoria”, o Fator 1 pode ser denominado como Gestão de Processos. Além disso, as variáveis L3, TD2 e GR2 também podem ser associadas à gestão de processos.

O Fator 2, por sua vez, incorpora além das variáveis já mencionadas, as variáveis AP3, TD1, GR1 e GR3. Como GR3 possui carga cruzada entre os dois fatores, não foi considerada na análise multivariada. AP3 investigou as capacidades dos processos serem analisados por meio de medição e análise e, para o desenvolvimento dessas análises é fundamental que as pessoas possuam competências para tais análises. TD1 procura investigar se as pessoas possuem acesso a informações e ferramentas para análise de dados para a tomada de decisões. A variável GR1 aborda o relacionamento entre a organização e parceiros. Sendo assim, como as variáveis com cargas mais elevadas no Fator 2 estão mais direcionadas aos princípios de gestão “Liderança” e “Engajamento das Pessoas”, este fator pode ser denominado como Gestão de Pessoas. As variáveis AP3, TD1 e GR1, por sua vez, também podem ser associadas à gestão de pessoas.

## **5. CONCLUSÃO**

Este trabalho procurou investigar como os princípios de gestão da qualidade estabelecidos na norma ISO 9000:2015 e reproduzidos na norma ISO 9001:2015 estão sendo implementados e quais os benefícios resultantes dessa implementação pela perspectiva dos empregados. A preocupação com as práticas de gestão da qualidade para aumentar a competitividade organizacional e a satisfação dos clientes tem aumentado ao longo do tempo, visando que a organização promova ações estratégicas para alcançar uma posição de destaque no ambiente competitivo globalizado (GOHR; FAUSTINO, 2017).

Sendo assim, uma organização industrial certificada ISO 9001 envolvida na cadeia de suprimentos sucroenergética foi selecionada para ser o objeto do estudo de caso. No intuito de captar a percepção dos empregados quanto à percepção do grau

de implementação dos princípios de gestão da qualidade, foi elaborado um instrumento de coleta de dados baseado no questionário proposto na norma ISO 10014:2008.

Para validar o instrumento de coleta de dados, uma primeira versão desse instrumento foi apresentada para um grupo de doze respondentes de áreas de atuação, tempos de casa e cargos distintos na organização. Posteriormente foi cálculo coeficiente  $\alpha$  de Cronbach para testar a consistência interna do questionário, sendo obtido um coeficiente  $\alpha=0,94$ , o que foi considerado satisfatório para o instrumento de coleta de dados.

Os dados obtidos foram processados por softwares específicos para realização das análises estatísticas dos dados. Primeiramente foi realizada a análise descritiva dos dados. Conclui-se que por uma abordagem univariada dos dados, ou seja, com as variáveis sendo analisadas isoladamente, o princípio de gestão “Foco no Cliente” possui maior nível de implementação pela perspectiva dos empregados, sendo que o princípio de gestão “Liderança” possui o menor nível de implementação, o que pode levar a sugestão de que ações prioritárias devem ser implementadas em função desse princípio de gestão.

Partindo do pressuposto que os princípios de gestão da qualidade foram estabelecidos de forma inter-relacionada, a pesquisa buscou investigar o grau de inter-relações existentes entre esses princípios por meio de técnicas de análise multivariada dos dados, mais especificamente a técnica conhecida como análise de fatores por componentes principais.

As técnicas estatísticas multivariadas levam à simplificação de fenômenos mensuráveis para poucas novas variáveis latentes, ou seja, que não podiam ser medidas diretamente. Entre as vantagens gerenciais dessas técnicas estão a simplificação de múltiplas variáveis para poucas variáveis, onde o gestor pode direcionar melhor suas ações, de forma mais assertiva e mais eficiente, minimizando recursos e esforços em processos de melhoria.

Essa análise reduziu o número inicial de vinte e uma variáveis para dois fatores ortogonais distintos que carregaram cargas fatoriais dessas variáveis originais. Esses dois fatores foram capazes de explicar a variância de aproximadamente 85% dos dados originais, o que é muito relevante.

O primeiro fator foi denominado de gestão de processos, pois carregava cargas elevadas de variáveis originais associadas a processos, com predominância das

variáveis associadas aos princípios de gestão “Abordagem de Processos”, “Foco no Cliente” e “Melhoria”. O segundo fator, denominado gestão de pessoas, carregou cargas fatoriais fortes predominantemente dos princípios “Liderança” e “Gestão de Pessoas”.

Com esses fatores, que até então eram latentes, a organização pode focar seus esforços de melhoria em duas dimensões: processos e pessoas, o que simplifica a implementação de ações após uma análise univariada dos dados, onde a organização deveria promover ações específicas para melhoria de cada um dos princípios de gestão da qualidade, iniciando-se por “Liderança” que foi o pior avaliado. Entende-se assim que os objetivos da pesquisa foram plenamente alcançados, demonstrando que a metodologia proposta na pesquisa foi adequada levando a obter resultados relevantes para a organização.

## REFERÊNCIAS

ARANHA, Francisco; ZAMBALDI, Felipe. *Análise fatorial em administração*. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 9000: sistemas de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 9001: sistemas de gestão da qualidade: requisitos*. Rio de Janeiro, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 9004: gestão para o sucesso sustentado de uma organização: uma abordagem da gestão da qualidade*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *ABNT NBR ISO 10014: Gestão da qualidade: diretrizes para a percepção de benefícios financeiros e econômicos*. Rio de Janeiro, 2008.

COMITÊ BRASILEIRO DA QUALIDADE (CB-25). *ABNT/CB-025: Comitê Brasileiro da Qualidade*. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/cb-25>. Acesso em: 14 dez. 2017.

CRONBACH, Lee. Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, v.16, n.3, p.297-334, 1951.

DENTON, Paul David; MAATGI, Musbah Kharis. The development of a work environment framework for ISO 9000 standard success. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Bingley, v.33, n.2, p.231-245, oct. 2014.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. *Análise de dados: técnicas multivariadas exploratórias com SPSS® e STATA®*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FONSECA, Luís; DOMINGUES, José Pedro. ISO 9001:2015 edition: management, quality and value. *International Journal for Quality Research*, Kragujevac, v.11, n.1, p.149-158, mar. 2017.

GOHR, Cláudia Fabiana; FAUSTINO, Cinthia de Azevêdo. Gestão da Qualidade na Cadeia de Suprimentos. *Revista Pretexto*, Belo Horizonte, v.18, n.4, p.33-56, out.-dez. 2017.

HAIR, Joseph F. et al. *Análise multivariada de dados*. 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTZATION (ISO). *About ISO*. Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html>. Acesso em: 09 dez. 2017.

KAISER, Henry F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*. v.23, n.3, p.187-200, sep. 1958.

LATTIN, James; CARROLL, J. Douglas; GREEN, Paul E. *Análise de dados multivariados*. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

LOESCH, Claudio; HOELTGEBAUM, Marianne. *Métodos estatísticos multivariados*. São Paulo: Saraiva, 2012.

MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? *Laboratório de Psicologia*, Lisboa, v.4, n.1, p.65-90, jul. 2006.

MORADI, Tayebbeh et al. Quality management systems implementation compared with organizational maturity in hospital. *Global Journal of Health Science*, Toronto, v.8, n.3, p.174-182, jul. 2015.

RUSJAN, Borut; ALIČ, Milena. Capitalising on ISO 9001 benefits for strategic results. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Bingley, v.27, n.7, p.756-778, jan. 2010.

SINGH, Prakash J.; SMITH, Alan. An empirically validated quality management measurement instrument. *Benchmarking: An International Journal*, Bingley, v.13, n.4, p.493-522, 2006.

SWEENEY, Dennis J.; WILLIAMS, Thomas A.; ANDERSON, David R. *Estatística aplicada à administração e economia*. 3.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

TOLEDO, José Carlos de et al. *Qualidade: gestão e métodos*. São Paulo: LTC, 2012.

WOLNIAK, Radoslaw. The assessment of significance of benefits gained from the improvement of quality management systems in Polish organizations. *Quality & Quantity*, Dordrecht, v.47, n.1, p.515-528, jul. 2011.

# CAPÍTULO 09

DISCUSSÕES E REFLEXÕES SOBRE DOMÓTICA, HABITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE.

## **Ricardo Gil Domingues**

Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Urbana, UFRJ  
Endereço: Escola Politécnica, Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Cidade Universitária, 21941-485, Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
E-mail: gilmeth@poli.ufrj.br

## **Armando Carlos de Pina Filho**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Urbana, UFRJ  
Endereço: Escola Politécnica, Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Cidade Universitária, 21941-485, Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
E-mail: armando@poli.ufrj.br

**RESUMO:** O advento de novas tecnologias, dos computadores e da Internet, tem proporcionado importantes mudanças no mundo moderno, principalmente com relação aos aspectos tecnológicos e sociais. Particularmente, a habitação tem atraído grande interesse das comunidades técnicas e científicas, objetivando o emprego de uma nova ciência para promover o bem-estar social, conforto e qualidade de vida: a Domótica. Basicamente, essa ciência consiste na automação doméstica das habitações (casa, escritório ou residência), fazendo uso da junção multidisciplinar de muitas especialidades, como eletricidade, mecânica, psicologia, telecomunicações, informática e medicina, na tradução de qualidade de vida para seus moradores e usuários, gerando conforto, segurança, lazer, comunicação e racionalização de energia. Todos esses benefícios são obtidos com utilização eficaz dos recursos e com sustentabilidade. Dessa forma, o presente capítulo resulta de uma série de discussões e reflexões sobre a questão da Domótica na habitação das cidades, na procura de maior sustentabilidade social, econômica e ambiental. Pretende-se mostrar, de fato, que nos dias atuais e com o atual estilo de vida urbano, as cidades tendem a se tornar cada vez mais dependentes das novas tecnologias aplicadas à habitação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Domótica, Habitação, Sustentabilidade.

**ABSTRACT:** The advent of new technologies, computers and the Internet, has provided significant changes in the modern world, mainly with respect to technological and social aspects. Particularly, habitation has attracted great interest of technical communities, and scientific, aiming the use of a new science to promote mainly the social well-being, comfort and quality of life: Domotics. Basically, this science consists in the home automation of dwellings (home, office or residence), making use of the junction of many multidisciplinary specialties such as: electricity, mechanics, psychology, telecommunications, computing and medicine, in the translation of quality of life for its residents and users, generating comfort, security, leisure, communication, and



rationalization of energy. All these benefits are obtained with efficient usage of resources and with sustainability. Thus, this chapter is the result of a series of discussions and reflections on the question of Domotics in the habitation, in the searching of greater social, economic and environmental sustainability. We intend show, in fact, that in the current days and with the current urban lifestyle, the cities tend to become increasingly more dependent on new technologies applied to housing.

**KEYWORDS:** Domotics, Housing, Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia modificou de forma irreversível a maneira como a sociedade atual se relaciona, como a população trabalha e de que forma ela ocupa o seu tempo em casa. O acesso à informação e as facilidades de se trabalhar na residência ilustram bem como a sociedade tem evoluído ao longo da última década, em particular, nos grandes centros urbanos. Pode-se dizer que a natureza e a função da casa estão mudando consideravelmente, o que proporciona transformações na medida em que atinge as relações sociais, a interação familiar, a vida diária e a estrutura da cidade.

A rapidez com que as tecnologias da informação e as automações domésticas estão sendo introduzidas na vida da sociedade está mudando o conceito de habitação, o que ela pode proporcionar, e de que forma ela terá de evoluir para atender as necessidades atuais da população. O que até muito pouco tempo era conveniente, agora não passa do básico e as tendências atuais em termos tecnológicos e sociais fazem com que seja reavaliado o conceito de “habitar”.

As crescentes exigências da sociedade com relação ao conforto para a habitação se somam com a possibilidade de melhorar o desempenho de questões como a da sustentabilidade ambiental onde a gestão de recursos naturais, principalmente a água e a energia, se fazem presentes na diminuição dos desperdícios e conseqüentemente numa diminuição de custos financeiros.

Outro fator relevante nessa integração habitação – tecnologia é a promoção da sustentabilidade social, onde a capacidade de acesso a serviços aumenta, proporcionando uma maior participação da sociedade, assim como uma maior autonomia na execução de tarefas domésticas, principalmente por parte de grupos sociais com alguma deficiência ou incapacidade, e idosos (ELOY et al., 2010).

A adaptação de novas funções na habitação obriga a novas abordagens no projeto do espaço doméstico e a um novo desenho, com a possibilidade de formar ambientes multifuncionais onde se possa, por exemplo, trabalhar em casa através de teletrabalho (trabalho à distância) ou mesmo auxiliar no tratamento de pessoas enfermas. A necessidade de espaço físico, juntamente com a flexibilidade e integração dos espaços habitacionais provocam também a necessidade da existência de soluções de construção e arquitetura para alocação física da infraestrutura a ser incorporada, além de uma compatibilidade das redes de serviço das cidades através de novas articulações.

O mercado imobiliário está começando a se adequar a essa nova realidade da Domótica, onde o edifício inteligente já aparece, otimizando a oferta de serviços do condomínio e conjugando o mesmo com a residência. Essa inovação está cada vez mais se traduzindo num diferencial na opção de compra de novas habitações, sem falar na valorização das atuais através de suas adaptações.

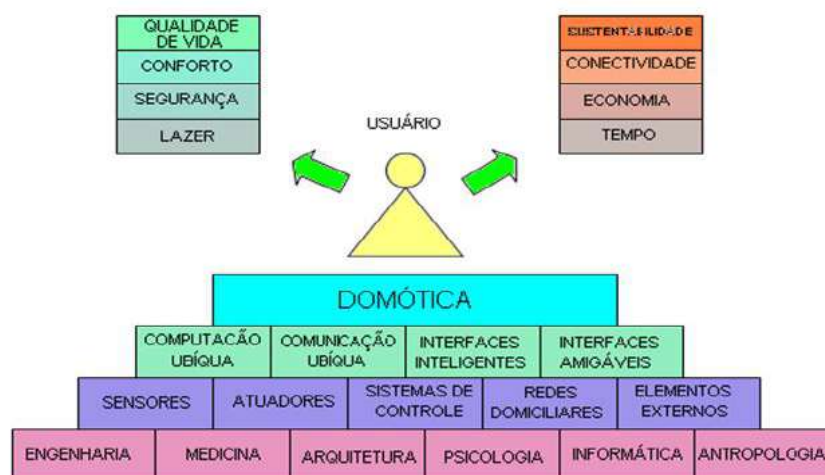
Logo, o presente capítulo procura avaliar o contexto apresentado, levando em consideração uma série de discussões e reflexões sobre a questão da Domótica na habitação das cidades, na procura de maior sustentabilidade social, econômica e ambiental. Pretende-se mostrar, de fato, que nos dias atuais e com o atual estilo de vida urbano, as cidades tendem a se tornar cada vez mais dependentes das novas tecnologias aplicadas à habitação. O material contido neste capítulo foi apresentado pelos autores no VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, realizado em Recife/PE (DOMINGUES & PINA FILHO, 2015), posteriormente atualizado e publicado na revista Brazilian Journal of Development (DOMINGUES & PINA FILHO, 2019).

## **2. DOMÓTICA**

Pode-se dizer que a Domótica é uma evolução da automação residencial. O termo “Domótica” resulta da junção da palavra do latim “Domus” (casa) com “Robota”, do tcheco (servo), sugerindo controle automatizado de algo na casa. Ela consiste, basicamente, na promoção da gestão dos recursos habitacionais de uma habitação (casa, escritório ou residência), fazendo uso da junção multidisciplinar de muitas especialidades, como eletricidade, mecânica, psicologia, telecomunicações, informática e medicina, na tradução de qualidade de vida para seus moradores e usuários, gerando conforto, segurança, lazer, comunicação e racionalização de

energia. Tudo isso com utilização eficaz dos recursos e com sustentabilidade. A Figura 01 permite uma visualização dessa relação entre a Domótica com outras ciências, tecnologias e serviços.

Figura 01 - A relação da Domótica com outras ciências, tecnologias e serviços.



Fonte: Elaborada pelos autores.

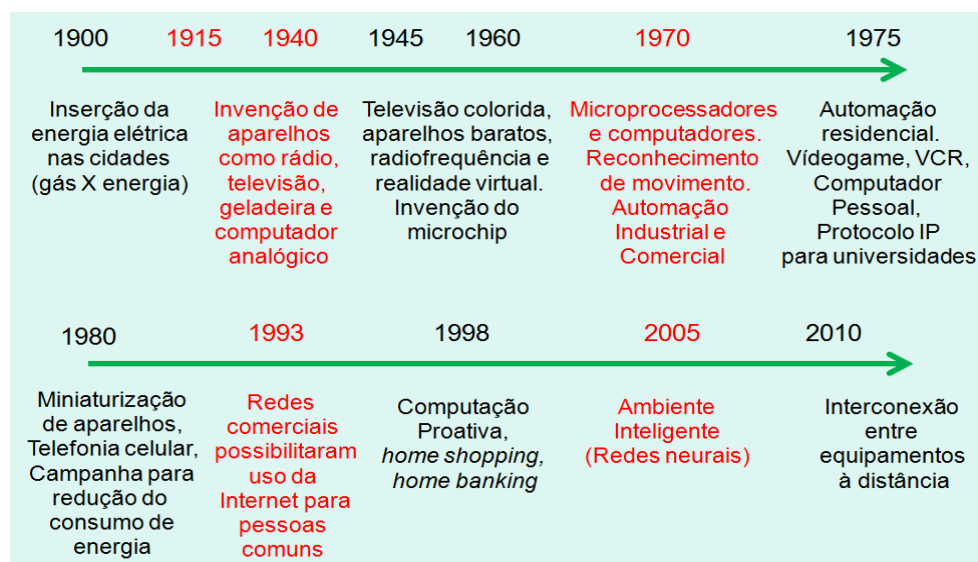
O objetivo maior da Domótica é simplificar a vida do habitante dentro do domicílio, facilitando a sua interação com o ambiente. A expectativa é que os equipamentos de uma residência, principalmente os aparelhos eletrodomésticos, sejam conectados em rede, de forma que possam ser gerenciados através de comandos e monitoramentos remotos e interativos, tanto internos quanto externos à habitação. Nesses ambientes, a computação ubíqua ou “invisível” é uma ferramenta bastante utilizada tanto na assistência ao usuário quanto na análise do funcionamento das mesmas.

A proposta da computação ubíqua atual situa os habitantes num ambiente onde eles viverão rodeados de interfaces e dispositivos eletrônicos imperceptíveis, em constante interação com o mundo virtual. A ideia final é a de que computadores serão instalados em paredes, móveis, roupas e objetos de forma natural e espontânea, com características de tomada de decisão, aprendizagem e interação proativa, onde a antecipação da ação se torna uma opção real (YUSUPOV & RONZHIN, 2010).

Logicamente, para se alcançar um ambiente inteligente, onde haja uma integração adequada entre os diversos sistemas domóticos e a habitação, foi necessária a realização de várias pesquisas, buscando-se uma evolução não apenas

tecnológica, mas também de costumes sociais. Um histórico dessa evolução, da utilização da Domótica na habitação, pode ser encontrado em trabalhos como Forty (1986), Aldrich (2003), e Satpathy (2006). Através da Figura 02 pode-se ver um resumo da linha do tempo da evolução da Domótica.

Figura 02 - Linha do tempo da evolução da Domótica.



Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. ASPECTOS SOCIAIS DA DOMÓTICA NO CONTEXTO HABITACIONAL

Tem-se assistido no mundo a uma crescente transformação de ideias e hábitos, graças à globalização, juntamente com uma procura maior da sociedade por formas de se atingir a sustentabilidade social, econômica e ambiental. Segundo Domingues(2013), o contexto habitacional também passa por mudanças que a própria sociedade tem imposto na habitação através da alteração dos limites funcionais dos novos espaços “digitais” criados pelo uso da Domótica. Os ambientes de uma residência começam a não ter “regras” de uso e sua utilização acaba ficando dependente dos recursos disponibilizados no mesmo, bem como do comportamento social.

De acordo com Guerra (2000) apud Eloy (2010), a forma como as pessoas vivem e coabitam vem sendo moldada de acordo com vários fatores. A situação econômica é um dos quesitos mais importantes. A transformação da casa acaba sendo envolvida pela renda e pelo emprego, promovendo a aquisição de bens e serviços, bem como a Educação, a qual é o combustível da promoção social.

O crescimento da utilização dos sistemas de comunicação em conjunto, (telefonia móvel e Internet) tem possibilitado conexão, monitoramento, controle e atualização de informações de forma bem acessível, alterando a forma como as pessoas trabalham, estudam e se relacionam.

No que diz respeito à família, existem transformações no comportamento sociocultural (LARCHER, 2005), onde se vê uma distinção menos formal entre os elementos do casal, e a maior permissividade para as crianças. A família também está diminuindo, com a redução do número de filhos e, conseqüentemente, a redução da dimensão familiar total. Outra característica envolvendo a família é a jornada de trabalho do casal, que tem que empregar uma babá ou deixar algum familiar tomando conta das crianças.

O número de pessoas que moram sozinhas está aumentando, juntamente com uma tendência a diminuição de vida coletiva e sua substituição pela autonomia e por valores de conquista pessoal tem uma característica bastante comum.

O aumento da qualidade de vida tem expandido o tempo de duração das pessoas. O forte envelhecimento da população constitui um dos aspectos mais marcantes da evolução demográfica recente. Tomando o Brasil como referência, segundo dados do UN *Department of Economic and Social Affairs*, Population Division (2010), a previsão do percentual de pessoas com mais de 65 anos, em 2050, terá aumentado 221 % em relação a 2010, onde a proporção em relação à população total brasileira passará de 8 % para 22,5 %.

O número de pessoas com alguma deficiência também tem aumentado em alguns países. Tomando o Brasil como referência, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - Censo 2010), esse grupo possui um valor expressivo, chegando a 24 % da população total em 2010. Estima-se que aproximadamente 15 milhões de brasileiros (8 %) são dependentes de cuidados diários, como cegueira, demência e paraplegia e que 4 milhões de habitantes (2,1 %) tem deficiência motora grande ou total.

#### **4. SUSTENTABILIDADE SOCIAL**

A Habitação tem tido necessidade de se adaptar aos novos padrões de ocupação da sociedade, onde a tecnologia tem aparecido para facilitar esse processo com o uso da Domótica. As metodologias decorrentes desse uso se traduzem

sobretudo em economia de tempo na execução de tarefas, que o usuário poderia realizar em atividades mais interessantes como, por exemplo, ficar com os familiares.

No que diz respeito à aceitação, os grupos sociais constituídos por pessoas mais jovens e ativas tendem a receber bem as novidades tecnológicas. Com relação ao grupo de pessoas de mais idade, eles têm certa resistência, porque precisam ver claramente os benefícios antes de tomar a decisão de adquirir a tecnologia. É um grupo que não tem tanto dinheiro para “arriscar” na compra de equipamentos para depois não usar. Possuem uma posição pragmática, ou seja, não possuem muita expectativa. Esse grupo, porém, dependendo da condição cultural e econômica do país, já está sendo substituído pelas novas gerações que tiveram mais contato com as inovações tecnológicas e se familiarizam mais com as novas interfaces, as quais vêm se tornando cada vez mais amigáveis.

A vantagem da Domótica para os grupos formados por idosos e incapacitados consiste na promoção da vida independente, permitindo que os mesmos possam continuar morando em suas casas, com auxílio de tecnologias que tragam conforto e ajuda na realização de tarefas, proporcionando um sentimento de poder e autoestima. A inclusão social também é proporcionada, traduzindo-se em maior participação na comunidade através das redes sociais.

A carga psicológica envolvendo a família, nesses grupos, bem como os serviços de assistência pessoal, podem ser reduzidos com o uso de equipamentos como os de tele-ajuda (health care). Eles proveem o monitoramento dos sinais biológicos através de dispositivos embarcados, seja em pulseiras ou roupas, significando um recurso prático para o caso de emergências, onde o usuário, ao ativar o aparelho, aciona um serviço de pronto atendimento.

Entre os recursos proporcionados pela Domótica, que convergem para a sustentabilidade social, pode-se citar o teletrabalho, a teleconferência, a telemedicina e a tele-educação, entre outros.

O teletrabalho (home office) é uma atividade que tem permitido ao usuário trabalhar em casa, conciliando a vida profissional e a familiar, com possibilidades de flexibilização do horário de trabalho e ganho de tempo e dinheiro, evitando-se deslocamentos casa-trabalho-casa. Como essa atividade faz uso de redes de dados e informação, o trabalhador não precisa se concentrar nos grandes centros urbanos, favorecendo o meio rural. Com isso, evita-se a exclusão social, integrando no mercado

de trabalho pessoas que não podem sair de casa, a exemplo de idosos e portadores de alguma incapacidade. Como consequências, o teletrabalho pode levar ao isolamento social, à degradação da vida familiar e à exploração do trabalho.

A teleconferência ou videoconferência é um meio de comunicação, onde os sinais de áudio e vídeo são disponibilizados em tempo real, podendo ser uma solução para a questão de contatos entre pessoas distantes. Isto pode permitir que, alguém possa estar, por exemplo, tomando café com outra pessoa especial morando do outro lado do mundo, na sua sala de jantar, como se estivessem juntos, permitindo ampla conectividade.

A telemedicina ou medicina à distância é um tipo de teleconferência onde o paciente é atendido pelo médico. É mais um recurso que pode ser futuramente oferecido de forma básica, principalmente para os usuários que se encontram longe dos grandes centros urbanos. Por enquanto, em alguns países, está sendo testada a visita virtual, onde o médico consegue receber os dados biológicos do usuário via rede e, após um exame dirigido, fazer uma pré-avaliação ou mesmo uma prevenção de determinada anormalidade em relação à saúde do paciente. É uma tendência, porém existem usuários, geralmente da área rural, que ainda preferem ser atendidos pessoalmente por médicos, em seus consultórios (BOLZANI, 2004).

A tele-educação ou educação à distância é mais uma ferramenta que tem seu uso aumentado a cada dia, cujo objetivo é a promoção do conhecimento através da tecnologia, onde os professores não estão fisicamente no mesmo ambiente que os alunos (MIGUEL & NICOLAIO, 2008). É um processo que vem procurando promover a democratização do ensino, cujos alvos são grupos sociais que não dispõem de tempo, condições físicas ou financeiras. Dependendo do curso, as avaliações presenciais têm caráter obrigatório, conferindo ao usuário o seu devido mérito.

A questão da privacidade ainda é uma das situações que mais provoca discussões na sociedade, quando se faz uso das redes domiciliares. Quanto mais as vidas das pessoas, suas contas bancárias, carros, casas, ruas e cidades são monitoradas, digitalizadas e conectadas, mais e mais informações pessoais são disponibilizadas seja para instituições, seja para outras pessoas, implicando em invasão de privacidade e possibilidade de riscos com a segurança. Sendo assim, o simples uso de monitoramento constante ou não de algum ambiente inteligente que esteja conectado em rede pode proporcionar a possibilidade de haver algum tipo de vazamento de informação de imagem ou vídeo particular.

Existe uma linha de pesquisadores que tem colocado que a concentração e exposição de muitos equipamentos às pessoas na habitação podem levar ao isolamento do indivíduo dentro da sua casa e até mesmo dos companheiros que moram nela, afetando seu desenvolvimento social. Apesar de haver algumas preocupações, é fato dizer que as vantagens oferecidas pela Domótica podem proporcionar um ganho considerável na qualidade de vida da sociedade.

## **5. ASPECTOS AMBIENTAIS DA DOMÓTICA NO CONTEXTO HABITACIONAL**

O setor da Habitação tem sido um dos mais responsáveis por impactos ambientais, principalmente os relacionados à gestão de consumo energético. A exemplo dos prédios inteligentes, aonde a gestão de energia vem sendo colocada em primeiro plano, tanto pelo lado ambiental quanto pelo econômico, tem-se que a residência também pode seguir os mesmos passos através da aplicação da Domótica.

O conforto pode ser alterado de forma imperceptível, através da gestão automatizada dos recursos naturais de um domicílio, a exemplo de algumas aplicações como a diminuição ou desligamento automático de alguma iluminação em determinado ambiente ou regulação de uso de algum aparelho de controle de temperatura. A utilização de sistemas solares e estratégias bioclimáticas associadas à Domótica também podem garantir um melhor aproveitamento da energia, como o acionamento de claraboias, cortinas e aquecimento de água, de acordo com as condições ambientais.

Com a entrada dos carros híbridos ou elétricos no mercado, várias residências e prédios residenciais já estão se equipando com previsão de infraestrutura própria para recarga de bateria desses novos veículos. Com o avanço dessa tecnologia, já se estuda, entre outros planos, fazer algum tipo de conexão inteligente com os carros elétricos no sentido de haver uma troca de informações entre a habitação e o veículo de forma que ele possa fornecer energia gerada para a casa, quando esta for possibilitada, e vice-versa, mediante estratégias do processo.

Com relação aos fluidos e detritos, já existem sistemas de controle que podem ser aplicados no tratamento da água, em habitações. Como exemplos de aplicações, podem ser citados: Utilização de luz ultravioleta ou outros meios para o tratamento de água potável e descontaminação de alimentos; Reutilização de água da chuva para irrigação, lavagem de carro, limpeza de pátio e descargas de vaso sanitário;



Armazenamento e tratamento de águas cinza (provenientes de lavatórios) para reutilização.

A implantação do teletrabalho também é um fator que proporciona consequências positivas, por favorecer a redução do uso de meios de transporte nos deslocamentos casa-trabalho-casa, evitando mais emissões de carbono.

Quanto à questão do uso de energia eletromagnética e suas emissões nas redes domiciliares sem fio (wireless), pode-se dizer que a quantidade de radiação total emitida pelos sistemas de transmissão não é um fator de risco, pois seu valor é centenas de vezes menor que o sinal de um telefone celular, em conformidade com padrões internacionais, os quais a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) segue.

O conforto quando é confundido com luxo pode provocar desperdícios, devendo estes ser evitados. Os ambientes inteligentes podem, de forma imperceptível, monitorar o usuário em sua residência, interagindo e conduzindo o mesmo para boas práticas de gestão energética sem perda da qualidade de vida, diminuindo o impacto ambiental que uma residência possa trazer.

## **6. ASPECTOS ECONÔMICOS DA DOMÓTICA NO CONTEXTO HABITACIONAL**

Com a redução dos custos e da complexidade de instalações domóticas graças ao aparecimento de novos padrões e tecnologia, a indústria está conseguindo aumentar a difusão e procura maior por parte dos usuários, donos de habitações que ainda não estavam dispostos a investir na construção de uma casa inteligente. O aumento da variedade de fabricantes e produtos com custo mais baixo já começa a atrair o usuário, que também começa a contar com a banda larga de acesso à Internet com tarifas mais acessíveis.

Através da interação homem – casa – tecnologia, uma enorme quantidade de aplicações comerciais são desencadeadas. Serviços de “*home shopping*” (compras feitas através da Internet) e “*home banking*” (uso de serviços bancários através da Internet) já fazem parte do cotidiano da sociedade. Os serviços e programas aplicativos emergentes devido ao uso da Domótica, assim como novas profissões, a exemplo do integrador de sistemas, também já são uma realidade (AURESIDE, 2011). Os setores de telecomunicações, telefonia, informática, saúde, serviços de entretenimento e o setor de energia são exemplos de áreas onde suas eficiências de

operação em relação à habitação estão permitindo uma grande abertura de mercado frente ao usuário de um ambiente inteligente.

A redução dos custos dos meios de transmissão e melhoria das taxas de velocidade de dados deve permitir a entrada de novos mercados e serviços ligados à TI (Tecnologia da Informação). É fato que os países desenvolvidos conseguem obter mais vantagens com esses serviços por terem condições de conectividade bem avançada, o que não acontece em países menos favorecidos.

O Brasil, servindo de exemplo, possui uma população ainda pouco conectada, seja por limitações sociais (poder aquisitivo) ou por limitações de distâncias, onde o investimento de uma rede ainda não se justifica. Através do Censo 2010 (IBGE, 2010), foi constatado que apenas 39,3 % dos habitantes possuíam computador em suas residências, sendo que somente 31,5 % tinham acesso à Internet (na Suécia, esse valor chega a 97 %, praticamente o país inteiro). Esses números também poderiam ser maiores se a qualidade do serviço relativo à transmissão dos dados fosse melhor.

O mercado imobiliário também passou a ver a Domótica como uma oportunidade para aumentar seus lucros, onde as construtoras têm oferecido habitações mais “confortáveis” aos consumidores de padrão médio, através de sistemas pré-instalados. A automação residencial já começa a virar motivo de competitividade entre as construtoras, uma vez que representa a extensão do consumo da tecnologia pessoal que o usuário atual exige. Esse diferencial, que vai além do básico, representa algo em torno de 5 % do valor do imóvel, em média.

No Brasil, a maioria dos equipamentos é importada de lugares como Europa e Estados Unidos. Porém, já existem empresas nacionais produzindo equipamentos de alta tecnologia em condições de competir com os produtos internacionais, prevendo a grande expansão do mercado.

A economia como um todo pode se beneficiar bastante com a Domótica. Através da sua aplicação nas casas, a sustentabilidade econômica pode ser promovida através da otimização interna da gestão de recursos como água, gás e energia elétrica, via monitoramento e prevenção de gastos e desperdícios. O investimento inicial é retornado ao passo que os custos são controlados e poupados.

Além disso, os sistemas domóticos podem trabalhar integrados a sistemas que se utilizem de fontes de energia renováveis, através do uso de geradores, como o

solar ou o eólico, de forma que se possa produzir uma parcela de energia elétrica, com posterior armazenamento em algum banco de baterias para utilização futura.

O desenvolvimento e análise de métodos de utilização racional de fontes energéticas, como o exemplo da energia fotovoltaica, fez da Alemanha o seu principal mercado, onde o governo estimula a produção e investimentos pela população, apoiando uma economia sustentável. Lá, não há limites para a venda de energia para as redes concessionárias e seu valor é bastante atraente. Muitas usinas estão sendo desativadas, principalmente as nucleares graças a essa ação.

Alguns países da Europa, Ásia e Estados Unidos adotam em seus sistemas de fornecimento de energia elétrica a tecnologia chamada “Smart Grid” (Rede Elétrica Inteligente), que distribui energia elétrica usando tecnologia digital, visando à otimização do sistema através do controle e monitoramento de toda a rede de distribuição. O resultado é alcançado com melhor qualidade de energia, maior confiabilidade, maior eficiência e maior redução de custos. Isso permite que as concessionárias de energia conheçam melhor o padrão de consumo de seus clientes, fazendo uso de medidores eletrônicos inteligentes.

Com isso, políticas energéticas podem ser implementadas, como a diminuição de tarifas fora de horários de pico, normalmente à noite, evitando sobrecarga de suas usinas de geração de energia. A Domótica permite atuar de forma a conduzir equipamentos, como máquinas de lavar, para trabalharem nesses períodos. Os sistemas de automação também atuam no controle do limite de energia diário ou mensal a ser utilizado numa residência, como meta, evitando o uso de equipamentos “pesados” simultaneamente. O usuário pode receber relatórios via Internet sobre os gastos diários, enviados pela concessionária de serviços (água, luz, gás, comunicações, etc.), permitindo um estudo sobre uma melhor estratégia de uso e controle do processo.

Segundo Paulino (2006), a automação do processo de medição e da leitura, com o uso de medidores inteligentes de energia elétrica, tem potencialmente uma série de vantagens: Combate a fraudes e furto de energia; Implementação de tarifas diferenciadas em função da hora de consumo (tarifa branca); Corte e religamento remoto de energia; Implementação de programas de energia pré-paga; Melhor acompanhamento de gastos pelo consumidor; Eliminação de erros e custos de processo de leitura manual.

O Brasil, através da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), está em processo de implantação do *Smart Grid*. O projeto, como já citado, vai prever o uso de sistemas de geração residencial de energia em pequena escala, além de gerenciamento automático do consumo. Alguns projetos-piloto têm sido implementados a exemplo do programa chamado “Cidade do Futuro”, em Sete Lagoas, Minas Gerais, com a instalação de 80 mil medidores inteligentes, e no Rio de Janeiro, nas cerca de mil residências localizadas no conjunto habitacional São Sebastião, na Zona Sul da cidade.

Os novos medidores eletrônicos já estão sendo oferecidos pelas distribuidoras aos consumidores das grandes metrópoles, porém seu potencial total de utilização ainda depende de investimentos em infraestrutura por parte das concessionárias. Espera-se que até 2020 sejam instalados algo em torno de 60 milhões desses aparelhos no Brasil.

O envelhecimento da população no mundo, juntamente com o declínio da taxa de fertilidade tem sido alvo de muita preocupação para o sistema de saúde de vários países, principalmente os europeus, onde a média de idade é alta. O quadro de incapacitados vem aumentando gradativamente e doenças como Alzheimer vão aparecendo com mais intensidade na faixa da população com mais de 65 anos. O volume do suporte de familiares e auxiliares que podem ficar tomando conta dessas pessoas em casa também tem caído.

Baseado em projeções de estudo de crescimento populacional, acredita-se que a demanda por cuidados públicos com a saúde vai aumentar muito, sobrecarregando o sistema e promovendo custos institucionais de previdência social e saúde cada vez maiores. Nesse sentido, os ambientes inteligentes, fazendo uso da Domótica, podem surgir como uma perspectiva de auxílio a pessoas debilitadas, mantendo as mesmas em suas casas e permitindo a prática da medicina remota.

A tecnologia assistiva pode prover ao usuário monitoramento constante e remoto de sua saúde, bem como suporte em tarefas que exijam maior autonomia. Outro fator de grande aplicação é o uso da telemedicina, que pode trazer benefícios de atendimento mais rápido e eficiente, na medida em que o usuário não precisaria viajar para ser atendido por um especialista localizado em um ponto distante do seu.

## **7. SUSTENTABILIDADE ATRAVÉS DO PLANEJAMENTO DE HABITAÇÕES**

Enquanto a sociedade tem se submetido a rápidas transformações decorrentes da automação, a arquitetura e o planejamento (infraestrutura) estão assimilando de forma lenta seu aparecimento. Atualmente, muitos fatores não colaboram para que novas edificações possam estar preparadas para receber as tecnologias de forma natural. Entre eles, pode-se destacar a falta de um padrão de projeto de instalações elétricas, a qual exige uma atualização de conceitos que comporte não apenas o formalismo de um projeto convencional, mas todas as exigências que um imóvel moderno precisa.

Com relação às leis, a legislação brasileira ainda não adotou nenhuma regulamentação definindo as responsabilidades de avaliação e verificação da implementação de um projeto de instalação elétrica interna de uma residência por parte de um profissional devidamente habilitado, o mesmo valendo para projetos de automação, apesar de algumas capitais brasileiras possuírem legislação em análise.

No Brasil, assim como foi feito na Europa e países desenvolvidos, é preciso rever toda a legislação relacionada com as obras e instalações dentro de uma casa, desde a norma arquitetônica, a norma de ruído, de instalações elétricas, de telecomunicações, dutos, entre outras. Também se faz necessário que haja um mecanismo legal que garanta o cumprimento geral das normas e que possibilite uma avaliação sistemática das instalações prediais e residenciais.

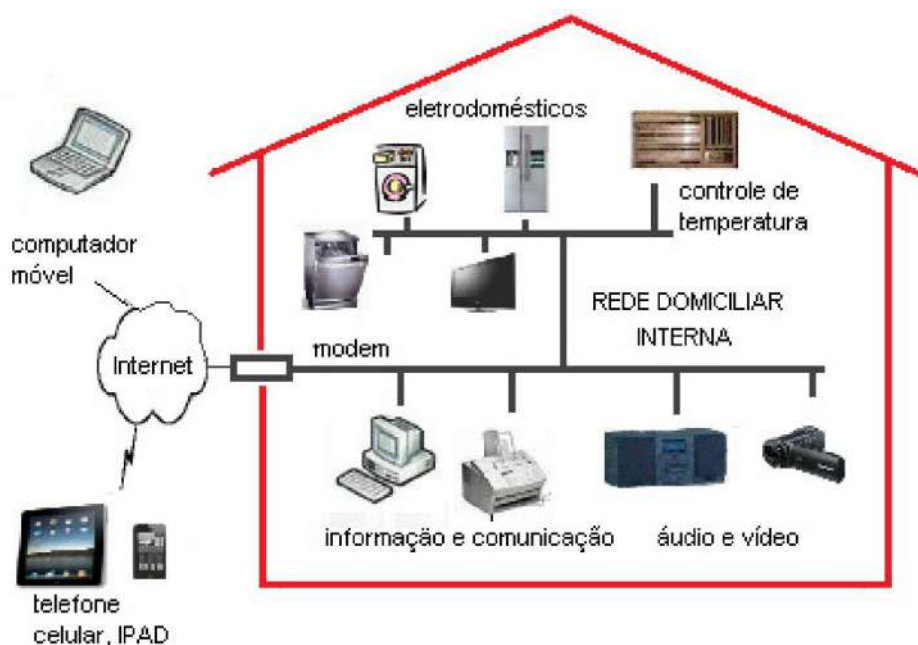
É preciso que exista uma legislação técnica para definir padrões dos equipamentos usados e das automações em instalações elétricas. Atualmente existem normas para instalações elétricas, porém faltam para instalações de automação. O que existem, no Brasil, são normas para cabeamento residencial de redes, de origem norte-americana, as quais definem padrões e referências para sua correta instalação e dimensionamento.

Nos países que ajustaram recentemente suas normas técnicas, pode-se observar o exemplo da Espanha, onde construções que superem um número mínimo de metros quadrados são obrigadas pelos seus novos códigos técnicos de edificação a instalarem certa quantidade de captadores solares térmicos e placas de células fotovoltaicas para promoção de sustentabilidade, seguindo uma norma. Também ocorre, com relação à energia, certo tipo de classificação energética nas casas, de modo que seu valor agregado seja computado de acordo com sua eficiência energética, depois da sua verificação pela fiscalização de órgãos competentes.

## 8. TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS NA INFRAESTRUTURA FÍSICA E LÓGICA

O planejamento de habitações com recursos de Domótica deve levar em consideração a utilização de tecnologias em sua infraestrutura física e lógica. Atualmente, existe uma grande diversidade tecnológica envolvendo casas inteligentes e seus sistemas domóticos, porém a falta de integração entre eles impede a universalização do seu uso. A infraestrutura de um ambiente inteligente básico pode ser vista na Figura 03.

Figura 03: Infraestrutura de um ambiente inteligente básico.



Fonte: Elaborada pelos autores.

As tecnologias envolvidas em Domótica permitem um vasto estudo relacionado à infraestrutura física e lógica, onde a maior concentração se situa nas seguintes áreas: Arquitetura e construção (instalações físicas e normas); Automação e controle (sensores e atuadores); Comunicação (redes de computadores); Processamento e reconhecimento de sinais (imagem, voz, movimento e outros); Sistemas operacionais (arquitetura de software); Teoria da informação (criação de algoritmos).

Dentre essas áreas listadas, a infraestrutura lógica, composta por programas e interfaces de comunicação exclusivas, é a mais delicada, exigindo soluções mais complexas. Surgiram muitas tecnologias interessantes, porém a existência de

múltiplas alternativas, sem compatibilidade entre elas, dificultou o processo de estabelecimento dessas novas tecnologias. Para tentar resolver estes problemas, surgiram vários movimentos de normalização. Também houve a abertura de projetos, que antes eram propriedade de grandes empresas. A tecnologia conhecida como X10, muito usada nos Estados Unidos, passou por esse processo de abertura que, graças à expiração de sua patente, foi possível ser usada por qualquer empresa nos processos de automação residencial (NUNES, 2002).

Os movimentos de normalização ocorridos fizeram com que várias tecnologias estivessem à disposição e continuassem a disputar entre si, o que não permitiu uma padronização mais efetiva, gerando uma barreira na redução dos custos e dificuldade na escolha da melhor alternativa de tecnologia, tornando difícil um maior avanço na aplicação da Domótica. As preocupações atuais dos vários centros de pesquisa no estabelecimento de um padrão de tecnologia estão focadas na compatibilização entre equipamentos de diversos fabricantes, não só com relação aos meios físicos e formas de transmissão dos sinais, como também na ênfase em sistemas abertos, tanto no que diz respeito a equipamentos, quanto a programas, na viabilidade econômica e tecnológica, na segurança dos usuários e dos dados e no acordo com normas e regulamentos internacionais.

O objetivo principal passa a ser uma compatibilização de equipamentos que permita, por exemplo, que o usuário compre uma televisão na loja, chegue em casa e abra a caixa, conecte a mesma na rede de energia de sua casa e ela automaticamente se comunique e interaja com o decodificador de TV a cabo, o gravador de vídeo, o sistema de som e com a Internet. Essa rede doméstica, que configura a infraestrutura lógica da habitação, utiliza programas, equipamentos pontuais e centrais para promover a ligação entre a infraestrutura física e os dispositivos a serem controlados.

Segundo Domingues (2013), dentre as tecnologias usadas em Domótica destacam-se: PLC (Power Line Carrier), BUSLINE, wireless, e cabeamento estruturado. Os três primeiros sistemas têm como característica a pouca interferência na instalação elétrica já existente na habitação e, graças a sua facilidade de instalação, são mais indicados para estruturas já existentes e também para pequenas reformas. Para o caso de uma nova construção, os sistemas de cabeamento estruturado, com uso de centrais de automação, ainda são os mais indicados.

É importante esclarecer que as soluções de um projeto de casa inteligente podem fazer uso de diversos padrões, dependendo das necessidades e possibilidades, uma vez que haja compatibilidade entre eles e entre a central de automação, caso exista.

No que diz respeito à normalização de instalações domóticas, onde a infraestrutura física é necessária, mudanças nos projetos de instalação elétrica convencionais devem ser absorvidas e implementadas de forma a comportar as novas fiações.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As vantagens oferecidas pela Domótica podem proporcionar um ganho considerável na qualidade de vida da sociedade. Devido aos problemas com meio ambiente e escassez de recursos, também é importante destacar o uso das ferramentas de automação residencial para gestão do consumo de energia e monitoramento, bem como a utilização automática de fontes de energia alternativas.

Como resultado da análise do processo de integração dos diversos sistemas existentes na habitação, pode-se dizer que os principais desafios são os tecnológicos e sociais. Os desafios tecnológicos se resumem na preocupação com o estabelecimento de um padrão de tecnologia focado na compatibilização entre os equipamentos de diversos fabricantes, bem como a busca da interação através de formas mais naturais de interface do homem com a máquina, onde o computador funcionaria como uma entidade invisível, e a comunicação seria feita através de voz ou expressões gestuais. Os desafios sociais seriam a falta de consciência e cultura da população quanto à verdadeira importância da Domótica para o auxílio diário aos moradores de uma residência.

Com a entrada de sistemas de distribuição elétrica à base de *Smart Grid*, vários serviços poderão se transformar em soluções que poderão passar a pertencer à rotina de uma habitação, exigindo cada vez mais as mudanças de infraestrutura para sua implementação. A possibilidade de um aumento da taxa de transmissão das redes de comunicação de dados e facilidades de acesso através de uma melhor distribuição das mesmas deve favorecer a utilização e desenvolvimento da Domótica de forma considerável.

A falta de mão de obra qualificada também é um desafio a ser vencido. O surgimento de novas interfaces obriga os profissionais da área, no caso os projetistas,



a terem que desenvolver uma visão sistêmica e integrada. Algumas universidades em várias partes do mundo já estão adequando seus cursos para formação de profissionais com essa especialização.

A Domótica se torna, a cada dia, primordial para a integração de dois importantes contingentes da sociedade: idosos e incapacitados, que somados podem corresponder a 10 % da população brasileira, porcentagem essa que tende a aumentar graças ao envelhecimento populacional que é uma previsão das pesquisas. Por meio da Domótica, barreiras podem ser eliminadas quanto a questões como emprego, saúde, educação, acessibilidade, conforto e qualidade de vida, através da promoção da independência, privacidade, dignidade e integração social.

Finalizando, uma habitação suficientemente integrada, para assistir os usuários de forma consciente e confortável através da ajuda da tecnologia, onde todos os equipamentos eletroeletrônicos estejam interconectados, formando uma rede que possa se comunicar entre eles e com o usuário de forma interativa e proativa, ainda está longe de se tornar realidade, porém as expectativas mostram que esse conceito de habitação pode se tornar realmente o padrão do futuro.

## REFERÊNCIAS

ALDRICH, F. Smart Homes: Past, Present and Future. In: HARPER, R. (Ed.). **Inside the Smart Home**. Springer Verlag, Reino Unido, 2003. p.17-36.

AURESIDE. **Associação Brasileira de Automação Residencial**. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 13 nov. 2011.

BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes: um curso de domótica**. 1a. ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. 332p.

DOMINGUES, R. G. **A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. 147p.

DOMINGUES, R. G.; PINA FILHO, A. C. de. A Importância da Domótica para a Sustentabilidade das Cidades. In: VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Edificações, Infraestrutura e Cidade: do BIM ao CIM, 2015, Recife/PE. **Anais...** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015. p.303-315.

DOMINGUES, R. G.; PINA FILHO, A. C. de. **A Importância da Domótica para a Sustentabilidade das Cidades**. Brazilian Journal of Development (BJD), v.5, n.10, p.18477-18495. Curitiba: Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda., 2019.

ELOY, S. *et al.* Utilização de Domótica na Estratégia de Sustentabilidade Social e Ambiental. In: Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono, 2010, Lisboa. **Anais...** Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2010. p.22-24.

FORTY, A. **Objetos de Desejo: Design e Sociedade desde 1750**. Tradução: Pedro Maia Soares, São Paulo: Editora Cosac Naify, 1986. 352p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira, 2010**. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 321p.

LARCHER, J. V. M. **Diretrizes visando a melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. 160p.

MIGUEL, L.; NICOLAIO, K. **A democratização do ensino por meio da educação à distância**. TCC (Curso de Pedagogia), Faculdade Internacional de Curitiba (FACINTER), Paraná, 2008. 24p.

NUNES, R. Análise comparativa de tecnologias para Domótica. In: III Jornada de Engenharia de Automação, Controle e Instrumentação, 2002, Setúbal. **Anais...** JEACI, 2002.

PAULINO, C. A. **Estudo de tecnologias aplicáveis à automação da medição de energia elétrica residencial visando a minimização de perdas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 101p.

SATPATHY, L. **Smart housing: Technology to aid aging in place – New opportunities and challenges**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade do Estado de Mississippi, Estados Unidos, 2006. 173p.

UN DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS - Population Division. **World Population Prospects, 2010**. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

YUSUPOV, R. M.; RONZHIN, A. L. **From Smart Devices to Smart Space**. Herald of the Russian Academy of Sciences, v.80, n.1, p.63-68. Rússia: Pleiades Publishing, 2010.

# CAPÍTULO 10

## FDT-MAC: REDUZINDO A LATÊNCIA DAS COMUNICAÇÕES FULL-DUPLEX EM REDES MÓVEIS SEM FIO.

### Lucas de Melo Guimarães

Mestre em Informática (Universidade de Brasília, UnB, Brasília-DF, Brasil)

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Departamento de Ciência da Computação, Campus Darcy Ribeiro, Brasília-DF, Brasil

E-mail: lucasmg@aluno.unb.br

### Jacir Luiz Bordim

Doutor em Ciência da Computação (Japan Advanced Institute Of Science And Technology, JAIST, Japão)

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Endereço: Departamento de Ciência da Computação, Campus Darcy Ribeiro, Brasília-DF, Brasil

E-mail: bordim@unb.br

**RESUMO:** A crescente demanda por largura de banda impulsionou o estudo e o desenvolvimento da quinta geração (5G) de redes móveis. Espera-se que as redes 5G criem mecanismos que permitam uma melhoria no uso do espectro. *Antenas full-duplex* e técnicas de controle de acesso ao meio (MAC) tendem a ser fundamentais no panorama de redes 5G. Este trabalho propõe uma técnica MAC que reduz a latência da reserva de canal quando se considera o uso de antenas *full-duplex*. Resultados analíticos indicaram que a técnica proposta obteve ganhos de vazão de até 156 % quando comparado com um protocolo do estado da arte projetado para comunicações *full-duplex*. Quando comparado com esquemas tradicionais half-duplex, o ganho de vazão superou 400 %.

**PALAVRAS-CHAVE:** 5G, Comunicações Full-duplex, Protocolos MAC.

**ABSTRACT:** The growing requirement for high-data rate leveraged the studies on the fifth generation (5G) mobile networks. The designed 5G networks are expected to achieve its goals by devising ways to enhance spectrum usage. Full-duplex antennas and efficient medium access control (MAC) techniques tend to be paramount in the upcoming 5G networks. In this context, this work proposes a MAC layer technique to reduce the latency of channel reservation when full-duplex antennas are considered. Analytical results pointed that the proposed scheme achieved a throughput 156 % higher than a state of the art full-duplex technique. Regarding to traditional half duplex antenna MAC protocols, throughput improvement reached up to 412 %.

**KEYWORDS:** 5G, *Full-duplex* communications, MAC Protocols.

## 1. INTRODUÇÃO

No contexto de redes sem fio, há uma tendência entre os serviços existentes e potencialmente exploráveis de possuírem demanda rigorosa no que diz respeito a latência (RTT – Round Trip Time  $< 10\text{ms}$ ), vazão (a partir de  $5\text{ Gb/s}$ ) e densidade da rede (até  $900\text{ Gb/s/km}^2$ ) [Wang et al. 2015]. Para atender a estas rigorosas exigências e lidar com o aumento da necessidade de banda dos serviços de multimídia, a quinta geração (5G) de redes móveis sem fio tem sido apontada como uma alternativa viável em estudos de diversas áreas [Tang et al. 2016]. Como exemplo de serviços a serem beneficiados pelas vantagens decorrentes da adoção do 5G, podem-se citar os seguintes: Internet das coisas, redes veiculares e computação móvel baseada em nuvem [Wang et al. 2015].

Embora a adoção do 5G possa prover diversas vantagens, ela também impõe uma série de desafios a serem superados, tais como o aumento massivo da quantidade de dispositivos acessando o espectro, do volume de dados e dos serviços que se baseiam em informações de tempo real [Wang et al. 2015]. Com o intuito de lidar com estes desafios, as redes 5G baseiam-se no desenvolvimento de novas técnicas que possibilitem um uso do espectro mais eficiente, permitindo que mais dispositivos utilizem o espectro simultaneamente.

Neste contexto, espera-se que o emprego de antenas *full-duplex* possua um papel fundamental nas redes móveis operando sobre 5G [Tang et al. 2016] [Zhang et al. 2015]. O uso de antenas *full-duplex* apresenta diversas vantagens quando comparado com antenas *half-duplex*. Como exemplo dessas vantagens, destaca-se o aumento da vazão que resulta também em uma redução do atraso fim-a-fim [Zhang et al. 2016]. Entretanto, quando contrapostas com as antenas *half-duplex*, as antenas *full-duplex* possuem maior taxa de perda de pacote, menor confiabilidade do enlace e requerem uma fila maior para processar os pacotes recebidos [Zhang et al. 2016].

Além disso, as antenas *full-duplex* sofrem dos efeitos da autointerferência, isto é, a interferência percebida na antena quando esta está em um mesmo momento transmitindo e recebendo algum sinal [Zhang et al. 2015] [Tang et al. 2016] [Zhang et al. 2016]. Para contornar as limitações resultantes da autointerferência, diversas técnicas da camada física foram projetadas tornando o uso de antenas *full-duplex* viável [Zhang et al. 2015] [Murad and Eltawil 2017]. Estas técnicas impulsionaram a pesquisa de técnicas de acesso ao meio (MAC) projetadas para antenas *full-duplex*.

Uma abordagem cooperativa para comunicações utilizando antenas *full-duplex* é apresentada no protocolo “Janus” [Kim et al. 2013]. Tal protocolo é centralizado e possui as comunicações iniciadas pelo receptor, tendo como principal meta a maximização da vazão. Janus espera atingir tal objetivo fazendo um agendamento das comunicações de modo a aumentar a probabilidade de que uma antena esteja lidando com mais de uma comunicação ao mesmo tempo. Para isso, o protocolo utiliza taxas de transmissão adaptativas e reescalamento de pacotes ACK para conseguir maximizar a vazão da rede. O protocolo em questão faz uso de sinais pulso e tom para coletar informações relacionadas a seus vizinhos. Tais sinais permitem indicar determinadas condições da rede sem onerá-la, visto que são perceptíveis em até 5µs [Shih et al. 2009].

Zhang et al. propuseram o FD-MAC (*Full-Duplex MAC*) que explora as vantagens das antenas *full-duplex* de ter a capacidade de transmitir e receber sinais simultaneamente [Zhang et al. 2015]. O FD-MAC pode ser usado para lidar com diferentes tipos de comunicações (unidirecional e bidirecional) em uma rede que considera o uso de antenas *full-duplex*, conforme apresentado em [Zhang et al. 2015]. O FD-MAC é baseado no mecanismo de reserva de canal do padrão IEEE 802.11 [IEEE 2007] que requiere a troca de pacotes *Request to Send* (RTS) e *Full-Duplex Clear to Send* (FCTS) para evitar colisões.

Os protocolos de acesso ao meio baseados em comunicações *full-duplex* sofrem alguns problemas também presentes nos protocolos que usam *half-duplex*, tais como os problemas de terminal exposto e terminal escondido. Em antenas *half-duplex*, o problema de terminal escondido é comumente tratado com o uso de quadros RTS/CTS. Embora esses quadros previnam o problema do terminal escondido, eles introduzem uma considerável latência à rede [Jun et al. 2003]. No entanto, a maioria das técnicas de acesso ao meio (MAC) propostas para comunicações *full-duplex* baseia-se na utilização dos quadros RTS/CTS.

A principal contribuição deste trabalho é a proposta de uma nova técnica de acesso ao meio para comunicações *full-duplex* que se chama *Full-Duplex Tone Based MAC* (FDT-MAC). Ao invés de ser baseada em quadros RTS/CTS, o FDT-MAC explora sinais pulso/tom para tornar mais eficiente a reserva de canal quando as estações móveis estão equipadas com antenas omnidirecionais e *full-duplex*.

Resultados numéricos mostram que o FDT-MAC é capaz de realizar a reserva de canal em tempo significativamente menor que o gasto com a abordagem tradicional

baseada em quadros. Os resultados indicam que o FDT-MAC provê melhoria de até 156 % no que diz respeito à vazão quando comparado com FD-MAC. Quando comparado com uma técnica que considera comunicações *half-duplex*, o FDT-MAC provê ganhos de vazão de até 412 %. Os referidos resultados indicam que o FDT-MAC é capaz de explorar adequadamente as potenciais vantagens das antenas *full-duplex*.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta uma breve revisão sobre o modelo de antena considerado neste trabalho; A Seção 3 apresenta uma inovadora técnica de acesso ao meio que é a principal contribuição deste trabalho; A Seção 4 mostra os resultados analíticos de diversas avaliações realizadas para comparar o desempenho do FDT-MAC com abordagens tradicionais; Finalmente, a Seção 5 conclui o trabalho e aponta direções para possíveis estudos posteriores.

## 2. MODELO DE ANTENA

Esta seção detalha as características do modelo de antena considerado neste trabalho, além de discutir algumas das principais características das antenas *full-duplex*. Neste trabalho, utiliza-se a nomenclatura HD-MAC para o protocolo de acesso ao meio (MAC) do padrão IEEE 802.11 [IEEE 2007], uma vez que este foi projetado no contexto de antenas *half-duplex*. Conforme mencionado na Seção 1, a autointerferência ocorre quando uma antena está transmitindo e recebendo sinais simultaneamente [Zhang et al. 2015] [Tang et al. 2016] [Zhang et al. 2016].

O presente trabalho se refere ao fator de atenuação da autointerferência como  $K$  ( $0 \leq K \leq 1$ ). Tal fator denota a probabilidade de que uma comunicação não sofra os efeitos da autointerferência em cenários onde ocorre transmissão e recepção simultânea de sinais. Assim como diversos trabalhos da literatura, o nosso trabalho considera que o valor de  $K$  é tal que  $K \approx 1$ , uma vez que existem diversas técnicas que praticamente cancelam as perdas decorrentes da autointerferência [Choi et al. 2010]. Além disso, se assume que todos os quadros são transmitidos no modo omnidirecional. Ademais, considera-se que as antenas possuem capacidade de transmitir e receber sinais pulso e tom. Pulso e tom são senóides que não carregam nenhum tipo de informação. O tempo gasto para que uma antena perceba um sinal pulso/tom é de não mais que  $5\mu\text{s}$  [Shih et al. 2009].

Geralmente, estes sinais são utilizados com algum outro tipo de mecanismo para apontar alguma condição particular da rede [Guimaraes et al. 2015]. Assume-se ainda que uma antena é capaz de perceber a potência do sinal recebido e o ângulo de chegada dele com uma precisão razoável. Algumas técnicas existentes possibilitam precisão de ângulo de chegada de  $6^\circ$  para antenas omnidirecionais [Malajner et al. 2012]. Se a antena omnidirecional for considerada como um vetor de antenas direcionais em que cada elemento opera em modo omnidirecional, a precisão pode chegar a  $1^\circ$  [Giorgetti et al. 2009]. No que diz respeito à precisão da medida da potência do sinal recebido, ela é apontada como sendo de até 0.1dB [Amiri Sani et al. 2010]. O modelo de propagação considerado é o *Two-ray ground model* que é comumente utilizado na literatura [Liberti and Rappaport 1999]. Terminada a explicação sobre as considerações relacionadas ao modelo de antena, será apresentada a técnica de acesso ao meio para antenas *full-duplex* proposta neste trabalho.

### **3. CONTROLE DE ACESSO AO MEIO PARA COMUNICAÇÕES *FULL-DUPLEX***

Este trabalho propõe uma técnica de controle de acesso ao meio (FDT-MAC) para comunicações com antenas *full-duplex* baseada na utilização de sinais pulso e tom. O FDT-MAC considera a utilização de várias das características relacionadas a camada física de outras técnicas existentes para comunicações *full-duplex*, tais como as apresentadas em [Zhang et al. 2015] [Cheng et al. 2013]. Além disso, o FDT-MAC é capaz de lidar com alguns dos principais problemas das técnicas existentes, acarretando ganhos relativos à vazão da rede. Para atingir estes ganhos de desempenho, existem dois princípios do FDT-MAC que diferem das técnicas existentes. Os referidos princípios são os seguintes: Os quadros de controle (RTS, FCTS e ACK) são substituídos por sinais pulso e tom.

Em uma comunicação bidirecional, o nó A envia o tom ao nó B, se e somente se isso é necessário para a atualização do NAV. Quando este tom não é enviado por não ser necessário, denomina-se este comportamento de supressão de tom.

Estes princípios têm por objetivo melhorar a vazão da rede ao reduzir o tempo despendido com a reserva de canal em comunicações realizadas usando antenas *full-duplex*. O primeiro princípio efetivamente reduz este tempo, visto que os sinais pulso e tom podem ser transmitidos em menos tempo que os quadros (RTS, FCTS e ACK) como será mostrado posteriormente na seção 4.



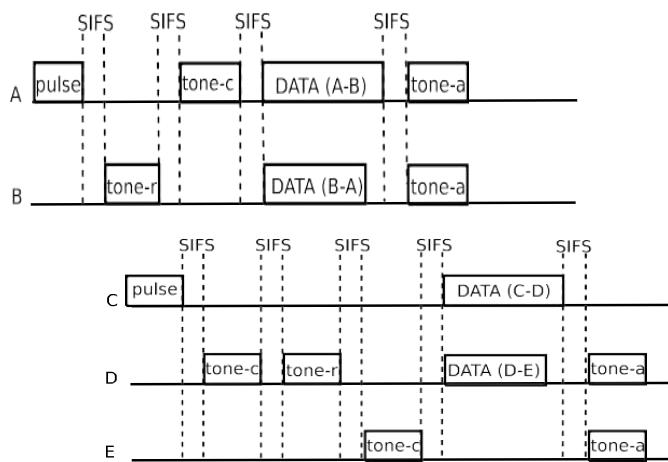
Entretanto, ao contrário do que ocorre com os quadros, os sinais pulso e tom não possuem cabeçalho com informações de controle de acesso ao meio (*MAC – Medium Access Control*). Então, é necessário desenvolver uma forma de codificar nos sinais pulso e tom as principais informações contidas no cabeçalho MAC (origem, destino e duração). Essa codificação é fundamental para a operação do FDT-MAC e será posteriormente detalhada. Exemplos de comunicação com o FDT-MAC tanto para enlaces unidirecionais quanto para bidirecionais estão ilustrados na Figura 01.

A Figura 01 (a) mostra um exemplo de comunicação sobre um enlace bidirecional. Neste caso, considera-se que o nó A possui pacotes de dados para enviar ao nó B que por sua vez possui pacotes a serem enviados de volta ao nó A. Primeiramente, o nó A espera até que seu contador de recuo binário atinja zero, de modo similar ao proposto no padrão IEEE 802.11.

Se a antena não estiver bloqueada, então o nó A transmite um sinal “pulso” (pulse) ao nó B. O nó B ao receber o pulso “percebe” que o sinal é direcionado a ele e que veio do nó A. Então, o nó B responde com um sinal “tom resposta” (tone-r) ao nó O “campo” duração do sinal tone-r é definido como sendo igual ao máximo valor dentre o recebido no pulso (TDATA (A,B)) e o calculado a partir do pacote de dados que o nó B tem para enviar ao nó A (TDATA (B,A)). Assim, a duração é definida como  $\max(TDATA(A,B), TDATA(B,A))$ . De modo análogo, o nó A “confirma” que o sinal tone-r recebido é destinado a ele e que veio de B. Logo, o nó A responde ao nó B um “tom de confirmação” (tone-c) com o “campo” duração sendo o valor máximo entre o recebido no tone-r (TDATA (B,A)) e o contido no pulso anteriormente enviado (TDATA (A,B)).

Os nós vizinhos que escutarem os sinais pulse, tone-r e tone-c estarão cientes da comunicação em curso entre os nós A e B sendo capazes de estabelecer seu NAV apropriadamente para prevenir colisões. Tendo sido concluída a reserva do canal, os nós A e B começaram a trocar pacotes de dados e sinais de “tom ACK” (tone-a), ao invés do pacote ACK tradicional. A Figura 01 (b) apresenta um exemplo de comunicação sobre um enlace unidirecional onde o nó C possui pacote de dados para enviar ao nó D enquanto o nó D por sua vez possui pacotes de dados para o nó E. Então, o nó C envia um pulso para D.

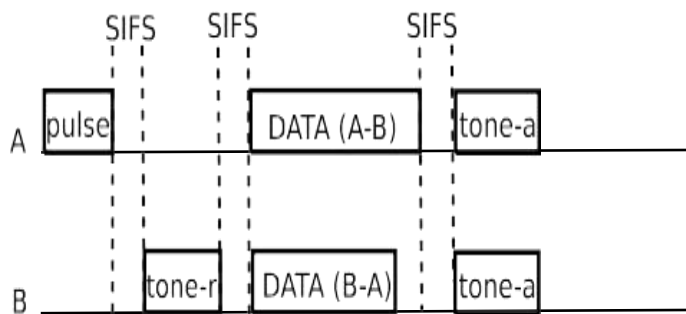
Figura 01. Exemplo de uma comunicação usando FDT-MAC.



Enlaces bidirecionais.

(b) Enlaces unidirecionais.

Figura 02. Exemplo da supressão de tom no FDT-MAC.



Neste momento, o nó D precisa responder a C confirmando o recebimento do pulso e também iniciar uma comunicação com E. Todavia, um sinal tom não pode ser “percebido” como sendo simultaneamente destinado aos nós C e E o que força o nó D a enviar primeiro um sinal tone-c ao nó C e depois enviar um sinal tone-r ao nó E. O nó C então recebe o tone-c e espera até que o nó D estabeleça a comunicação com o nó E, enquanto o nó E responde ao nó D com um sinal tone-c.

Finalmente, os nós C, D e E trocam pacotes de dados e sinais tone-a prosseguindo normalmente sua comunicação. Para os enlases unidirecionais, o campo “duração” dos sinais pulse, tone-r e tone-c é preenchido da mesma forma que fora explicado para os enlases bidirecionais. Novamente, o NAV é apropriadamente estabelecido pelos nós vizinhos que escutam os referidos sinais, de modo a prevenir colisões.

O segundo princípio do FDT-MAC tem por objetivo evitar o envio desnecessário de um sinal tom. Suponha que  $TDATA(i,j)$  denota o tempo gasto para enviar o pacote de  $i$  para  $j$  considerando o tamanho de seu pacote de dados e todas as etapas de reserva de canal. Portanto, se  $TDATA(A,B) \geq TDATA(B,A)$ , note que o tone-c enviado de A para B confirmando o campo “duração” como sendo  $\max(TDATA(A,B), TDATA(B,A))$  é desnecessário, uma vez que nesse caso  $\max(TDATA(A,B), TDATA(B,A)) = TDATA(A,B)$ .

Ou seja, os vizinhos do nó A já conheciam esse valor de campo “duração” e tinham o usado para atualizar seu NAV corretamente ao terem escutado o sinal pulse proveniente de A no início da comunicação. Então, neste caso o tone-c enviado de A para B é suprimido. Assim, ao invés de transmitir tone-c, o nó A inicia o envio dos quadros de dados conforme ilustrado na Figura 02. É importante mencionar que a supressão de tom economiza ainda um período de SIFS (*Short Interframe Space*) do tempo total da comunicação, melhorando assim a vazão total da rede como será discutido na seção 4.

### 3.1 CODIFICANDO DURAÇÃO, ORIGEM E DESTINO PARA OS SINAIS

A codificação das principais informações contidas no cabeçalho da camada MAC nos sinais pulso e tom possui um papel importante no funcionamento do FDT-MAC. Há três principais informações a serem codificadas: origem do sinal, destino do sinal e duração da comunicação. A duração da comunicação é codificada na duração do tempo de transmissão dos sinais pulso e tom ( $T_p$ ). Então, para o FDT-MAC,  $T_p = T_{sync} + \log_2 P_{sz}$ , onde  $P_{sz}$  representa o tamanho do pacote de dados em bytes e  $T_{sync}$  denota o tempo necessário de sincronização.

Conforme discutido na seção 2, os sinais pulso e tom podem ser percebidos em até  $5\mu s$  [Shih et al. 2009]. Portanto, considera-se que  $T_{sync}$  é igual a  $5\mu s$ . Note que a informação de duração codificada em  $T_p$  é a mesma para quaisquer dos sinais usados pelo FDT-MAC (pulse, tone-r, tone-c, tone-a). Estes sinais podem ser diferenciados entre eles por frequência, fase ou amplitude [Liberti and Rappaport 1999]. Logo, ao receber um sinal com duração  $T_p$ , um nó é capaz de prever a duração da comunicação que é análoga ao campo “duração” existente na camada MAC nos quadros de controle.

A origem e destino do sinal são identificadas com base em uma tabela que armazena a combinação da potência do sinal recebido (*RSSI – Received Signal Strength Indicator*) e do ângulo de chegada (*AOA – Angle of Arrival*). Como uma

antena é capaz de ajustar a potência de transmissão de acordo com o nó vizinho, um nó percebe que um sinal não é direcionado a ele quando o RSSI é maior que um limiar esperado [Mao et al. 2007]. A referida tabela pode ser montada a partir das mensagens de *broadcast* usadas pelos protocolos de roteamento e controle de acesso ao meio, visto que estas mensagens são utilizadas periodicamente em comunicações sem fio [Mohapatra and Krishnamurthy 2005].

Estas mensagens em *broadcast* identificam os nós origem e destino explicitamente nos cabeçalhos da camada MAC e possibilitam que cada nó armazene informações relativas à combinação potência do sinal recebido e ângulo de chegada de cada vizinho o que torna viável a montagem apropriada da tabela previamente referida. Como pode ser inferido, a codificação da origem e destino do sinal não deve levar a erros na identificação, isto é, a identificação tem que ser muito precisa para que o FDT-MAC seja viável. A seguir, será apresentada uma análise probabilística acerca da precisão desta identificação.

### 3.2 ANÁLISE PROBABILÍSTICA DA PRECISÃO DA IDENTIFICAÇÃO

Considere as notações presentes na Tabela 01. Baseado em uma análise similar que se baseia em corresponder as medidas possíveis de potência do sinal recebido e ângulo de chegada com o problema do aniversário (*Birthday Problem*), um cálculo de  $P_f$  foi feito em função das variáveis  $\epsilon$  e  $\tau$ . No que concerne ao  $\epsilon$ , há estudos que indicam a possibilidade de atingir uma precisão de até  $6^\circ$  para o ângulo de chegada em antenas omnidirecionais [Malajner et al. 2012]. Além disso, a precisão da potência do sinal recebido pode atingir 0.1 dB como relatado por [Amiri Sani et al. 2010]. Assim, assumindo estes valores ( $\epsilon = 6$ ,  $\tau = 0.1$ ), bem como que as características da rede e da antena tem os valores apresentados na Tabela 02,  $P_f$  foi calculado e apresentou um valor menor que  $3 \cdot 10^{-3}$ .

Vale ressaltar que na Tabela 02, onde há o valor “—” na tabela, significa que aquela variável não se aplica ao elemento da rede denotado na coluna correspondente. Ademais, considerando que o FDT-MAC pode operar sobre um vetor de antenas direcionais onde cada elemento do vetor funciona em modo omnidirecional, a precisão do ângulo de chegada alcança  $1^\circ$  [Giorgetti et al. 2009]. Neste caso, ( $\epsilon = 1$ ,  $\tau = 0.1$ ), o valor de  $P_f$  é menor que  $5 \cdot 10^{-4}$ . Portanto, os resultados apresentados mostram que a acurácia da identificação da origem e destino dos sinais possui uma probabilidade desprezível de erro o que torna o FDT-MAC viável. Em

seguida, serão apresentados os resultados obtidos neste trabalho que avaliam o impacto do uso do FDT-MAC.

Tabela 01.: Notações.

|               |                                                                       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| $\Delta(G)$   | Grau máximo do grafo $G$ (topologia da rede).                         |
| $\varepsilon$ | Precisão da medida de ângulo de chegada do sinal ( $^{\circ}$ ).      |
| $\tau$        | Precisão da medida de potência do sinal recebido (dB).                |
| $g(x)$        | Ganho de antena do nó $x$ .                                           |
| $G$           | Grafo que representa a topologia da rede.                             |
| $h(x)$        | Altura da antena.                                                     |
| $lo(x)$       | Perda de sistema do nó $x$ .                                          |
| $P_{sz}$      | Tamanho do pacote de dados (bytes).                                   |
| $P_f$         | Probabilidade de erro de previsão.                                    |
| $pow(x)$      | Potência de transmissão do nó $x$ .                                   |
| $R_c$         | Taxa de transmissão de dados do canal (Mbps).                         |
| $R_{Max}$     | Máxima potência do sinal.                                             |
| $R_{Min}$     | Magnitude mínima de sinal detectável pela antena (dB).                |
| $sh_{med}$    | <i>Shadowing</i> médio do meio de propagação.                         |
| $T_{slot}$    | Tempo de duração da fatia de tempo ( $\mu s$ ).                       |
| $T_{ACK}$     | Tempo de transmissão do ACK ( $\mu s$ ).                              |
| $T_{CT}$      | Tempo de transmissão do CTS ( $\mu s$ ).                              |
| $T_{DATA}$    | Tempo de transmissão do pacote de dados ( $\mu s$ ).                  |
| $T_p$         | Tempo de transmissão do pulso e do tom ( $\mu s$ ).                   |
| $T_{RT}$      | Tempo de transmissão do RTS ( $\mu s$ ).                              |
| $w$           | Razão entre a velocidade de propagação do meio e a velocidade da luz. |

Tabela 02: Parâmetros usados para cálculo de  $P_f$ .

| Parâmetro   | Transmissor | Receptor  | Meio  | Rede |
|-------------|-------------|-----------|-------|------|
| $pow$       | 15 dBm      | 15 dBm    | –     | –    |
| $g$         | 0 dB        | 0 dB      | –     | –    |
| $lo$        | 1,4691 dB   | 1,4691 dB | –     | –    |
| $h$         | 1,5 m       | 1,5 m     | –     | –    |
| $R_{min}$   | –94 dBm     | –94 dBm   | –     | –    |
| $R_{max}$   | 0 dBm       | 0 dBm     | –     | –    |
| $sh_{med}$  | –           | –         | 4 dB  | –    |
| $w$         | –           | –         | 0,125 | –    |
| $\Delta(G)$ | –           | –         | –     | 5    |

## 4. RESULTADOS

Esta seção apresenta as avaliações realizadas neste trabalho. Essas avaliações mostram o impacto positivo decorrente da utilização do esquema proposto. Para realizar essa tarefa, a avaliação apresentada baseia-se em métricas bastante referenciadas na literatura. Inicialmente, será apresentada uma estimativa de cota superior para a vazão considerando um cenário sem colisões. Este cálculo da vazão máxima é utilizado na literatura para comparar técnicas de controle de acesso ao meio [Sakano et al. 2013] [Liu et al. 2012] [Jun et al. 2003].

Embora a vazão máxima provenha uma cota superior para as técnicas avaliadas, ela não leva em consideração o impacto gerado pelo crescimento da janela do recuo binário no desempenho da rede. Para se obter uma estimativa mais precisa da vazão sob condições de tráfego intenso, muitos modelos foram propostos na literatura, tais como os apresentados em [Bianchi 2000] [Tinnirello et al. 2010]. Estes modelos consideram que a rede está saturada, ou seja, que cada nó sempre possui pacotes a transmitir, o que vai fatalmente levar a colisões e ao aumento da janela do recuo binário. Neste trabalho, quando esta condição de saturação é considerada, denota-se a vazão como vazão de saturação.

É importante mencionar que o modelo de Bianchi é utilizado como ferramenta de avaliação de várias técnicas de controle de acesso ao meio [Sagari et al. 2015] [Nayak et al. 2017]. Portanto, o modelo de Bianchi será usado para realizar avaliações do desempenho da rede em condições de saturação. Conforme apresentado posteriormente, com algumas pequenas modificações, o modelo em questão é capaz de avaliar tanto técnicas projetadas para comunicações *half-duplex*, quanto para comunicações *full duplex*.

O presente trabalho apresentará uma avaliação do FDT-MAC nos dois contextos supracitados, isto é, tanto em ambientes livres de colisão quanto em ambientes saturados. Para essas avaliações serão usadas a vazão máxima e a vazão de saturação propostas em [Jun et al. 2003] e [Bianchi 2000], respectivamente. Vale ressaltar que o aumento da vazão máxima e da vazão de saturação implicam diretamente na redução do atraso a fim e na redução da latência da rede.

No entanto, estas métricas não serão diretamente avaliadas neste artigo por limitações de espaço. Nas comparações em questão, o FDT-MAC terá seus resultados contrapostos com uma técnica projetada para comunicações *full-duplex* (FD-MAC) e com o padrão usado nas comunicações *half-duplex* (HD-MAC).

Assim, será mostrado que o FDT-MAC possui melhor desempenho que o FD-MAC e também que consegue aproveitar bem o potencial teórico das comunicações *full-duplex*, visto que possui em quase todos os casos avaliados desempenho mais de 100 % superior ao HD-MAC. Além disso, será apresentada uma discussão do impacto da supressão de tom na vazão máxima. É importante mencionar que o atraso de propagação das transmissões foi considerado como desprezível para todas as análises apresentadas. Além disso, a supressão de tom foi considerada como estando habilitada apenas quando expressamente mencionada.

#### 4.1 VAZÃO MÁXIMA

A seguir, será apresentado o cálculo da vazão máxima ( $S_{max}$ ). Este cálculo foi feito baseado na seguinte definição [Jun et al. 2003]:

$$S_{max} = 8 \text{ Psz} / T_t, \quad (1)$$

Onde Psz denota o tamanho do pacote de dados e  $T_t$  denota o tempo total de transmissão. Além disso,  $T_t$  possui diferentes definições para HD-MAC, FD-MAC e FDT-MAC:

$$T_t = \begin{cases} L, & \text{para HD-MAC,} \\ L + T_{CT} + T_{SF}, & \text{para FD-MAC,} \\ L_{tone}, & \text{para FDT-MAC,} \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

$L = TRT + TCT + TDATA + TACK + TB + TDF + 3 \cdot TSF$ ,  $L_{tone} = 9/2 \cdot T_p + TDATA + TB + TDF + 9/2 \cdot TSF$ .

Com base na Equação (1), o  $S_{max}$  foi calculado para HD-MAC, FD-MAC e FDT-MAC. Nos cálculos, foi considerado que as comunicações sobre enlaces bidirecionais e unidirecionais (ilustradas na Figura 01) são equiprováveis. Foi considerado também que todas as comunicações possuem o mesmo tamanho de pacote de dados. Além disso, o cálculo foi feito levando em conta os parâmetros dos padrões IEEE 802.11a e IEEE 802.11b [IEEE 2007].

Tabela 03: Vazão máxima para diversos protocolos.

| Técnica | $R_C$<br>(Mbps) | $P_{sz}$<br>(bytes) | FDT-MAC             | HD-MAC              | FD-MAC        |                     |              |
|---------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|--------------|
|         |                 |                     | $S_{max}$<br>(Mbps) | $S_{max}$<br>(Mbps) | Ganho<br>(%)  | $S_{max}$<br>(Mbps) | Ganho<br>(%) |
| DSSS    | 1               | 256                 | 1,38                | 0,53                | 159,59        | 0,98                | 40,35        |
|         |                 | 512                 | 1,63                | 0,69                | 135,29        | 1,32                | 23,90        |
|         |                 | 1024                | 1,80                | 0,82                | 119,44        | 1,59                | 13,16        |
|         | 2               | 256                 | 2,25                | 0,82                | 175,82        | 1,48                | 52,09        |
|         |                 | 512                 | 2,88                | 1,16                | 148,52        | 2,16                | 33,33        |
|         |                 | 1024                | 3,35                | 1,47                | 128,21        | 2,81                | 19,38        |
| HR      | 11              | 256                 | 4,68                | 1,46                | <b>220,62</b> | 2,54                | <b>84,54</b> |
|         |                 | 512                 | 7,72                | 2,58                | 199,44        | 4,55                | 69,71        |
|         |                 | 1024                | 11,43               | 4,18                | 173,61        | 7,54                | 51,60        |
| OFDM    | 6               | 256                 | 6,36                | 2,92                | 117,86        | 5,38                | 18,24        |
|         |                 | 512                 | 8,33                | 3,93                | 111,69        | 7,44                | 11,94        |
|         |                 | 1024                | 9,82                | 4,75                | 106,89        | 9,18                | 7,04         |
|         | 12              | 256                 | 9,05                | 4,40                | 105,74        | 7,98                | 13,48        |
|         |                 | 512                 | 13,12               | 6,43                | 104,16        | 11,95               | 9,77         |
|         |                 | 1024                | 16,99               | 8,38                | 102,70        | 15,98               | 6,32         |
|         | 54              | 256                 | 13,43               | 7,17                | 87,21         | 12,58               | 6,72         |
|         |                 | 512                 | 23,74               | 12,58               | 88,70         | 22,41               | 5,94         |
|         |                 | 1024                | 38,92               | 20,40               | 90,74         | 37,11               | 4,87         |

A Tabela 03 mostra os resultados da comparação de  $S_{max}$  do FDT-MAC com o obtido quando se considera HD-MAC e FD-MAC para diferentes valores de tamanho de pacote de dados e taxa de transmissão do canal. Observando a Tabela 03, nota-se que o FDT-MAC pode prover significativa melhoria de vazão de até 220,62 % quando comparado com HD-MAC e de até 84,54 % quando comparado com o FD-MAC. Verifica-se ainda que o FDT-MAC obteve melhor resultado que o FD-MAC em todos os cenários avaliados, uma vez que  $L_{tone} \leq L + TCT + TSF$  vale para todos os casos avaliados.

O ganho do FDT-MAC é maior quando a latência da reserva de canal constitui uma maior porção do tempo total de transmissão, pois  $T_{DATA}$  não difere entre FD-MAC e FDT-MAC. É também notável que o FDT-MAC supera o HD-MAC em mais de 100 % na maioria dos casos. Isso significa que o FDT-MAC consegue explorar a vantagem teórica do uso de antenas *full-duplex*, visto que espera-se que antenas deste tipo provenham vazão duas vezes maior que quando utiliza-se antenas *half-duplex*.

## 4.2 VAZÃO DE SATURAÇÃO

A vazão de saturação mede a máxima vazão que o canal pode suportar sob condições estáveis de tráfego intenso [Bianchi 2000]. Para avaliar a vazão de saturação, nosso trabalho utiliza o modelo de Bianchi apresentado em [Bianchi 2000].



Este modelo foi projetado e muito utilizado para avaliação de técnicas de controle acesso ao meio (MAC) em termos de vazão em comunicações baseadas em antenas *half-duplex*.

Entretanto, este modelo também é apropriado para técnicas MAC que se baseiam em antenas *full-duplex*, pois o modelo se baseia no fato de que uma transmissão tem sucesso se somente um dos contadores de recuo binário dos nós atingir zero em um dado instante de tempo. Como esta condição é também válida para antenas *full-duplex*, o modelo em questão é viável para avaliar técnicas MAC que operam com antenas dos dois tipos, conforme é feito nos trabalhos [Zhang et al. 2015] [Cheng et al. 2013].

A definição matemática da vazão de saturação segundo modelo de Bianchi é [Bianchi 2000]:

$$S = (ps \cdot ptr \cdot Psz)/Tslotavg, \quad (3)$$

Tabela 04: Parâmetros usados na avaliação da vazão de saturação.

|                                                   |                  |
|---------------------------------------------------|------------------|
| <b><math>R_c</math> (para todas transmissões)</b> | <b>1 Mbps</b>    |
| <b>Tamanho do pacote de dados</b>                 | <b>8184 bits</b> |
| $T_{DF}$                                          | 128 $\mu s$      |
| $T_{SF}$                                          | 28 $\mu s$       |
| $K$                                               | 1                |

Onde:

$$Tslotavg = Tslot \cdot (1 - ptr) + ptr \cdot ps \cdot Ts + ptr \cdot (1 - ps) \cdot Tc,$$

$$Ts = Tt - TB,$$

$$Tc = TRT + TDF,$$

E  $ptr$  denota a probabilidade de pelo menos uma transmissão ocorrer durante uma fatia de tempo, enquanto  $ps$  denota a probabilidade de uma transmissão ocorrendo durante uma fatia de tempo ser bem sucedida. Estas probabilidades são dependentes dos parâmetros do algoritmo de recuo binário exponencial (tamanhos mínimo e máximo da janela de recuo binário) e da quantidade de nós da rede. Para maiores detalhes no que tange ao cálculo destas probabilidades, pode-se recorrer ao trabalho [Bianchi 2000] e suas referências.

Apenas uma mudança na Equação (3) é necessária para englobar também o caso em que ocorre comunicações com antenas *full-duplex*. Quando uma comunicação tem sucesso, o tamanho total de dados transmitidos ( $S$ ) deve ser a soma do tamanho dos pacotes das duas comunicações em andamento. Essa mudança se deve ao fato de que podem haver dados sendo transmitidos de A para B e de B para A em uma mesma comunicação, como ilustrado na Figura 01 (a). Portanto, para todos os resultados apresentados neste trabalho a vazão de saturação é considerado como:

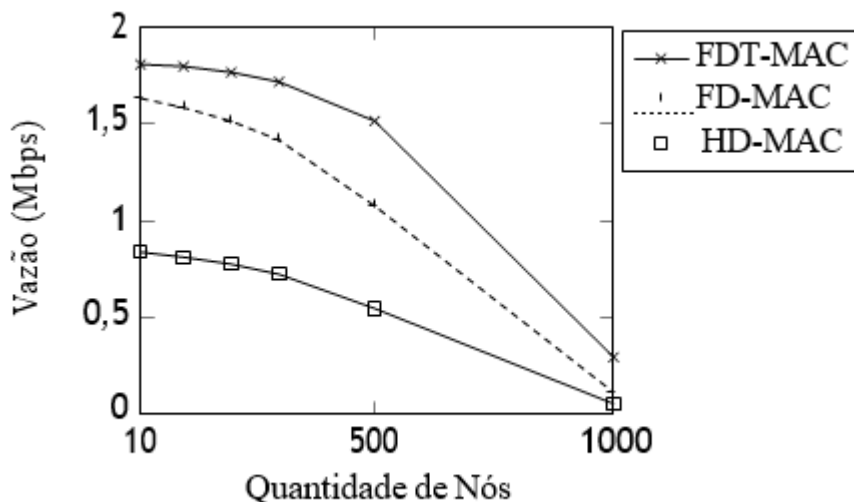
$$S = (p_s \cdot p_{tr} \cdot P_{szexp}) / T_{slotavg}, \quad (4)$$

$$P_{szexp} = P_{sz}^{ab} + P_{sz}^{ba}, \quad (5)$$

Onde  $P_{sz\ ij}$  denota o tamanho do pacote de dados provenientes do nó  $i$  para o nó  $j$ . Relembre que o FDT-MAC usa sinais pulso e tom ao invés de quadros RTS/CTS. Logo,  $T_c = T_{pulse} + T_{DF}$  para o FDT-MAC.

A partir das Equações (4) e (5), calculou-se a vazão de saturação para diversas quantidades de nós utilizando as técnicas HD-MAC, FD-MAC e FDT-MAC. Para este cálculo, os parâmetros utilizados foram os disponíveis na Tabela 04, uma vez que são os mesmos parâmetros usados em [Zhang et al. 2015] [Cheng et al. 2013]. O tamanho dos cabeçalhos das camadas MAC e física bem como os parâmetros da janela de *backoff* são os mesmos definidos no padrão IEEE 802.11b. A comparação do FDT-MAC com o FD-MAC e HD-MAC se encontra ilustrada na Figura 03.

Figura 03: Comparação da vazão de saturação para várias técnicas.



Observa-se que o FDT-MAC supera o FD-MAC e o HD-MAC em até 156 % e 412 %, respectivamente. Note que o ganho do FDT-MAC aumenta à medida que o número de nós aumenta, pois o FDT-MAC possui uma latência menor sendo capaz de lidar melhor do que o FD-MAC e o HD-MAC com ambientes saturados. O FDT-MAC aproveita a vantagem do uso de antenas *full-duplex*, visto que supera o HD-MAC em mais de 100 % em todos os casos avaliados. Note que nessa avaliação considerou-se que  $P_{sz} = 8184$  bits e  $R_c = 1$  Mbps, ou seja, TDATA constitui grande parte do tempo total de transmissão.

Se um tamanho de pacote menor e/ou uma taxa de transmissão maior fossem considerados, o ganho do FDT-MAC seria ainda maior, pois neste caso a latência da reserva de canal teria um impacto ainda maior sobre a vazão. Avaliou-se também o impacto da autointerferência em comunicações usando antenas *full-duplex* para diferentes valores do fator de autointerferência ( $K$ ) com algumas mudanças na Equação (4). Devido à falta de espaço, essas modificações não serão apresentadas. Os resultados indicaram que quando  $K$  diminui, a vazão de saturação do FDT-MAC e do FD-MAC diminuem drasticamente. Entretanto, quando  $K$  diminui, o ganho do FDT-MAC sobre o FD-MAC chega a 236 % (cenário com 1000 nós e  $K = 0,75$ ), confirmando o impacto positivo do FDT-MAC sobre comunicações usando antenas *full-duplex*.

#### 4.3 SUPRESSÃO DE TOM

Conforme explicado na seção 3, o FDT-MAC realiza a supressão do tom em algumas situações em que este tom extra é desnecessário. Para avaliar o impacto da supressão de tom, as seguintes variações de tamanho de pacote de dados foram avaliadas em termos de vazão máxima ( $S_{max}$ ):

- I)  $P_{sz}^{AB} = P_{sz}^{BA} = 256$  bits;
- II)  $P_{sz}^{AB} = 512$  bits,  $P_{sz}^{BA} = 256$  bits;
- III)  $P_{sz}^{AB} = 1024$  bits,  $P_{sz}^{BA} = 512$  bits.

Foi considerado ainda que todos os enlaces são bidirecionais. Devido a este comportamento e assumindo que para todas as comunicações dos cenários listados acima a supressão de tom acontece, a equação que descreve o  $L_{tone}$  foi modificada para o FDT-MAC. Uma vez que o tone-c enviado do nó A é suprimido (Figura 02), o  $L_{tone}$  é definido como:

$$L_{\text{tone}} = 3 \cdot T_p + T_{\text{DATA}} + T_B + T_{\text{DF}} + 3 \cdot T_{\text{SF}}. \quad (6)$$

Logo,  $S_{\text{max}}$  foi calculado com o auxílio das Equações (1) e (6). Os resultados destes cálculos estão exibidos na Tabela 05. Os resultados apontam uma vazão maior para o FDT-MAC em todos os casos. O ganho de vazão é de pelo menos 9 % chegando a ser de até 93 % nos cenários avaliados.

Note que os resultados do FDT-MAC para o cenário podem ser comparados ao  $S_{\text{max}}$  calculado sem considerar a supressão de tom (Tabela 03). Esta comparação é apresentada na Tabela 06 comparando o FDT-MAC com supressão de tom com o FDT-MAC sem ela.

Tabela 05: Vazão máxima com supressão de tom

| Técnica | $R_c$<br>(Mbps) | Cenário | FDT-MAC                    | FD-MAC                     | Ganho<br>(%) |
|---------|-----------------|---------|----------------------------|----------------------------|--------------|
|         |                 |         | $S_{\text{max}}$<br>(Mbps) | $S_{\text{max}}$<br>(Mbps) |              |
| DSSS    | 1               | I       | 1,39                       | 0,98                       | 41,99        |
|         |                 | II      | 1,23                       | 0,99                       | 24,75        |
|         |                 | III     | 1,35                       | 1,19                       | 13,59        |
|         | 2               | I       | 2,30                       | 1,48                       | 55,24        |
|         |                 | II      | 2,19                       | 1,62                       | 35,09        |
|         |                 | III     | 2,53                       | 2,10                       | 20,29        |
| HR      | 11              | I       | 4,90                       | 2,54                       | 93,04        |
|         |                 | II      | 6,01                       | 3,41                       | 76,10        |
|         |                 | III     | 8,81                       | 5,66                       | 55,78        |
| OFDM    | 6               | I       | 6,82                       | 5,38                       | 26,81        |
|         |                 | II      | 6,53                       | 5,58                       | 17,12        |
|         |                 | III     | 7,56                       | 6,88                       | 9,91         |
|         | 12              | I       | 10,08                      | 7,98                       | 26,32        |
|         |                 | II      | 10,62                      | 8,96                       | 18,50        |
|         |                 | III     | 13,38                      | 11,98                      | 11,65        |
|         | 54              | I       | 15,91                      | 12,58                      | 26,41        |
|         |                 | II      | 20,65                      | 16,81                      | 22,86        |
|         |                 | III     | 32,90                      | 27,83                      | 18,21        |

Tabela 06: Impacto da supresso de tom.

| Técnica | $R_c$<br>(Mbps) | Supressão de Tom |       | Ganho<br>(%) |
|---------|-----------------|------------------|-------|--------------|
|         |                 | Sim              | Não   |              |
| DSSS    | 1               | 1,39             | 1,38  | 0,72         |
|         | 2               | 2,30             | 2,25  | 2,22         |
| HR      | 11              | 4,90             | 4,68  | 4,70         |
| OFDM    | 6               | 6,82             | 6,36  | 7,23         |
|         | 12              | 10,08            | 9,05  | 11,38        |
|         | 54              | 15,91            | 13,43 | 18,47        |

$$I(P_{sz}^{AB} = P_{sz}^{BA} = 256 \text{ bits})$$

Observando a Tabela 06, infere-se que a utilização da supressão de tom no FDT-MAC aumenta sua vazão em até 18 %. Além disso, é notável que para OFDM (usada pelo padrão IEEE 802.11a) o impacto da supressão de tom é significativamente maior. Portanto, conclui-se que a supressão de tom possui um papel importante no FDT-MAC, uma vez que esta permite uma reserva de canal mais rápida em algumas situações, conforme descrito na seção 3. Essa avaliação conclui a análise do FDT-MAC apresentada neste trabalho. A referida análise mostrou que o FDT-MAC possui um impacto significativamente positivo sobre a vazão da rede, uma vez que o FDT-MAC consegue completar uma comunicação gastando menos tempo que as outras técnicas existentes com uma probabilidade desprezível de erro.

## 5. CONCLUSÃO

No que tange a 5G em redes móveis, o uso de antenas de *full-duplex* tem sido considerado como uma alternativa promissora para aumento da vazão. Neste contexto, este trabalho propôs uma técnica de acesso ao meio (FDT-MAC) que consegue realizar uma comunicação em tempo inferior ao despendido pelas demais técnicas existentes.

O ganho de vazão decorrente do uso do FDT-MAC foi mensurado como sendo de até 156 % e 412 % quando comparado com o FD-MAC e o HD-MAC, respectivamente. Como trabalhos futuros, seria interessante avaliar uma definição mais flexível do tempo de duração da transmissão dos dados (TDATA), ao invés de sempre considerar que  $TDATA = \max(TDATA(A,B), TDATA(B,A))$ .

Em situações em que um dos dois tempos envolvidos no cálculo seja muito maior que o outro, pode ser interessante a divisão deste tempo maior em mais de uma comunicação para evitar uma longa espera do nó que possui o menor tempo. Nesses casos, utilizando uma política apropriada de agendamento de comunicações, espera-se conseguir uma melhoria na vazão total da rede, uma vez que as comunicações melhor organizadas evitariam longos ciclos ociosos nos nós da rede.

## REFERÊNCIAS

- AMIRI SANI, A., ZHONG, L., AND SABHARWAL, A. (2010). Directional antenna diversity for mobile devices: characterizations and solutions. In *Proc. of the Sixteenth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pages 221–232, Chicago, USA. ACM.
- BIANCHI, G. (2000). Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 18(3):535–547.
- CHENG, W., ZHANG, X., AND ZHANG, H. (2013). RTS/FCTS mechanism based *full-duplex* MAC protocol for wireless networks. In *Globecom Workshops (GC Wkshps), 2013 IEEE*, pages 5017–5022. IEEE.
- CHOI, J. I., JAIN, M., SRINIVASAN, K., LEVIS, P., AND KATTI, S. (2010). Achieving single channel, full duplex wireless communication. In *Proceedings of the sixteenth annual international conference on Mobile computing and networking*, pages 1–12. ACM.
- GIORGETTI, G., MADDIO, S., CIDRONALI, A., GUPTA, S., AND MANES, G. (2009). Switched beam antenna design principles for angle of arrival estimation. In *Proceedings of the European Wireless Technology Conference*, pages 5–8, Rome, Italy. IEEE.
- GUIMARÃES, L. D. M., BORDIM, J. L., AND NAKANO, K. (2015). Using Pulse/Tone Signals as an Alternative to Boost Channel Reservation on Directional Communications. *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 98(8):1647–1656.
- IEEE (2007). IEEE Standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems-local and metropolitan area networks - specific requirements - part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications. IEEE Standard 802.11, Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- JUN, J., PEDDABACHAGARI, P., AND SICHITIU, M. (2003). Theoretical maximum throughput of IEEE 802.11 and its applications. In *Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Network Computing and Applications*, pages 249–256, Cambridge, MA, USA. IEEE.
- KIM, J. Y., MASHAYEKHI, O., QU, H., KAZANDJIEVA, M., AND LEVIS, P. (2013). Janus: A novel MAC protocol for full duplex radio. Technical report, Stanford University.
- LIBERTI, J. AND RAPPAPORT, T. (1999). *Smart antennas for wireless communications*. Prentice Hall PTR.
- LIU, W., NISHIYAMA, H., KATO, N., SHIMIZU, Y., AND KUMAGAI, T. (2012). A novel gateway selection method to maximize the system throughput of wireless mesh network deployed in disaster areas. In *Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2012 IEEE 23rd International Symposium on*, pages 771–776. IEEE.
- MALAJNER, M., PLANINSIC, P., AND GLEICH, D. (2012). Angle of arrival estimation using RSSI and omnidirectional rotatable antennas. *IEEE Sensors Journal*, 12(6):1950–1957.
- MAO, G., ANDERSON, B. D. O., AND FIDAN, B. (2007). Path loss exponent estimation for wireless sensor network localization. *Computer Networks*, 51(10):2467–2483.

MOHAPATRA, P. AND KRISHNAMURTHY, S. (2005). *Ad Hoc Networks: technologies and proto- cols*. Springer.

MURAD, M. AND ELTAWIL, A. M. (2017). A Simple Full-Duplex MAC Protocol Exploiting Asymmetric Traffic Loads in WiFi Systems. In *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2017 IEEE*, pages 1–6. IEEE.

NAYAK, P., GARETTO, M., AND KNIGHTLY, E. W. (2017). Multi-user downlink with singleuser uplink can starve TCP. In *INFOCOM 2017-IEEE Conference on Computer Communications, IEEE*, pages 1–9. IEEE.

SAGARI, S., BAYSTING, S., SAHA, D., SESKAR, I., TRAPPE, W., AND RAYCHAUDHURI, D. (2015). Coordinated dynamic spectrum management of LTE-U and Wi-Fi networks. In *Dynamic Spectrum Access Networks (Dy SPAN), 2015 IEEE International Symposium on*, pages 209–220. IEEE.

SAKANO, T., FADLULLAH, Z. M., NGO, T., NISHIYAMA, H., NAKAZAWA, M., ADACHI, F., KATO, N., TAKAHARA, A., KUMAGAI, T., KASAHARA, H., ET AL. (2013). Disaster-resilient networking: a new vision based on movable and deployable resource units. *IEEE Network*, 27 (4):40– 46.

SHIH, K., LIAO, W., CHEN, H., AND CHOU, C. (2009). On avoiding RTS collisions for IEEE 802.11-based wireless ad hoc networks. *Computer Communications*, 32 (1):69–77.

TANG, R., ZHAO, J., QU, H., AND ZHANG, Z. (2016). Energy-efficient resource allocation for 5G full-duplex enabled device-to-device communication. In *Globecom Workshops (GC Workshops), 2016 IEEE*, pages 1–7. IEEE.

TINNIRELLO, I., BIANCHI, G., AND XIAO, Y. (2010). Refinements on IEEE 802.11 distributed coordination function modeling approaches. *IEEE Transactions on Vehicular Techno- logy*, 59 (3):1055–1067.

WANG, H., CHEN, S., XU, H., AI, M., AND SHI, Y. (2015). SoftNet: A software defined decentralized mobile network architecture toward 5G. *IEEE Network*, 29 (2):16–22.

ZHANG, X., CHENG, W., AND ZHANG, H. (2015). Full-duplex transmission in PHY and MAC layers for 5G mobile wireless networks. *IEEE Wireless Communications*, 22 (5):112– 121.

ZHANG, Z., LONG, K., VASILAKOS, A. V., AND HANZO, L. (2016). *Full-duplex wireless communications: challenges, solutions, and future research directions. Proceedings of the IEEE*, 104 (7):1369–1409.

# CAPÍTULO 11

## IMPLEMENTAÇÃO DE PLATAFORMA DE AUTOMAÇÃO POR DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA GESTÃO OPERACIONAL EM REFINARIA DE PETRÓLEO.

### **Diego Freitas de Almeida**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

E-mail: diegof789@gmail.com.br

### **Elizabeth Ferreira Cartaxo**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

E-mail: elizcartaxo@gmail.com

### **Nilson Rodrigues Barreiros**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

E-mail: nilbarr@gmail.com

### **Décio Luiz Reis**

Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus/AM – Brasil

E-mail: dercioreis@ufam.edu.br

**RESUMO:** Este artigo apresenta uma pesquisa da aplicação de plataforma de automação por dispositivos móveis objetivando otimizar o gerenciamento de rotinas e procedimentos operacionais de uma refinaria de petróleo, mais precisamente no setor de transferência e estocagem. A implementação da plataforma nesta prática se desenvolve em dois segmentos: rotinas operacionais e procedimentos de gestão. No primeiro caso, um breve mapeamento das rotinas operacionais é feito tal como os resultados são coletados e inseridos na plataforma. E no segundo, é apresentado um uso não convencional da plataforma para gestão de um procedimento de validação e acompanhamento de medidores automáticos, onde primeiramente é mapeado todo o fluxo de decisão considerando as etapas e os atores que o desempenham, até a análise dos resultados obtidos nos primeiros meses do emprego na refinaria. O trabalho envolve ainda o estudo da economicidade do monitoramento por meio de medidores automáticos e da viabilidade econômica de informatizar a tomada de decisão. Este estudo foi feito a partir de três cenários, analisando o comportamento dos custos variáveis, fixos e de não qualidade, baseado na confiabilidade do sistema. As técnicas de custeio utilizadas são de Custeio Direto e de Custeio por Atividade Orientado pelo Tempo (TDABC), encontrando ao final a redução de custos totais em até 79 % a partir do cenário original. Os resultados obtidos comprovam o ganho de eficiência da aplicação da plataforma de automação em procedimentos complexos compostos por sequências de tomadas de decisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Refinaria; Automação; Dispositivo móvel.

**ABSTRACT:** This paper presents a research on the mobile automation platform application aiming to optimize the management of routines and operating procedures of an oil refinery, more precisely in the transfer and storage sector. The platform implementation in this practice develops in two segments: operational routines and



management procedures. In the first case, a brief mapping of operational routines is done as the results are collected and entered into the platform. And in the second, an unconventional use of the platform for the management of an automatic meter validation and monitoring procedure is presented, where the entire decision flow is mapped considering the steps and the actors that perform it, until the analysis of the results obtained. in the first months of employment at the refinery. The work also involves the study of the economics of monitoring through automatic meters and the economic feasibility of computerizing decision making. This study was made from three scenarios, analyzing the behavior of variable costs, fixed and non-quality, based on system reliability. The costing techniques used are Direct Costing and Time-Oriented Activity Costing (TDABC), with a total cost reduction of up to 79 % from the original scenario. The obtained results prove the efficiency gain of the automation platform application in complex procedures composed by decision making sequences.

**KEYWORDS:** Refinery; Automation; Mobile device.

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de sistemas de automação em empresas é um processo evolutivo usual. Este artigo descreve um estudo de caso de uma ferramenta amplamente utilizada em refinarias de petróleo onde a inovação se destaca no uso não convencional desta ferramenta, com a programação de um procedimento múltiplo de decisões dentro de uma plataforma desenvolvida para servir como formas utilizadas para o monitoramento de instrumentos de medição de tanques. No Brasil, e em outros países, não há registro desse tipo de aplicação.

Para (Grossmann & Furman, 2009), a otimização em toda a empresa, denominada EWO, é uma nova área emergente que se encontra na interface da engenharia química e pesquisa operacional, e se tornou uma meta importante nas indústrias de processo devido às crescentes pressões para se manter competitiva no mercado global, envolve otimizar as operações de fornecimento, manufatura e atividades de distribuição de uma empresa para reduzir custos e estoques. Na indústria de petróleo, as ferramentas de controle e otimização avançadas representam um expressivo impacto para os desafios operacionais (Foss, 2012).

A fábrica inteligente, que é diferente dos sistemas de produção originais usados na indústria petroquímica, precisa avaliar e posicionar sua agenda de pesquisa futura, incluindo sua definição, intenção, estrutura e tecnologia. O pensamento de sistemas e a solução de problemas de sistemas para a fábrica inteligente devem ser priorizados (Li, 2016). Na literatura se encontram vários trabalhos relacionados à aplicação de sistemas inteligentes em processos de gestão, operação e manutenção na indústria de petróleo e gás (Gharbi & Mansoori, 2005); (Espíndola et al., 2013); (Sayda & Taylor, 2007); (Sweatt et al., 2015); (reza Akhondi, Talevski, Carlsen, & Petersen, 2010a); (Vellingiri, Ray, & Kande, 2013); (Gil, Santos, & Cardoso, 2013).

Segundo (Lustosa, de Mesquita, & OLIVEIRA, 2008) os sistemas podem ser classificados quanto sua forma de produção como: por projeto; contínuo; produção em massa; ou produção por lotes. No caso de sistema de produção por lotes, seus processos apresentam as seguintes características: alta flexibilidade devido a utilização de equipamentos para usos gerais; fluxo intermitente; baixo volume de produção; e dificuldade de controle devido ao fluxo desordenado. Ainda, para (Moreira, 2009) as organizações que trabalham com encomendas ou em mercados menores, este tipo de sistema é praticamente obrigatório e são sistemas compartilhados no primeiro estágio da maioria dos produtos. A atividade de

preparação de derivados comerciais de Petróleo, como gasolina e Diesel, se assemelha a este tipo de sistema de produção, porém com grandes volumes de produção.

Segundo (Campos, 2004), existem vários processos dentro de uma empresa que também podem ser considerados como um macroprocesso. Estender técnicas mais discretas para as indústrias de processo podem ser aplicadas em vários graus, dependendo das características específicas do ambiente em que se realizam esses processos (Abdulmalek, Rajgopal, & Needy, 2006). Tomando como exemplo uma refinaria de petróleo, tem-se uma série de processos, tais como, compra ou aquisição da matéria-prima (óleo cru), transporte, processos de separação, conversão, tratamentos, preparação e venda do produto final. A mão de obra, equipamentos, processos, produtos de processo, energia, e outros insumos, podem ser considerados as causas que levam ao resultado final, ou o efeito.

Souza & Abiko (1997) defendem que, se uma empresa não possui padrões definidos para os seus processos, todos os seus insumos podem ser transformados de maneiras diferentes. Com isso, os produtos recebidos nas diversas etapas do processo em alguns momentos estarão adequados, enquanto em outros não. Isto pode afetar a qualidade do produto final, que poderá passar por nova etapa de produção (retrabalho ou reprocessamento), e consequente aumento de custos devido ao desperdício de tempo e matéria prima. No caso da atividade de Refino de Petróleo, o não cumprimento de rotinas e processos pode ainda aumentar o risco de acidentes, gerando por consequências lesões pessoais, impactos ambientais, sociais e econômicos.

Reza Akhondi, Talevski, Carlsen, & Petersen (2010b) apresentam um estudo sobre o uso de redes de sensores sem fio em refinarias, petroquímicas e plataformas de petróleo e gás, com foco em redes que monitoram o processo de produção, para prevenir ou detectar problemas de saúde e segurança ou para aumentar a produção. Portanto, para Sharma et al., (2015) o planejamento de resposta a emergências é parte integrante e essencial da estratégia de prevenção de perda e segurança e compreende as ações tomadas para gerenciar, controlar e mitigar os efeitos imediatos de um incidente, e os mecanismos e ferramentas inteligentes para otimizar o gerenciamento de rotinas e procedimentos operacionais de uma refinaria de petróleo assumem a mesma importância no âmbito da eficiência operacional.

De acordo com Scartezini (2009), para que um sistema esteja com todos os seus processos funcionando de maneira adequada e completa, é necessário que haja a troca de informações entre processos “clientes” e processos “fornecedores”, sejam eles internos ou externos. Neste caso, nota-se que mesmo processos internos da empresa mantém relação mútua de cliente-fornecedor tanto com o processo que o antecede quanto o seguinte. Pinto (2013) ressalta que, o uso de tablets, smartphones e dispositivos móveis conectados a WiFi está gerando um crescimento explosivo em automação industrial e controle de processos.

A integração da tecnologia móvel está mudando o cenário rapidamente porque reduz os custos, melhora a eficiência operacional, aumenta a produtividade e as vendas, utilizando pessoas e recursos já existentes. Observando sempre as recomendações de segurança quanto a estabilidade da comunicação wireless visando evitar tráfego irregular de comunicação (Roosta, Nilsson, Lindqvist, & Valdes, 2008).

Portanto, como objetivo desta pesquisa-ação têm-se a implementação de uma plataforma de automação por dispositivos móveis em rotinas e procedimentos em um setor operacional de uma refinaria de petróleo, com o objetivo de otimizar a gestão operacional deste setor.

## **2. SOBRE A PLATAFORMA DE AUTOMAÇÃO POR DISPOSITIVOS MÓVEIS**

Qualquer processo que envolva a coleta de dados com documentos ou formulários em papel, porém que precise de um tratamento centralizado da informação, é um processo elegível a automação por dispositivo móvel. Alterar de um processo de papel para entradas e exibições em dispositivos móveis aumenta significativamente a produtividade do trabalhador. Os erros são muito reduzidos e o processo de relatório é acelerado (Pinto, 2013).

Todos os processos de uma empresa podem utilizar a automação móvel em alguma escala. A recomendação de (Pinto, 2013) é “(...) que ao em vez de simplesmente tentar replicar os softwares tradicionais em dispositivos móveis, a organização deve encontrar formas de otimizar sistemas baseados em dispositivos móveis”. Ou seja, isso implica que os dados a coletar devem ser pensados da forma em que eles estão disponíveis no campo para o operador.

Por exemplo, se um indicador chave de desempenho, ou KPI (*Key Performance Indicator*), diz respeito à disponibilidade de um determinado equipamento seria mais fácil ao operador coletar o horário e data de quebra e de retorno da manutenção do

equipamento para o sistema analisar esta informação e fornecer o tempo total em que o equipamento esteve indisponível.

O funcionamento destas plataformas de automação por dispositivos móveis consiste em uma arquitetura de rede comumente distribuída através de roteadores WiFi e servidores de sincronismo. Plataformas mais sofisticadas podem disponibilizar relatórios em tempo real com acesso extranet, inclusive a partir de tablets e smartphones.

O sistema implementado na Refinaria deste estudo adotou a solução *Wonderware Intelatrac* de propriedade do grupo multinacional francês Schneider Electric e comercializado pela *Invensys*. Este *software* já é utilizado em nível mundial por diversas empresas dos mais variados ramos, sendo especialmente popular entre empresas petrolíferas, detém 70 % do mercado nos USA. Setores de geração de energia, indústrias químicas e empresas de upstream<sup>1</sup> estão na lista de principais ramos de atuação ("*Wonderware Intelatrac Customer Success Profiles*," 2014).

A plataforma envolve comunicação entre os dispositivos móveis e a rede de gestão da empresa, atribuindo geração de relatório, operação de alarmes e interação com os sistemas já existentes na organização. Os PDA (*Personal Digital Assistants*) são equipamentos similares a smartphones com especificações industriais, ou seja, alta resistência à impacto, apropriados para uso em área classificada com atmosfera propensa a explosão. Cada posto de trabalho deve possuir um PDA e duas baterias. O equipamento também possui a função de leitura de etiquetas RFID (*Radio-Frequency Identification*) e código de barras.

Uma vez que as rotinas são realizadas pelo operador, estas devem ser aprovadas pelo Supervisor em um módulo de gestão, acessível a partir de um computador. As rotinas podem ser todas aprovadas de uma só vez, porém cada rotina que apresentar anormalidades precisa ser aprovada individualmente em uma segunda tela que permite ao supervisor identificar os itens que demandam atenção, além de ter acesso aos comentários, histórico e fotos, quando aplicável.

Para poder registrar os dados coletados, o operador primeiramente precisa realizar o reconhecimento do equipamento na área através da leitura da etiqueta RFID do equipamento. O operador deve aproximar o PDA à etiqueta RFID e comandar a

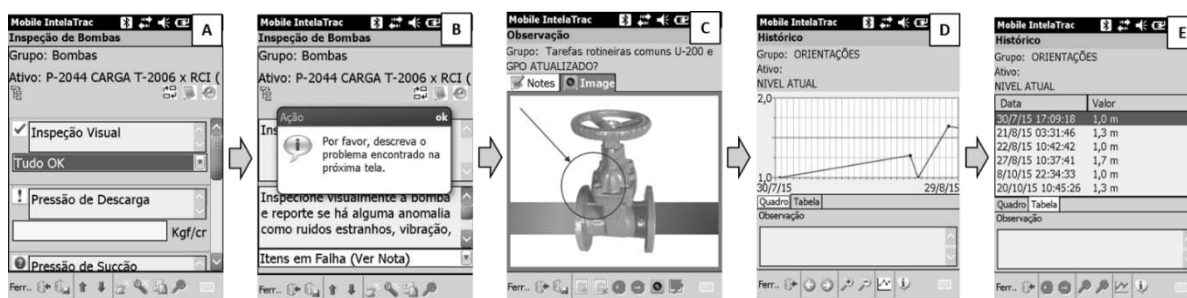
---

<sup>1</sup> *Upstream* é um termo utilizado na indústria do petróleo que significa a parte da cadeia produtiva que antecede o refino, abrangendo desta forma as atividades de exploração, desenvolvimento, produção e transporte para beneficiamento.

leitura. Esse mecanismo garante que as leituras sejam feitas em campo e no equipamento correto. Caso um dos dados encontrados ou medidos na área represente uma anormalidade, por padrão, uma mensagem de alerta aparece ao operador sinalizando que aquele valor está fora dos limites do equipamento. Esta mensagem pode ser customizada e incrementada, por exemplo com a ação que deve ser tomada pelo operador.

No exemplo da Figura 01, na primeira tela à esquerda, o operador preenche a rotina da bomba P-2044 até que um dos valores coletados é tido como anormal, então em (B) é emitida uma mensagem de alerta, e em (C) o operador é levado a uma tela para que seja incluída uma observação.

Figura 01 – Telas extraídas de PDA: (A) Rotina de um equipamento; (B) Mensagem de alerta; (C) Inserção de nota e foto; (D) Histórico em gráfico; e (E) Histórico em tabela.



Fonte: Os autores.

Ainda no módulo do PDA, o operador pode ter acesso ao histórico de qualquer tarefa que se fizer necessária uma tomada de decisão operacional. As telas de histórico podem ser vistas em (D) e (E) na Figura 01.

### 3. SISTEMATIZAÇÃO DA ROTINA OPERACIONAL

Este artigo aborda especificamente o desenvolvimento da implementação da plataforma Intelatrac no setor operacional de Transferência e Estocagem. Como destaque, esta Refinaria foi uma das últimas refinarias da empresa a receber a implementação desse tipo de sistema, porém foi a primeira a implementar no setor de Transferência e Estocagem, devido as dificuldades encontradas nas demais unidades em desenhar as operações atuais do setor e enquadrá-las ao modo operacional do projeto. Como forma de organização e divisão das rotinas, foram consideradas cinco

funções operacionais diferentes, cada uma com seu grupo específico de procedimentos, conforme descritas na Tabela 05.

Tabela 05 - Distribuição das funções de Transferência e Estocagem.

| <b>Funções</b> | <b>Responsabilidades</b>                                                         | <b>#Postos</b> | <b>#Procedimentos</b> |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|
| Área Norte     | Tanques e Bombas compreendidos na área norte; separador de Óleo da Área Norte.   | 2              | 8                     |
| Área Sul       | Tanques e Bombas compreendidos na área sul; caixas de águas oleosas na área sul. | 1              | 10                    |
| Área de GLP    | Cilindros, esferas e bombas da área de GLP                                       | 1              | 3                     |
| Painel         | Atividades de controle, acompanhamento e comando de operações.                   | 2              | 7                     |
| Sem Função     | -                                                                                | 1              | 3                     |

Fonte: Os autores.

No total foram criados 31 (trinta e um) procedimentos no sistema para a área de Transferência e Estocagem, com cobertura de toda a área operacional do setor, dividindo as atribuições entre as funções operacionais citadas, excetuando o supervisor. Os procedimentos criados “sem função” correspondem a formulários de livre acesso como, por exemplo, “Registro de Anomalia”, “Medição de Tanque” e “Drenagem”.

Os procedimentos foram criados contendo módulos internos, isso facilitou a padronização durante a criação de todos os procedimentos. Por exemplo, um procedimento que envolvesse a vistoria de bombas conteria o módulo de “Medição de vibração e temperatura” além de outros módulos, estando todos relacionados a seguir:

Medições de Vibração e Temperatura: Medir a vibração e temperatura em pontos próximo ao acoplamento do motor elétrico e da bomba, ou redutor. apenas em equipamentos dinâmicos. Parâmetros de equipamentos: Parâmetros que podem ser visualizados em campo como pressão, temperatura (termômetro de campo) e nível de vasos de óleo lubrificante ou líquidos refrigerantes.

Temperatura de tanques em campo: Todos os tanques devem possuir termômetro de costado, e a maioria também dispõem de acompanhamento de

temperatura por SDCD<sup>2</sup> fazendo desnecessário o acompanhamento da temperatura destes. Verificação de alinhamentos: Todos os alinhamentos compostos por tubulações extensas devem conter um alinhamento para alívio quando estiverem parados. Quando estes alinhamentos estão em operação a válvula de alívio geralmente deve estar fechada, quando estes não estiverem em operação, ou seja, parados, a válvula deve estar aberta. Isso se faz necessário devido a característica de expansão dos produtos quando submetidos a aumento de temperatura.

Verificação de diques: Diques são as áreas construídas em volta dos tanques que devem garantir que em caso de vazamento todo o volume do tanque fique ali contido no local. Contudo, devido à chuva os diques podem encher de água o que compromete sua capacidade de armazenamento em caso de sinistros ao tanque, por isso é importante o controle de volume drenando as águas de chuvas e mantendo as válvulas de drenagem sempre fechadas.

Caixas Oleosas: toda a água contaminada com óleo escorre até um ponto mais baixo em que fica localizada uma caixa oleosa. Quando esta caixa atinge o nível alto, a bomba inicia a transferência de seu conteúdo até a estação de tratamento de despejos industriais (ETDI). Nem todas as caixas operam com a bomba em automático, por isso a importância da vistoria no campo.

Estes blocos de atividades ocorrem em combinações diferentes nos 31 procedimentos de transferência e estocagem.

#### **4. PROCEDIMENTO DE VALIDAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE MEDIDORES AUTOMÁTICOS**

Segundo (Hein, 2008), o objetivo principal da lei 11.638 de 2007, que teve como origem o Projeto de Lei nº. 3.741/00, é tentar adequar as empresas brasileiras às exigências do mercado internacional, particularmente à Lei Sarbanes-Oxley (Borgerth, 2007), principalmente no que diz respeito a controles internos, conformidade e governança.

Iniciando uma uniformização das regras e práticas contábeis internacionais, principalmente os emanados pelo *International Financial Reporting Standards* (IFRS),

---

<sup>2</sup> O SDCD é um elemento da área de Automação Industrial que tem como função o controle de processos de forma a permitir uma otimização da produtividade industrial, estruturada na diminuição de custo de produção, viabilizando melhoria na qualidade de produtos, precisão das operações e garantia de segurança operacional (Gutierrez & Pan, 2008).



publicados e revisados pelo *International Accounting Standards Board* (IASB). Da necessidade de uniformizar as práticas de calibração e acompanhamento de instrumentos de medição, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) publicou uma Resolução conjunta com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) como guia para as empresas que atuam no ramo de petróleo e derivados no Brasil.

A Resolução foi publicada em junho de 2013 e acompanha um regulamento técnico de medição em dez tópicos, que abrange: a definição dos conceitos de unidades; determinação de critérios; dos tipos de medição de fluídos; da aplicabilidade dos sistemas de medição; amostragens; calibrações e inspeções; do formato de relatórios e forma de envio dos dados. Em especial, no item 9.5 Sistemas de Medição em Tanque, determina:

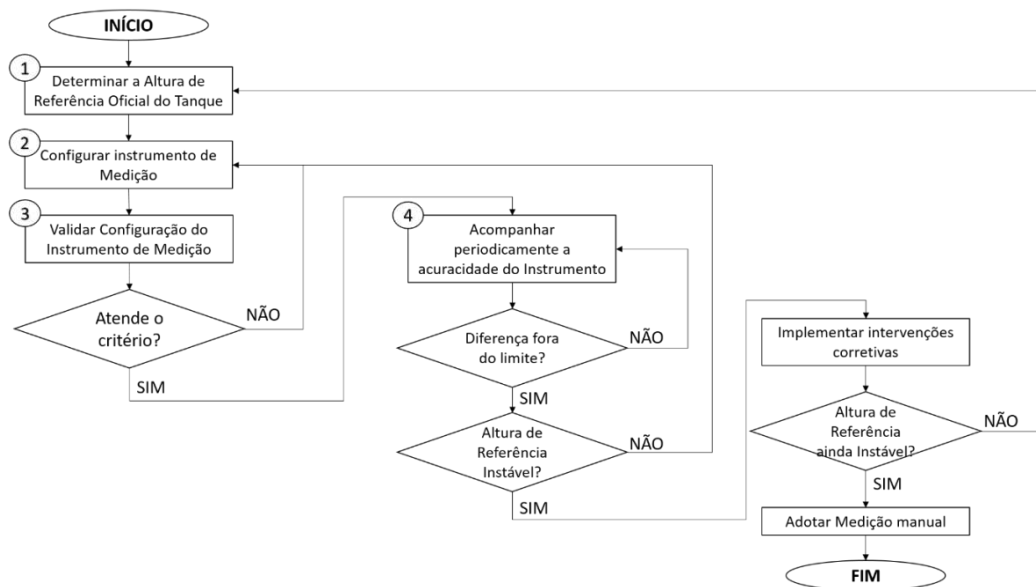
Os tanques utilizados para medição devem ser arqueados conforme requisitos técnicos e metrológicos estabelecidos pelo Inmetro, bem como devem ser submetidos periodicamente a inspeções internas e externas para observar a existência de danos, incrustações e depósitos de material que possam afetar a arqueação e a utilização normal dos tanques.

Os instrumentos de medição associados, sistemas automáticos de medição de nível, trenas e termômetros devem atender aos requisitos técnicos e metrológicos estabelecidos pelo Inmetro, quando aplicável ("RESOLUÇÃO CONJUNTA ANP/INMETRO Nº 1," 2013).

O procedimento existente na empresa para configuração, validação e acompanhamento de medidores automáticos de nível em tanques atmosféricos utilizados em transferências de custódia e inventário de produtos abrange Unidades de Operação do Refino e Terminais Terrestres e Aquaviários, incluindo a medição automática em tanques atmosféricos que possam medir tanto espaço cheio quanto espaço vazio em medições de transferências de custódias e de inventário. O procedimento não se aplica a medição automática de nível em tanques pressurizados que armazenam hidrocarbonetos líquidos, ou seja, esferas e cilindros de GLP ou gás natural liquefeito.

Em resumo, o procedimento é composto de quatro etapas: determinação da altura de referência oficial do tanque; configuração do instrumento; validação da medição automática; e acompanhamento periódico. Estas etapas podem ser vistas na Figura 02:

Figura 02 - Fluxograma do procedimento de Validação e Acompanhamento de Medidores.



Fonte: Os autores.

A determinação da altura de referência oficial do tanque é a etapa que verifica a altura de referência oficial quando submetida a condições diversas de operação (tanque preenchido de líquido em diferentes níveis) objetivando maior exatidão. Cabe à equipe de operação efetuar um estudo da medida da altura de referência através da medição manual em mais de um nível de produto armazenado no tanque (pelo menos três níveis): na parcela do primeiro 1/3 do tanque; na parcela representativa do meio operacional do tanque; e na parcela representativa do topo do tanque.

Após este estudo de variabilidade da altura de referência, é preciso implementar a média dessas medições manuais encontradas na configuração do medidor automático (se for o caso) e no sistema de monitoramento de inventário como altura de referência oficial do tanque, mesmo que não seja coincidente com a medida da altura de referência constante no Certificado de Arqueação do tanque realizado durante inspeção do Inmetro.

A etapa II de configuração é o passo pelo qual se ajusta a indicação de nível do medidor automático a partir da medição manual em um único nível do tanque. Primeiramente o operador deve realizar uma nova medição da Altura de Referência, observando não ultrapassar a diferença maior que 2 mm da altura média determinada na etapa I. Etapa concluída, o instrumentista comanda a medição da altura de referência de forma automática. A diferença máxima tolerada entre a medição manual e a automática é de 1mm. Com a altura de referência validada, o instrumentista

comanda a medição automática do nível do tanque, que também deve ser igual à medição manual diferindo em no máximo  $\pm 1\text{mm}$ .

A Validação é o procedimento apropriado da exatidão instalada do medidor automático de nível de produto. Este procedimento também compara, em 3 (três) diferentes níveis (próximo a 1/3, próximo ao meio e, próximo a 2/3 do nível de operação do tanque), a leitura da medição automática em relação a medição manual. Importante ressaltar que os limites de tolerância para a diferença entre medição manual e automática é de  $\pm 4\text{mm}$  para produtos claros que são envolvidos em operações de venda ou transferência de custódia. Para os tanques de petróleo este limite é de  $\pm 6\text{mm}$ , e para todos os demais é de  $\pm 25\text{mm}$ . No caso de uma das medições em uma das parcelas (topo, meio ou fundo) ficar fora do limite estabelecido, a medição deve ser repetida por outro operador.

Após a etapa de Validação, a medição automática está habilitada para ser considerada oficial em operações de faturamento e fechamento de inventário, e periodicamente realizados os procedimentos de acompanhamento dos medidores. Para tanto, a etapa de acompanhamento consiste de uma medição manual de nível do tanque realizada por um operador, que deve ser comparada ao nível apontado pela medição automática (telemetria), obedecendo ao limite máximo de diferença, e o tempo entre medições de acompanhamento também variando segundo o tipo de produto armazenado e para qual finalidade o mesmo se destina, conforme Tabela 02.

Tabela 02 - Resumo dos parâmetros para programação no sistema.

| Produtos               | Finalidade                                              | QTDE | Limite<br>$\Delta(\text{m-a})$ | ETAPA 1 |   |   | ETAPA 2 | ETAPA 3 |   |   | ETAPA 4 |    |    |
|------------------------|---------------------------------------------------------|------|--------------------------------|---------|---|---|---------|---------|---|---|---------|----|----|
|                        |                                                         |      |                                | T       | M | F | M       | T       | M | F | 1M      | 3M | 6M |
| Gasolina<br>(Naftas)   | Faturamento e Transferência de Custódia <b>com</b> EMED | 6    | $\pm 4\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X |         | X  |    |
|                        | Faturamento e Transferência de Custódia <b>sem</b> EMED | 2    | $\pm 4\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X | X       |    |    |
| Diesel<br>(Vários)     | Faturamento e Transferência de Custódia <b>com</b> EMED | 4    | $\pm 4\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X |         | X  |    |
|                        | Faturamento e Transferência de Custódia <b>sem</b> EMED | 1    | $\pm 4\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X | X       |    |    |
| Querosene de Aviação   | Faturamento e Transferência de Custódia <b>sem</b> EMED | 5    | $\pm 4\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X | X       |    |    |
| Composição de Petróleo | Transferência de Custódia                               | 7    | $\pm 6\text{ mm}$              | X       | X | X | X       | X       | X | X |         |    | X  |
| Óleos Combustíveis     | Faturamento e Transferência de Custódia <b>sem</b> EMED | 7    | $\pm 4\text{ mm}$              |         |   |   | X       | X       | X | X | X       |    |    |
| Asfálticos             | Faturamento e Transferência de Custódia <b>sem</b> EMED | 3    | $\pm 4\text{ mm}$              |         |   |   | X       | X       | X | X | X       |    |    |
| Demais Produtos        | Para fins de Inventário                                 | 3    | $\pm 25\text{ mm}$             |         |   |   | X       |         |   |   |         |    | X  |

T- Topo; M- Meio; F-Fundo. 1M- Mensal; 3M- Trimestral; 6M- Semestral.

Fonte: Adaptado (ANP & Inmetro, 2013).

A Refinaria dispõe de um total de 38 (trinta e oito) tanques de armazenamento em que o procedimento de Acompanhamento e Validação de Medidores é aplicável, também dispõe de um número restrito de operadores para realizar medições, pois a atividade de medição também conflita com outras rotinas e operações de áreas mais críticas.

Para atender o requerimento de medições com o tanque em diferentes alturas de nível de produto (topo, meio e fundo) que ocorre nas etapas I e III, seria necessário incluir a programação de medição na programação de operações, calculando assim o momento oportuno de medição entre uma operação A e B. Contudo as atividades programadas nem sempre ocorrem como o planejado, seja por motivos internos ou externos. Além disso, para realizar a medição é necessário que o tanque esteja completamente parado o que nem sempre é viável. Desta forma, seria mais conveniente realizar as medições por oportunidade, dadas as prioridades da operação.

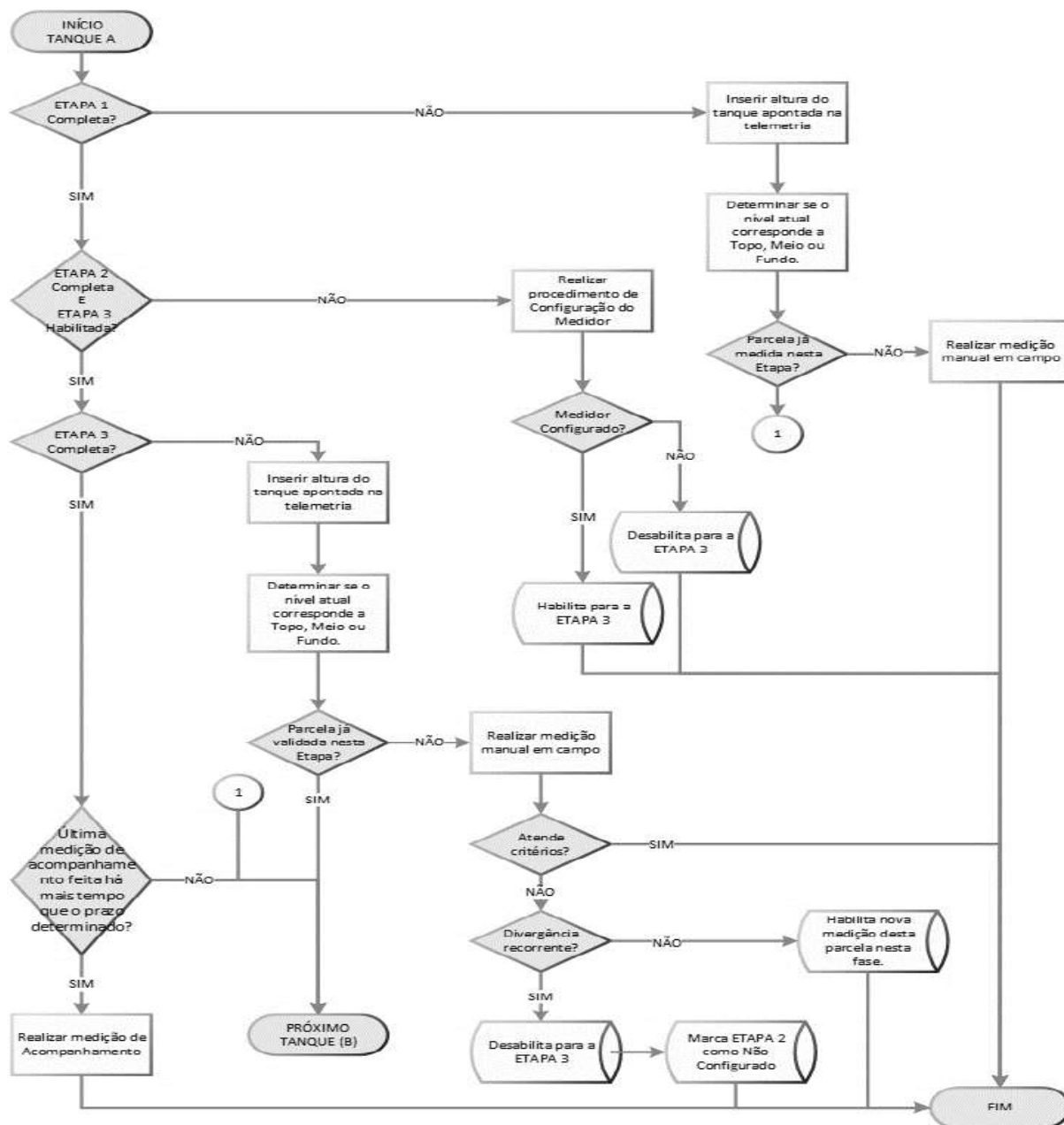
Para evitar medições repetidas desnecessárias é importante haver um controle das medições realizadas em cada tanque, para assim registrar por exemplo, que o tanque X de gasolina já foi medido no nível de Fundo na etapa III. Este controle poderia ser feito em planilha eletrônica compartilhada em rede, mas estaria sujeito a erros de digitação, além de permitir que por descuido um tanque que possuísse oportunidade de medição não fosse medido, ou os prazos na etapa de acompanhamento fossem perdidos.

Em outras Refinarias, este procedimento foi implementado de forma totalmente manual em planilha eletrônica com a gestão e acompanhamento em base diária do coordenador de medição. Porém, a Refinaria neste projeto optou por lançar um piloto da sistematização deste procedimento dentro da plataforma de automação por dispositivos móveis (Intelatrac). Esta solução deve entregar maior confiabilidade que controles de gerenciamento manuais, além de fazer registros no sistema online sempre acessíveis para geração de relatórios.

Implementadas as condições definidas no fluxograma, pode-se evitar que uma medição repetida seja feita desnecessariamente, observando que são 38 tanques abrangidos pelo procedimento, e a plataforma de gerenciamento de rotina não tem conexão com a telemetria, seria impraticável que o operador de painel conseguisse preencher tanque a tanque o seu status. O ideal seria filtrar apenas os tanques com pendência de alguma medição.

A Figura 03 mostra o fluxo de decisão que envolve as quatro etapas do procedimento adotado.

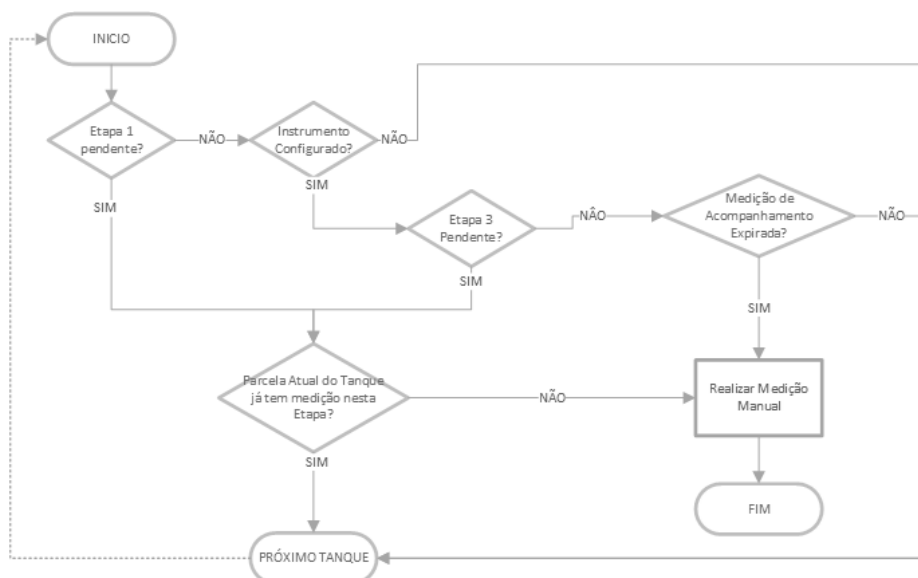
Figura 03 - Fluxo de decisão do procedimento de validação e acompanhamento de medidores.



Fonte: Os autores.

Considerando estes filtros, tem-se um fluxo de decisões automáticas do sistema a serem tomadas antes da medição manual, conforme mostrado na Figura 04.

Figura 04 – Bloco de fluxo de decisão para definir se há necessidade de medição manual.



Fonte: Os autores.

As ferramentas de TIC de assistência são aplicadas para atividades administrativas e ainda muito poucas são dedicadas às necessidades operacionais do trabalhador no nível da fábrica (Belkadi et al., 2019). A introdução dessas ferramentas promove transformações no processo de trabalho refletidas pela escolha do tipo de automação da gestão de produção adotada por uma empresa (Waschull, Bokhorst, Molleman, & Wortmann, 2019). Torna-se importante considerar neste aspecto, o significado hoje da automação para as pessoas que lidam com essas ferramentas e o impacto no exercício do seu trabalho e produção (Nof, 2009), observando sempre as tendências das tecnologias de automação implantadas (Bangemann et al., 2014).

O procedimento de Validação e Acompanhamento de Medidores Automáticos contempla pelo menos 3 funções operacionais, sendo: operador; instrumentista; coordenador de medição; e administrador do sistema. A função de operador, ainda pode se distinguir em: operador de campo; operador de painel; e supervisor.

## 5. RESULTADOS

Os resultados obtidos foram verificados de duas formas distintas, conforme a aplicação atribuída à plataforma. Primeiramente, verificou-se a realização e gerenciamento de rotinas operacionais, a aplicação mais usual. E por último, a sua aplicação não usual, que corresponde à sistematização de um procedimento de acompanhamento e validação de medidores automáticas e os efeitos na operação.



Com as anomalias apontadas e registradas é possível aplicar ferramentas de gestão para o tratamento e mitigação das mesmas, como análise de falhas, FMEA (Análise de Modo de Falha e Efeito), o próprio diagrama de Ishikawa, e aplicar a um plano de ação e acompanhamento.

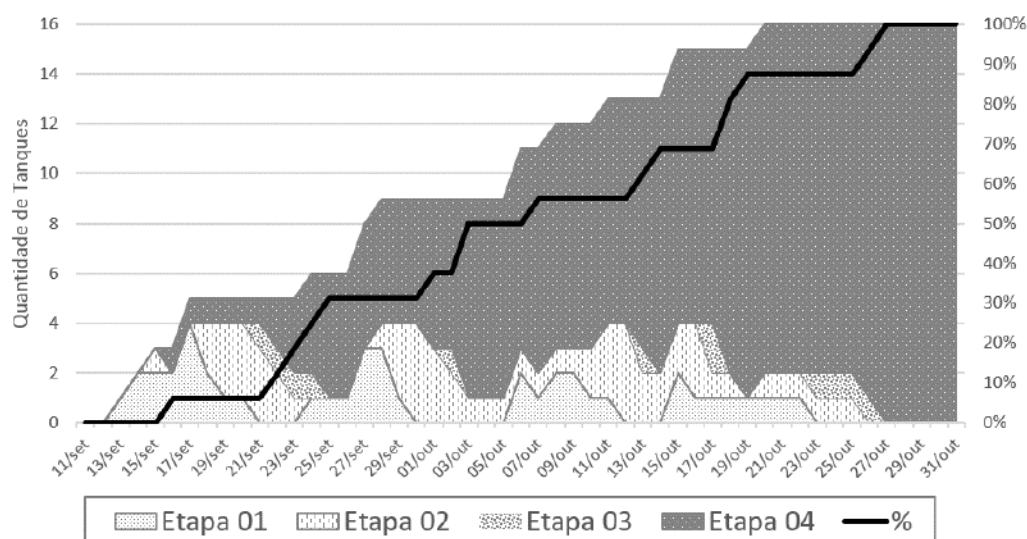
Quanto ao procedimento de validação e acompanhamento de medidores automáticos, por se tratar de uma medida de implantação em formato piloto e, as demais unidades estarem também iniciando o procedimento concomitantemente, não é possível levantar dados comparativos reais de eficiência do modo automatizado versus o manual. Porém, é possível demonstrar sua eficácia no cumprimento das exigências regulamentares e legais, tal como o alcance de resultados em tempo esperado, mesmo com apenas uma medição de tanque por turno de trabalho.

Neste primeiro momento, foram priorizados os tanques de produtos claros que são utilizados para fins de faturamento ou transferência de custódia, totalizando 16 tanques de ação imediata. O sistema fora implementado em setembro de 2017 e os resultados aqui expostos levam em consideração as operações realizadas no mês de setembro e outubro deste mesmo ano, sendo estes os primeiros dois meses de funcionamento no arranque e implementação do procedimento.

A

Figura 07 mostra o acumulado de quantidade de tanques por cada uma das quatro etapas completas, sobreposta uma linha que indica em porcentagem quantos tanques alcançaram a etapa final.

Figura 7 - Histórico da quantidade de tanques por etapa completa.



Fonte: Os autores.



Pode-se observar que em cerca de dois meses de operação (de 11 de setembro a 31 de outubro) foi possível alcançar a Etapa 4 em todos os 16 tanques de produtos claros. Totalizando 133 medições no período analisado de 51 dias, com três turnos por dia, um montante de 153 turnos de trabalho.

O procedimento funcionou muito bem em sua forma automatizada, demandando menos esforço e acompanhamento do Coordenador de Medição e, evitando medições desnecessárias à operação por falta de controle, além de todos os resultados estarem registrados para auditorias futuras e podendo ser consultados online dentro e fora da unidade de processo.

A

Tabela 03 apresenta as principais métricas de tempo com relação aos quatro estágios de validação do Tanque, na primeira tem-se “Tempo de Validação” que contabiliza o número de dias que um instrumento passou dentro das etapas desde a primeira medição da Etapa I até sua primeira medição de acompanhamento (Etapa IV).

Já o tempo total de validação, contempla desde o primeiro dia com o procedimento em vigor, até a primeira medição de acompanhamento do medidor, com isso, é possível observar que nos cinco dias iniciais o primeiro tanque já estava validado, enquanto o último fora validado em 46 dias.

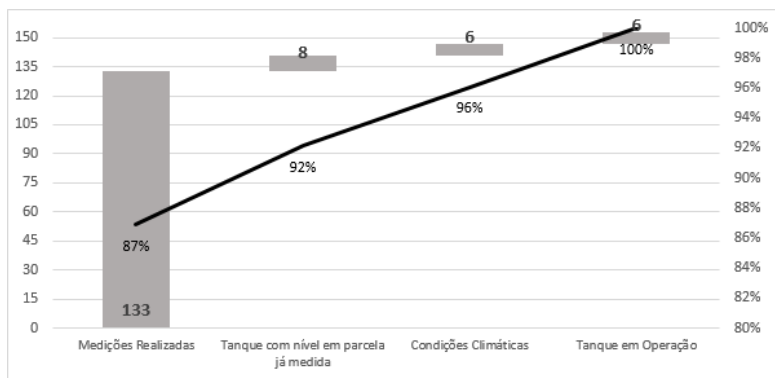
Tabela 03: Tabela dos tempos de validação de medidores.

| MÉTRICA (DIAS)     |       | Tempo em validação | Tempo total de validação |
|--------------------|-------|--------------------|--------------------------|
| Tempo em validação | Menor | 5                  | 5                        |
|                    | Maior | 18                 | 46                       |
|                    | Médio | 11                 | 28                       |

Fonte: Os autores.

Uma vez que o procedimento funciona por oportunidade, existem também turnos em que nenhuma medição foi possível, seja por disponibilidade do tanque, ou porque as etapas já estavam completas. O gráfico da Figura demonstra estas ocorrências, onde 87 % dos turnos trabalhados cumpriram a medição do dia e os demais justificaram.

Figura 08 - Gráfico de Pareto por turno e medições realizadas ou justificativas.



Fonte: Os autores.

Importante salientar que este procedimento de medição é novo para todas as unidades, e como já exposto, o formato sistematizado em plataforma de gerenciamento de rotina é inovador em refinaria.

## 6. ECONOMICIDADE DA INFORMATIZAÇÃO DO MONITORAMENTO

Em todos os cenários, a principal atividade envolvida que gera custo é a medição manual realizada pelo operador de campo. Esta atividade envolve o consumo de insumos, utilização de recursos, tempo de mão de obra e transporte para locomoção da área de controle até o tanque.

Como metodologia de estudo, foi mapeado o fluxo de processos dos três cenários: Cenário 01 (sem monitoramento); Cenário 02 (com procedimento de monitoramento manual); e Cenário 03 (com procedimento de monitoramento informatizado). O fluxo de processos indicará o tempo de uso de cada recurso, a quantidade de insumos consumidos e a confiabilidade do sistema.

### A. CENÁRIO 01

No Cenário 01, ao início e término de cada operação de faturamento é feito, ou deveria ser feito, uma medição manual. Um levantamento dos últimos seis meses demonstrou uma média 198 operações de faturamento por mês, o que significa 396 medições (duas para cada operação). A distância que deve ser percorrida para realizar cada medição de tanque é definida através da ferramenta de mapas e estimada como ida e volta, desde a sala de controle até a sala de medições, conforme ilustra Figura 09.

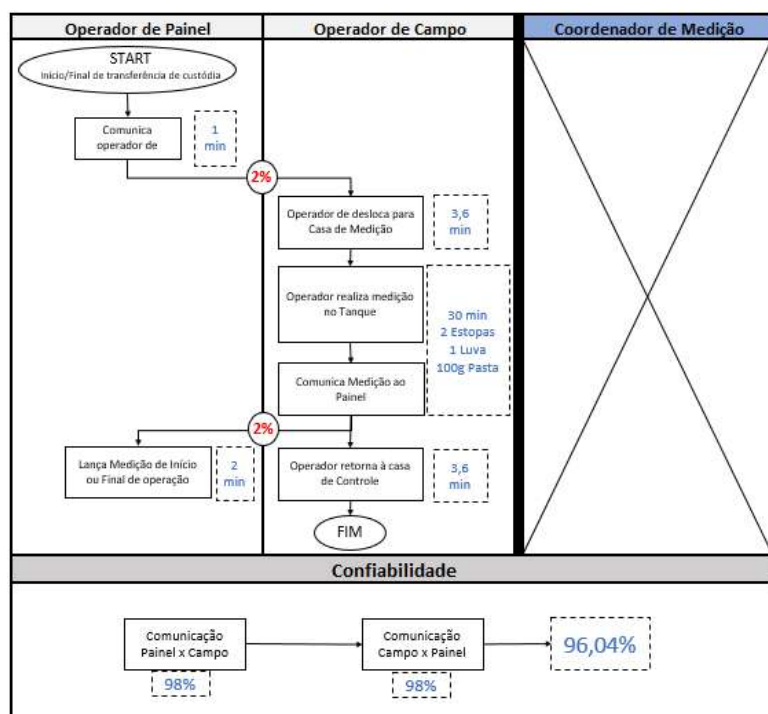
Figura 09 - Mapa com distância percorrida para realizar medição. Fonte: Google Maps (2019).



Fonte: Os autores.

A operação de medição envolve o operador de campo e o operador de painel. O histórico demonstra possibilidade de falha sempre que há necessidade de comunicação entre duas áreas, neste caso adota-se confiabilidade de 98 %, enquanto quando a comunicação acontece entre operação e coordenação a probabilidade de falha é o dobro. A Figura 10 detalha o fluxo desse processo.

Figura 10 – Fluxo do processo de medição no Cenário 01.

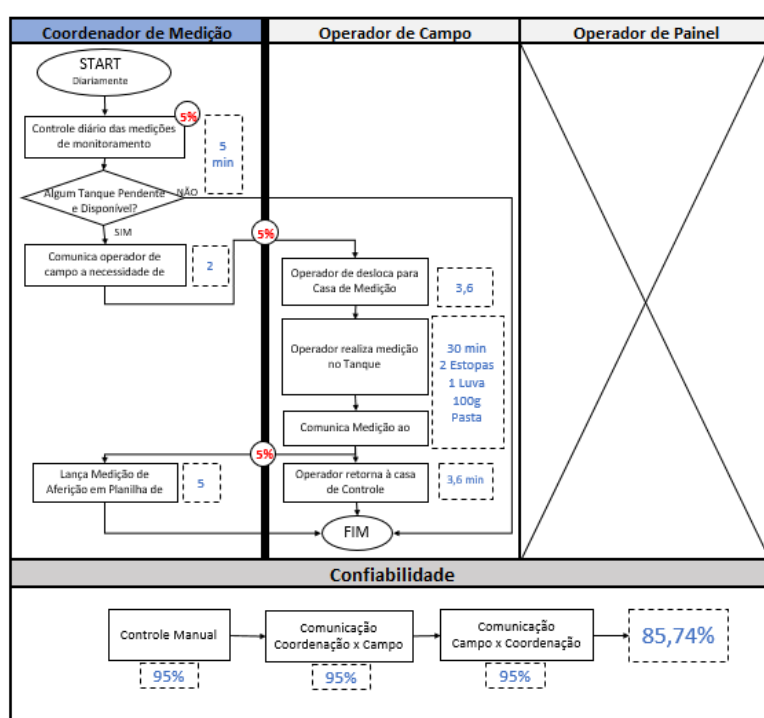


Fonte: Os autores.

## B. CENÁRIO 02

A principal mudança, é necessário apenas uma medição de aferição por mês para cada um dos dezesseis tanques de claros. O início do fluxo passa a ser na Coordenação de Medição, sem participação do Operador de Painel, portanto a confiabilidade do sistema fica mais vulnerável devido o histórico de falhas de comunicação entre o setor de coordenação e a área operacional, onde adotou-se 5 % de falha para cada via de comunicação. Também se considerou falha de 5 % para a controle manual desempenhado pela coordenação (Figura 11).

Figura 11 - Fluxo do processo de medição no Cenário 02.



Fonte: Os autores.

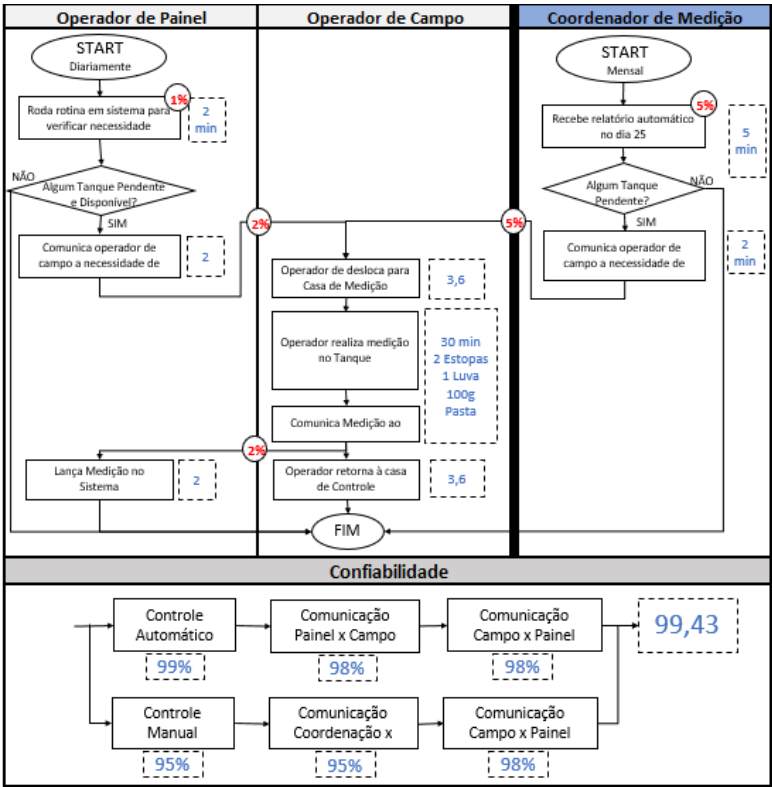
### C. CENÁRIO 03

Neste cenário, considerou-se o uso do sistema de gerenciamento que permite a customização e programação de rotinas a serem desempenhadas pela operação. Torna possível, através de programação lógica computacional, determinar uma sequência de tarefas, com a vantagem de registro digital e configuração para relatórios automáticos. O fluxo começa no Operador de Painei com a rotina informatizada e cálculos de tomada de decisão para o tanque a ser medido.

Assume-se a confiabilidade de 99 % do sistema utilizado as mesmas proporções de perdas de informação dos cenários 01 e 02. Além da rotina diária de

medição, uma vês por mês o coordenador de medição receberá o relatório de medições realizadas, gerado pelo sistema (Figura 12).

Figura 12 - Fluxo do processo de medição no Cenário 03.



Fonte: Os autores.

#### D. ANÁLISE DOS CUSTOS

Para efeitos comparativos entre cenários, foram consideradas apenas as variáveis influenciadas e que apresentariam valores diferentes em pelo menos um dos cenários. As variáveis de custos que não influenciam nos cenários foram descartadas da análise. Os custos diretos foram obtidos através do número de medições previstas em cada cenário e os custos indiretos foram calculados utilizando o tempo de ocupação dos recursos como direcionador para o fator de absorção. A Tabela 04 apresenta as variáveis desses custos.

Os valores de mão de obra estão em função da disponibilidade das funções, no caso de operadores de painel e campo, disponíveis 24 horas por dia, sete dias por semana, e a coordenação de medição, apenas em horário administrativo. Para a realização de medição no campo, há dois operadores por turno disponíveis. Os valores de custos de mão de obra são uma média a partir da folha de pagamento

dividida pelo total de Homens Hora. O Filtro Respiratório e os custos fixos foram absorvidos utilizando dados operacionais e tempo total de uso de fabricante.

A Margem de Falha é o valor de controle da Gestão de Inventário da unidade. Os preços de produtos também foram considerados como uma média dos últimos 6 meses.

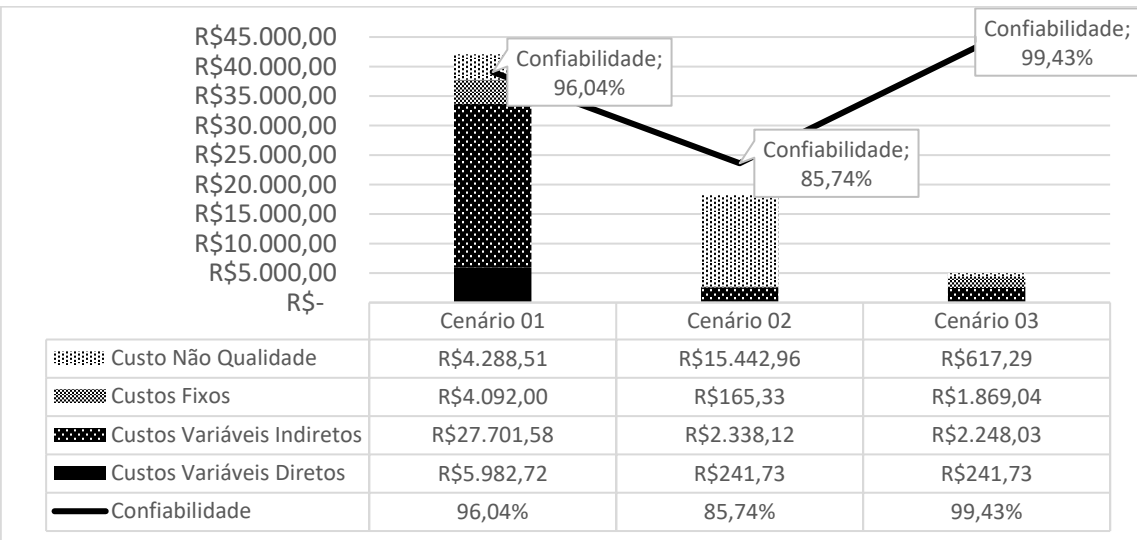
Tabela 04 - Análise dos Custos comparativa entre cenários.

| TIPO                   | Variável de Custo                    | R\$             | CENÁRIO 01 (396 Medições) |              | CENÁRIO 02 (16 Medições) |               | CENÁRIO 03 (16 Medições) |              |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------|
|                        |                                      |                 | Consumo por Medição       | R\$/Mês      | Consumo por Medição      | R\$/Mês       | Consumo por Medição      | R\$/Mês      |
| CUSTOS VARIÁVEIS       | Pasta de Produto (R\$/100g)          | R\$ 120,00      | 1 grama                   | R\$ 475,20   | 1 grama                  | R\$ 19,20     | 1 grama                  | R\$ 19,20    |
|                        | Estopa/Trapo (R\$/1000unid)          | R\$ 92,00       | 2 Unidades                | R\$ 72,86    | 2 Unidades               | R\$ 2,94      | 2 Unidades               | R\$ 2,94     |
|                        | Par de Luva Nitrílica (R\$/Unid)     | R\$ 12,90       | 1 Unidade                 | R\$ 5.108,40 | 1 Unidade                | R\$ 206,40    | 1 Unidade                | R\$ 206,40   |
|                        | Consumo Combustível (R\$/Km)         | R\$ 0,34        | 2,4 Km                    | R\$ 326,26   | 2,4 Km                   | R\$ 13,18     | 2,4 Km                   | R\$ 13,18    |
|                        | Filtro de Máscara EPI (R\$/4320h)    | R\$ 90,00       | 37,2 min                  | R\$ 5,12     | 37,2 min                 | R\$ 0,21      | 37,2 min                 | R\$ 0,21     |
|                        | Operador Campo (R\$/720h)            | R\$ 150.320,00  | 37,2 min                  | R\$ 25.630   | 37,2 min                 | R\$ 2.071,08  | 37,2 min                 | R\$ 2.071,08 |
|                        | Operador Painel (R\$/720h)           | R\$ 75.160,00   | 3 min                     | R\$ 2.067    | N/A                      | R\$ -         | 6 min                    | R\$ 167,02   |
|                        | Coordenação (R\$/160h)               | R\$ 13.342,00   | N/A                       | N/A          | 12 min                   | R\$ 266,84    | 7 min/mês                | R\$ 9,73     |
|                        | Aluguel do Carro (R\$/720h)          | R\$ 12.000,00   | 37,2 min                  | R\$ 4.092,00 | 37,2 min                 | R\$ 165,33    | 37,2 min                 | R\$ 165,33   |
|                        | Licença Sistema de Rotina (R\$/720h) | R\$ 83.333,33   | N/A                       | N/A          | N/A                      | N/A           | 55,2                     | R\$ 1.703,70 |
| CUSTO DA NÃO QUALIDADE |                                      | Margem de Falha | Confiabilidade            | R\$/Mês      | Confiabilidade           | R\$/Mês       | Confiabilidade           | R\$/Mês      |
|                        |                                      | R\$ 108.295,64  | R\$ 96,04%                | R\$ 4.288,51 | R\$ 85,74%               | R\$ 15.442,96 | R\$ 99,43%               | R\$ 617,29   |
| CUSTO TOTAL MÊS        |                                      |                 | R\$                       | 42.064,80    | R\$                      | 18.188,14     | R\$                      | 4.976,08     |

Fonte: Os autores.

Obteve-se então os valores totais apresentados na Figura 13, onde percebe-se uma grande redução dos custos variáveis do cenário 01 para o cenário 02. Isso porque com a implementação do monitoramento, o número de medições cai de 396 para apenas 16 por mês.

Figura 13 - Gráfico da variação dos custos conforme cada cenário.



Fonte: Os autores.

Porém, no cenário 02 há um aumento considerável de custo de não qualidade, pois o monitoramento ocorre de forma manual e com uma confiabilidade total 10 % menor, o que aumenta estes custos em mais de 300 % em relação ao cenário 01. Além disso, o nível de confiabilidade é inaceitável, o desejável é que os processos de controle tenham no mínimo 95 % de confiabilidade.

No cenário 03 percebe-se uma diminuição brusca dos custos de não qualidade com um pequeno aumento dos custos fixos relacionado ao custo da licença do sistema de automação. O nível de confiabilidade ultrapassa o desejável, isso porque há uma redundância de controle, sendo diário através do sistema automatizado e mensal de forma manual.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Gerir processos e rotinas envolve principalmente a capacidade de coletar e analisar as informações dispostas em uma área produtiva. Para a indústria de petróleo, o gerenciamento da informação de campo é ainda mais urgente e nem sempre é viável contar com uma malha completa de instrumentação e monitoramento das variáveis em tempo real, neste cenário a plataforma de automação por dispositivos móveis entrega flexibilidade e confiabilidade no monitoramento das variáveis de equipamentos de campo e no cumprimento de rotinas operacionais, utilizando gestão de alertas e severidade e, facilitando a geração de relatórios gerenciais analíticos.

A plataforma de automação pode ainda ter sua empregabilidade ampliada para o cumprimento de procedimentos complexos, que envolvem séries de tomadas de decisão e interação de diferentes atores operacionais. Como objeto de pesquisa, a aplicação de um procedimento de validação e acompanhamento de medidores automáticos em tanques de combustíveis claros em uma Refinaria de Petróleo demonstrou uma taxa de utilização dos turnos em 87 %, e validou todos os dezesseis tanques de combustíveis claros em menos de cinquenta dias desde sua partida.

Por fim, conclui-se que ainda outros procedimentos similares podem ter seu fluxo de decisão sistematizado utilizando a plataforma de automação por dispositivos móveis dentro desta refinaria e também extensível a outras unidades da empresa. Conclui-se que o Cenário 03 é o ideal e mais economicamente viável para a gestão de estoque da empresa.

## REFERÊNCIAS

- ABDULMALEK, F. A., RAJGOPAL, J., & NEEDY, K. L. (2006). A classification scheme for the process industry to guide the implementation of lean. *Engineering Management Journal*, 18(2), 15-25.
- RESOLUÇÃO CONJUNTA ANP/INMETRO Nº 1, DE 10.6.2013, (2013).
- BANGEMANN, T., KARNOUSKOS, S., CAMP, R., CARLSSON, O., RIEDL, M., MCLEOD, S., . . . STLUKA, P. (2014). State of the art in industrial automation. In *Industrial cloud-based cyber-physical systems* (pp. 23-47): Springer.
- BELKADI, F., DHUIEB, M. A., AGUADO, J. V., LAROCHE, F., BERNARD, A., & CHINESTA, F. (2019). Intelligent Assistant System as a context-aware decision-making support for the workers of the future. *Computers & Industrial Engineering*.
- BORGERTH, V. M. D. C. (2007). SOX: entendendo a Lei Sarbanes-Oxley: um caminho para a informação transparente. *São Paulo: Thomson Learning*, 95.
- CAMPOS, V. F. (2004). *TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)* (8o ed.): Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.
- ESPÍNDOLA, D. B., FUMAGALLI, L., GARETTI, M., PEREIRA, C. E., BOTELHO, S. S., & HENRIQUES, R. V. (2013). A model-based approach for data integration to improve maintenance management by mixed reality. *Computers in Industry*, 64(4), 376-391.
- FOSS, B. (2012). Process control in conventional oil and gas fields—Challenges and opportunities. *Control Engineering Practice*, 20(10), 1058-1064.
- GHARBI, R. B., & MANSOORI, G. A. (2005). An introduction to artificial intelligence applications in petroleum exploration and production. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 49(3-4), 93-96.
- GIL, P., SANTOS, A., & CARDOSO, A. (2013). Dealing with outliers in wireless sensor networks: an oil refinery application. *IEEE transactions on control systems technology*, 22(4), 1589-1596.
- GROSSMANN, I. E., & FURMAN, K. C. (2009). Challenges in enterprise wide optimization for the process industries. In *Optimization and Logistics Challenges in the Enterprise* (pp. 3-59): Springer.
- GUTIERREZ, R. M. V., & PAN, S. S. K. (2008). Complexo eletrônico: automação do controle industrial [BND S Setorial]. Retrieved Hein, C. E. J. (2008). Migalhas de Peso. Retrieved from <http://www.migalhas.com.br/dePeso/16,MI62091,81042-Lei+n+1163807+Obrigatoriedade+de+publicacao+das+demonstracaoe>
- LI, D. (2016). Perspective for smart factory in petrochemical industry. *Computers & Chemical Engineering*, 91, 136-148.
- LUSTOSA, L. J., DE MESQUITA, M. A., & OLIVEIRA, R. J. (2008). *Planejamento e controle da produção*: Elsevier Brasil.
- MOREIRA, D. A. (2009). *Administração da produção e operações* (C. L. S. Paulo Ed. 2 ed.). Cengage Learning: São Paulo.



NOF, S. Y. (2009). Automation: What it means to us around the world. In *Springer handbook of automation* (pp. 13-52): Springer.

PINTO, J. (2013, 1 de março de 2013). 2013. Mobile Devices in Automation. Retrieved from <https://www.automationworld.com/article/technologies/mobility/mobile-devices-automation>

RESOLUÇÃO CONJUNTA ANP/INMETRO Nº 1. (2013). ANP. Retrieved from [www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=66648](http://www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=66648)

REZA AKHONDI, M., TALEVSKI, A., CARLSEN, S., & PETERSEN, S. (2010a). *Applications of wireless sensor networks in the oil, gas and resources industries*. Paper presented at the 2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications.

REZA AKHONDI, M., TALEVSKI, A., CARLSEN, S., & PETERSEN, S. (2010b). *The role of wireless sensor networks (WSNs) in industrial oil and gas condition monitoring*. Paper presented at the 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies.

ROOSTA, T., NILSSON, D. K., LINDQVIST, U., & VALDES, A. (2008). *An intrusion detection system for wireless process control systems*. Paper presented at the 2008 5th IEEE international conference on mobile ad hoc and sensor systems.

SAYDA, A. F., & TAYLOR, J. H. (2007). An intelligent multi agent system for integrated control and asset management of petroleum production facilities. *Proc. Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (2007 FAIM)*.

SCARTEZINI, L. M. B. (2009, 2009). *Análise e Melhoria de Processos*. Técnico. [Apostila]. Goiânia-Brazil.

SHARMA, R. K., GURJAR, B. R., SINGHAL, A. V., WATE, S. R., GHUGE, S. P., & AGRAWAL, R. (2015). Automation of emergency response for petroleum oil storage terminals. *Safety science*, 72, 262-273.

SOUZA, R. D., & ABIKO, A. (1997). Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. *São Paulo*, 335.

SWEATT, M., AYOADE, A., HAN, Q., STEELE, J., AL-WAHEDI, K., & KARKI, H. (2015). *WiFi based communication and localization of an autonomous mobile robot for refinery inspection*. Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA).

VELLINGIRI, S., RAY, A., & KANDE, M. (2013). *Wireless infrastructure for oil and gas inventory management*. Paper presented at the IECON 2013-39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.

WASCHULL, S., BOKHORST, J., MOLLEMAN, E., & WORTMANN, J. (2019). Work design in future industrial production: Transforming towards cyber-physical systems. *Computers & Industrial Engineering*.

WONDERWARE INTELATRAC CUSTOMER SUCCESS PROFILES (2014). *Schneider Electric*. Retrieved from <http://software.schneider-electric.com/pdf/e-book/wonderware-intelatrac-customer-success-profiles/>

## CAPÍTULO 12

A PERCEPÇÃO DOS MORADORES LOCAIS SOBRE IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO MUNICÍPIO DE AREIA BRANCA (RN): UM ESTUDO SOBRE A COMUNIDADE DE SÃO CRISTÓVÃO.

### **Osvaldo da Cunha**

Professor de Geografia pela Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Norte. Mestre em Geografia pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte/UERN. Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela Faculdade Integrada de Patos (FIP).

Endereço: Rua Neide Maria da Silva, 631, Bairro Bela

E-mail: osvaldo\_professor@hotmail.com

### **Márcia Regina Farias da Silva**

Professora da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Doutora em Ecologia Aplicada pela Escola de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Pós-Doutorado em Geografia pela Universidade de Coimbra.

Endereço: Rua Prudente de Moraes, 170, Santo Antônio, Mossoró/RN.

E-mail: mreginafarias@hotmail.com

### **Rodrigo Guimarães de Carvalho**

Professor da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará/UFC

Endereço: Av. Dix Sept Rosado, 289, Ap.101

E-mail: rodrigocarvalho@uern.br

**RESUMO:** No Brasil a partir da Lei nº 10.438/2002, do Programa de incentivo às Fontes Alternativas Renovável (PROINFA), dá crise energética que o país vivenciou no ano 2000 que ocorreu o apagão. A partir daí ocorreu um grande investimento na produção de energias alternativas, de forma principalmente no litoral Nordeste devido suas condições naturais favoráveis para produção de energia eólica. Por isso, vem atraindo empresas estrangeiras para investirem na produção de energia “limpa”. Porém, essas empresas têm se instaladas em áreas de Dunas próximo a 5km a 25km da Costa litorânea acarretando conflitos entre moradores das comunidades tradicionais. Esse trabalho procurou identificar a dinâmica da política de instalação do parque eólico, os impactos na vida dos moradores e às possíveis contribuições para os moradores da comunidade de São Cristóvão.

**PALAVRAS-CHAVES:** Comunidade Tradicional, Território e Energia Eólica.

**ABSTRACT:** In Brazil, from Law 10.438 / 2002, the Incentive Program for Alternative Renewable Sources (PROINFA), gives energy crisis to the country experienced in the year 2000 that occurred or went out. From then on, there was a great investment in the production of energy alternatives, mainly in the northeastern coast, due to the natural conditions favorable to the production of wind energy. For this reason, foreign companies are coming to invest in the production of “clean” energy. However, these companies have facilities installed in areas of Dunes close to 5 km to 25 km from the

coastal coast, which causes conflicts between residents of traditional communities. This work sought to identify the policy of installing the wind farm, the impacts on the lives of the residents and the possible contributions for the residents of the community of São Cristóvão.

**KEYWORDS:** Traditional Community, Territory and Wind Energy.

## 1. INTRODUÇÃO

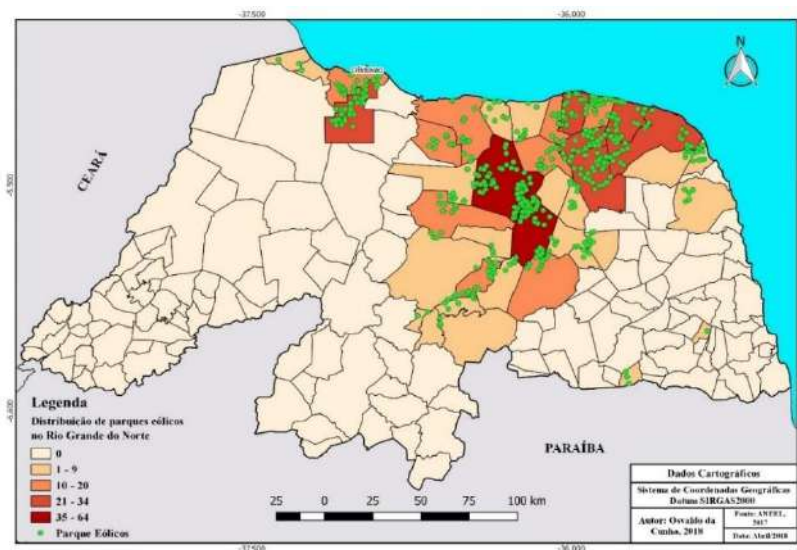
Comunidades tradicionais vêm sofrendo em todo país por conta dos empreendimentos eólicos que vêm se instalando em seus territórios, os quais ocasionam disputas por suas terras. Tais grupos apresentam projetos de desenvolvimento econômico nas áreas litorâneas como empreendimento eólicos. Estimulando a questão imobiliária e prejudicando o turismo local como explica Arruda (1999).

Segundo Arruda (1999), os conflitos surgiram a partir do ano de 1980 no Brasil devido a criação das APs, desconsiderando plenamente a existência dos moradores nessas áreas, o que acaba por causar a expulsão desses de suas comunidades tradicionais, como vem ocorrido com os índios e os quilombolas.

Conforme o Decreto N° 604/07, que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades, os grupos tradicionais são aqueles culturalmente diferenciados, que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica conforme Cunha, Almeida (2010), define:

Populações tradicionais não podem ser confundidas com populações indígenas, pois cada grupo é regido por leis diferentes, no entanto, algumas pessoas ainda confundem, pois são categorias sinônimas. Alguns autores consideram que as populações indígenas são apenas um subgrupo das populações tradicionais segundo (CUNHA, ALMEIDA, p.21, 2010).

**Figura 01** – Distribuição dos parques eólicos pelo território do Rio Grande do Norte, 2017.



Fonte: ANEEL (2017). Elaborado por Osvaldo da Cunha, 2018.

A Figura 01, apresenta a expansão da energia eólica por todo estado do Rio Grande do Norte principalmente no litoral potiguar se expandindo pela parte central do estado.

A Lei N.º 10.080, de 14 de julho de 2016, que regula a exploração de energia eólica e a solar em território Potiguar tem como base a Resolução do CONAMA Nº 462/2014, que normatiza os procedimentos para esse tipo de atividade econômica no Brasil, tomando como referência para os restantes dos estados brasileiros.

Orienta para os procedimentos e os cuidados para os impactos ambientais que poderão causar ao meio ambiente e as comunidades produtoras com esse tipo de atividade econômica por meio da exploração dos ventos para produção de energia eólica em solo potiguar (BRASIL, 2014).

A partir da Lei N.º 10.438/2002, do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o estado do Rio Grande do Norte busca regularizar essa atividade em seu território por meio do Projeto de Lei N.º 112/2015, que institui a Política Estadual de Incentivo ao aproveitamento da Energia Eólica e Solar.

Bem como, institui a Lei N.º 10.163, de 21 de fevereiro de 2017, que criou a Política de Geração Distribuída com Energias Renováveis (GDER), ou seja, o estado regulamentou o potencial do mercado eólico. Como também analisa a parte da compensação ambiental e social conforme o Decreto de Nº 4340/2002 que regula o licenciamento Ambiental e as compensações nas comunidades por estarem inseridas

em uma área produtora de energias renováveis no caso a eólica como uma política territorial energética (RIO GRANDE DO NORTE, 2015, 2017).

## **2. METODOLOGIA**

Os procedimentos abordados tomaram como base a tipologia que trata das leis que regulam a atividade de produção de energia alternativa, de forma particular, a energia eólica no país, bem como documentos que tratam da instalação dos empreendimentos eólicos, a exemplo do licenciamento ambiental.

Além disso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em dissertações, teses, artigos e títulos que discutem a temática em questão e uma pesquisa de campo com os moradores e membros de sindicatos e associações que participaram da audiência pública que vivenciaram o período de instalação do parque eólico na comunidade de São Cristóvão em 2011 até 2018. Os dados foram tabulados no programa Excel 2013 para se avaliar às variáveis em suas respostas.

Nesta pesquisa optou-se pela adoção da abordagem qualitativa que, segundo Godoy (1995), tem como preocupação fundamental o estudo e análise do mundo empírico em seu ambiente natural, valorizando o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação estudada. A pesquisa quantitativa tem como objetivo a garantia precisa de resultados, evitando distorções de análise e interpretação.

Esse tipo de pesquisa é usado, principalmente, em estudos descritivos, traduzindo, opiniões e informações em número a fim de classificá-los e analisá-los (RICHARDSON, 1999). A pesquisa tomou como referencial os estudos de Meireles (2011), Pasqualetti (2011), Gorayeb (2018), Brannstrom (2017) que discute as instalações de parques eólicos nas áreas litorâneas do Nordeste brasileiro, voltado para as fontes de energias renováveis. Além dos estudos de Acseirad (2004), que se debruça sobre os conflitos ambientais em comunidades tradicionais no Brasil.

A pesquisa documental, de forma mais específica ocorreu entre os meses de março e abril de 2018, nos quais foram analisadas as licenças ambientais, as declarações de ocupação do solo que são expedidas pela prefeitura Municipal anualmente. Como também o licenciamento ambiental expedido pelo Instituto de Desenvolvimento Meio Ambiente (IDEMA), para as empresas NEOENERGIA e IBERDROLA, a prefeitura Municipal de Areia Branca e a Secretaria do Meio Ambiente.

Além da Lei Municipal de Nº 1.195/2011, fornecida pela Câmara Municipal do referido município, responsável por regular esse tipo de atividade.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO**

A área de estudo específica é o povoado de São Cristóvão, situado no município de Areia Branca no estado do Rio Grande do Norte. Nas coordenadas de 4° 55" '30" de latitude Sul e 36° '56 30" de longitude Oeste, com uma altitude média de 48m, e uma unidade territorial de 9,72 km. Segundo dados da sinopse por setores do IBGE (2010), a população residente é de 663 habitantes.

O povoado possui uma extensa faixa de areia que contorna as suas praias, apresentando, também, densidade relativa de residências de veraneio em suas margens. Situada na mesorregião oeste potiguar, Costa Branca do estado do Rio Grande do Norte<sup>1</sup>, na porção setentrional; limitando ao Oeste com a comunidade de Redonda, ao leste com a praia de Ponta do Mel, situada em uma região do semiárido.

O parque instalado nas áreas de dunas, sua paisagem é caracterizada por uma vegetação caatinga, típica do sertão como xique-xique, carnaúba, oiticica e vegetação rasteira Monteiro (2018).

**Figura 2** – Parque nas áreas de Dunas, São Cristóvão, 2018.



Fonte: CUNHA, 2018.



O parque eólico em área de dunas móveis como mostra a Figura 02, acaba por ocasionar desmatamento para colocar aerogeradores fixos sobre as dunas, e a abertura de estrada para que os mesmos tenham acesso ao parque.

**Figura 03** – Mapa de localização do parque eólico na área das dunas, São Cristóvão, 2017.



Fonte: ANNEL, (2017); Google (2017). Elaborado por Osvaldo da Cunha, 2018.

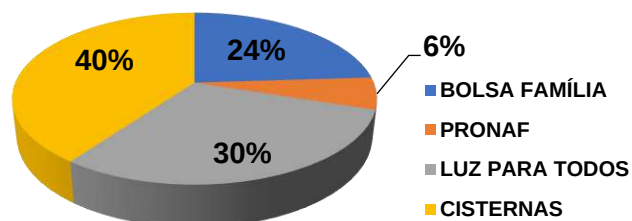
A figura 03, mostra o parque eólico em área de Dunas na comunidade de São Cristóvão no município de Areia Branca/RN. Hoje é uma área de preservação ambiental (APA). Percebe-se que o município está tomado por parques eólicos em torno do seu território geográfico, os aerogeradores modificaram toda paisagem natural causando uma verdadeira poluição visual.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS, DESENVOLVIMENTOS TERRITORIAL E A IMPLANTAÇÃO DO PARQUE EÓLICO

Segundo Souza (2006), não existe uma única definição sobre políticas públicas existe uma variedade de opiniões, e as mesmas são desenvolvidas dentro de programas implantados pelos governos, principalmente para as famílias que vivem em vulnerabilidade em área de risco.

**Gráfico 01** – Programas de inclusão social mencionados pelos moradores.



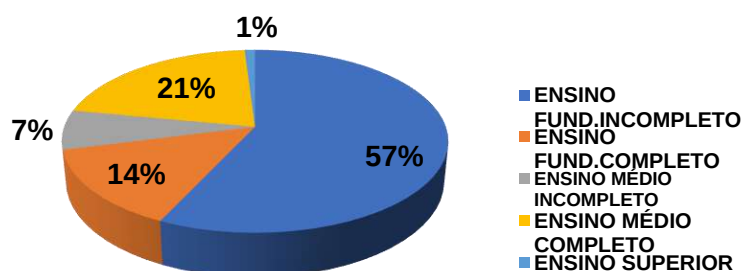
Fonte: CUNHA, 2018.

Identificou-se como beneficiários do bolsa família 24 % dos pesquisados, pelo PRONAF 6 %, pelo Luz para Todos 30 %, Cisterna 40 %. Ao observar os dados do gráfico 01, percebe-se uma ausência de investimento do poder municipal e da empresa IBERDROLA em conjunto com a NEOENERGIA na comunidade.

A Lei Municipal Complementar Nº 1.195/2011, dispõe sobre a redução da alíquota do Imposto sobre Serviços de qualquer Natureza (ISS) para as empresas prestadoras de serviços participantes de Projetos de Instalação de Parques de Energia Eólica no Município de Areia Branca e dá outras providências. O Art.4º, para efeito de avaliação e aprovação das solicitações baseadas na presente Lei Nº 1.195/2011, serão os projetos analisados de acordo com as seguintes condições; I – Considerável desenvolvimento econômico para o Município II – Alcance Social III – Efeito multiplicador da atividade; IV – Previsão de receita anual de prestação de serviços tributáveis em Areia Branca; V – Percentual de contratação de mão-de-obra do município de Areia Branca, RN, não inferior a 30 % (trinta por cento).

#### 4.2 AS CONCEPÇÕES DOS MORADORES LOCAIS SOBRE AS INSTALAÇÕES DO PARQUE EÓLICO EM SÃO CRISTÓVÃO

**Gráfico 02** – Grau de escolaridade dos moradores, São Cristóvão, 2018.

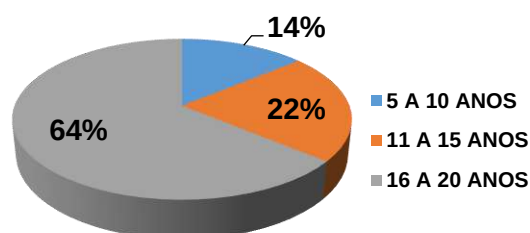


Fonte: CUNHA, 2018.



No gráfico da 02, se destaca o baixo nível de escolaridade dos moradores dessa comunidade em que 57 % não chegaram a concluírem nem o ensino fundamental e o ensino médio somente 21 %. O que retrata uma verdadeira ausência de poder público com relação a educação dessa comunidade.

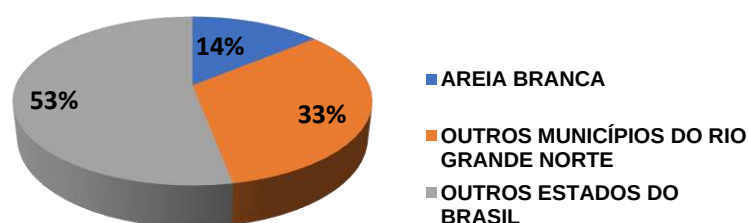
**Gráfico 03** - Tempo de moradia dos entrevistados, São Cristóvão, 2018.



**Fonte:** CUNHA, 2018.

Com relação ao gráfico 03, mostra que 64 % vive na comunidade entre 16 anos 20 anos, 22 % entre 11 anos 15 anos, 14 % entre 5 anos e 10 anos. A pesquisa buscou ouvir as pessoas que vivenciaram o período de instalação do parque eólico.

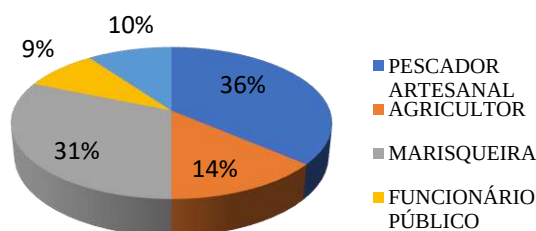
**Gráfico 04** – Origem dos trabalhadores do parque eólico, São Cristóvão, 2018



**Fonte:** CUNHA, 2018

O gráfico 04, retrata a origem desses trabalhadores que participaram das instalações do parque eólico. Onde 14 % eram de Areia Branca/RN. 33 % de outros municípios do Rio Grande do Norte e 53 % de outros estados do Brasil.

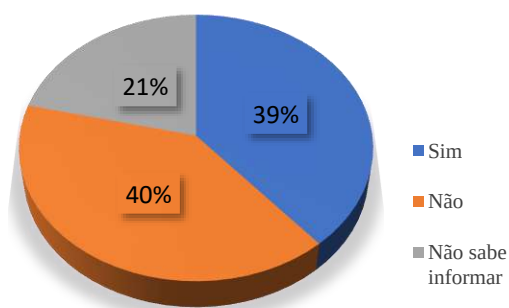
**Gráfico 05** - Profissões dos entrevistados, São Cristóvão, 2018.



Fonte: CUNHA, 2018.

O gráfico 05, retrata as profissões dos entrevistados na comunidade de São Cristóvão. Onde 36 % é pescador artesanal, agricultor 14 %, marisqueira 31 %, funcionário público 9 % e 10 % setor privado. O gráfico vem mostrar que 81 % sobrevivem do extrativismo vegetal da comunidade.

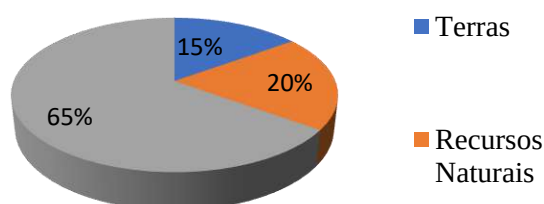
**Gráfico 06** - Conflitos entre moradores e o parque eólico, São Cristóvão, 2018.



Fonte: CUNHA, 2018.

O gráfico 06, mostra a porcentagem de conflitos segundo os moradores onde 39 % confirma que sim, 40 % afirmam que não e 21 % não sabe informar com relação aos conflitos ocorridos na comunidade de São Cristóvão.

**Gráfico 07** - Principais conflitos entre a empresa eólica e os moradores, São Cristóvão, 2018.



Fonte: CUNHA, 2018.

O gráfico 07, retrata os principais motivos que têm motivados os conflitos na comunidade de São Cristóvão que são 15 % por causa de invasão de terras, 20 % por causa de recursos naturais e oportunidade de trabalho no parque para os moradores 65 %.

#### 4.3 ANÁLISES DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO PARQUE EÓLICO E DISCUSSÕES DOS ATORES ENVOLVIDOS

Entrevista com o presidente da colônia dos pescadores (Z-33) F.B.S (2018):

Particpei da audiência pública no hotel Costa Branca como também os outros presidentes de associações e autoridades com a empresa Iberdrola sobre as instalações do parque em São Cristóvão, onde o representante da empresa afirmou que o parque eólico traria desenvolvimento econômico para o município e a comunidade. Além de emprego e a compensação ambiental e social para comunidade, porém, a empresa se se instalou. No entanto, a compensação não chegou (...) F.B.S (2018)

Conforme a fala do presidente da colônia dos pescadores F.B.S, a empresa comprometeu com a compensação tanto ambiental como social aos moradores da comunidade de São Cristóvão, no entanto não saiu do papel como também a estrada que dá acesso a comunidade. Porém, a ATA da reunião ficou com a empresa IBERDROLA.

Entrevista com presidente da câmara municipal de areia branca, RN, J.S.G.N, entre vereador entre 2009-2012, presidente 2013-2016:

Fala, o representante da empresa trouxe o discurso de desenvolvimento econômico para o município por meio dos pagamentos do ICMS, ISS, além de emprego para população como também a comunidade seria compensada tanto ambiental e social. Com relação ATA da reunião ficou com o gerente da empresa, pois a reunião não foi realizada pela Câmara de vereador. No entanto, não aconteceu com foi discutida na audiência pública houve na verdade somente os empregos temporários e a arrecadação dos impostos para o município (...) J.S.G.N (2018).

Segundo o presidente da Câmara Municipal J.S.G. (2018), durante o período da audiência pública a empresa em conjunto com o governo Municipal de Areia Branca/RN. As instalações do parque eólico trariam desenvolvimento econômico para o município como também geração de emprego para a comunidade local.

No entanto, em sua fala afirma que surgiu somente os empregos temporários e a arrecadação de impostos para o estado e o município. Com relação as compensações ambientais e social de fato não ocorreu na comunidade de São Cristóvão. Isso vem ocorrendo em outros locais como no estado do Ceará e

Macau/RN, na comunidade de Ponta do Tubarão conforme foi mostrado nos estudos de Gê (2018).

Entrevista realizada com o gerente da empresa IBERDROLA, C.S.C, a audiência:

(...). Ocorreu sim, pois todos os representantes tanto do poder público, associações de sindicatos Rurais, pescadores concordaram com as instalações do parque na área das Dunas em São Cristóvão. A empresa realizou a compensação social e ambiental. No entanto, os moradores dizem que foram prejudicados, porém, todos concordaram com as instalações do parque eólico. Com relação a construção da estrada a empresa não prometeu realizar essa obra na comunidade (...) C.S.C (2018).

O gerente da empresa IBERDROLA em sua fala afirmou que a empresa realizou tanto a compensação ambiental como também social, porém, em seu discurso não deixou tão claro, pois o que foi constatado na pesquisa de campo foram poucos benefícios como na escola da comunidade como doação de computadores e os empregos temporário sem se falar esses trabalhadores foram mais a mão-de-obra pesada em virtude de não possuíram mão de obra especializada.

Essa afirmação vem de encontro com os estudos comprovados por Monteiro (2018) na pesquisa do seu trabalho de conclusão de curso (TCC) sobre os impactos na comunidade de São Cristóvão, após às instalações do parque eólico. Sem se falar na construção da estrada que dá acesso aos moradores a comunidade de São Cristóvão que não saiu do discurso dos gestores municipais e a empresa IBERDROLA.

Na fala dos Três representantes da audiência pública o discurso do desenvolvimento econômico para o município e a comunidade iria acontecer após a chegada do parque eólico, porém, os estudos mostraram que a comunidade não foi beneficiada como mostra a fala dos líderes. Durante as visitas de campo os moradores afirmam que a empresa não cumpriu com os acordos durante às audiências públicas que tratava das instalações e a compensação ambiental, social e econômico para comunidade.

## **5. CONCLUSÃO**

Às instalações de parques eólicos no Rio Grande do Norte têm ocorrido em grande proporção devido a políticas energéticas implantada no país a partir de 2001 em virtude do apagão no Brasil. Embora sabemos que os locais onde estão sendo

instalados tem sido motivo de conflito nas comunidades tradicionais devido serem instalados em áreas de Dunas situado entre 5km da costa litorânea a 25 km.

Portanto, cinco pontos fundamentais para evitar esses conflitos em comunidades tradicionais com esses empreendimentos na costa litorânea seriam:

1. Reconhecerem os direitos dessas comunidades tradicionais como proprietária desses terrenos principalmente quem moram com suas famílias a mais de 20 anos comprovando que nasceu na comunidade concedendo o título da terra;
2. Criar políticas públicas de permanência para os moradores dessas comunidades como educação, saúde e habitação e empregos permanente evitando o êxodo rural do homem do campo;
3. Conceder condições de permanência ao homem do campo;
4. As empresas eólicas implantar políticas de compensação aos moradores tanto ambiental e social para a comunidade com criação de projetos;
5. Criar uma política ambiental de sustentabilidade na comunidade para preservação dessas comunidades tradicionais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mauro W. B. **Populações Tradicionais e Conservação Ambiental**. Emanuela Carneiro da Cunha. Cultura com aspas e outros ensaios. São Paulo: Cosac Naify.2010.

ACSELRAD, Henri. **Conflito ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume – Dumará, 2004.ACSELRAD, Henri; MELLO, Cecília Campello do Amaral; BEZERRA, Gustavo das

Neves. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

ANNEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: ANNEL, 2017 Disponível em:<<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf> >. Acesso em: 23 mar. 2018.

AREIA BRANCA. Lei Municipal Complementar N° 1.195/2001.Fornecido pela Câmara Municipal em 05 de fev.2018AREIA BRANCA.

BRASIL. **Lei N. ° 10.438**, de 26 de abril de 2002. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10438.htm)>. Acesso em:05 jul. 2018.

BRASIL. **Decreto N. ° 5.025**, de 30 de março de 2004. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5025-30-marco-2004-531461-publicacaooriginal-13409-pe.html>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BRASIL. **Decreto N. ° 6.040**, de 07 de fevereiro de 2007. Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6040.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6040.htm)>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA N. ° 462, de 24 julho de 2014. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>>. Acesso em: 09 fev.2018

BRASIL. **Resolução CONOMA N° 303 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Área de Preservação Permanente BRASIL.

GÊ, Dweynny Rodrigues Filgueira. **Unidade de conservação e extração de usinas eólicas no Rio Grande do Norte**: O caso da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão. 2018.139 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte –UERN. Mossoró/2018.

GORAYEB, Adryane. **Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no Nordeste do Brasil**. Mercator, Fortaleza, v. 15, n. 1, p.101-115, mar. 2016.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. *Energy Research and Social Science*, v. 40, p. 82-88, 2018

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresa*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar. /abr.1995. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

GOOLGLE. Google Earth. Version X.2017, Comunidade de São Cristóvão. Disponível em:<Sitedonwload>. Acesso em 22 de junho de 2018.

HTTPS://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/? Nível=st.pdf>Acesso em 22 de out.2018.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Informações sobre os municípios brasileiros. Disponível em: <http ://censo 2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 jun. 2018.

MONTEIRO, Henrique Silva Ítalo, **Moinhos de Vento**: a energia eólica da comunidade de São Cristóvão, município de Areia Branca/RN. 2018. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte –UERN, Faculdade de Ciências econômicas-Curso de Gestão Ambiental, Mossoró/RN 2018.

SOUZA, Celina. **Políticas públicas uma revisão da literatura**. Sociologias. Porto Alegre, ano 8, n°16, jul. /Dez, 2006, p. 20-45. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/soc/n16/a03n16>. Acesso em: 11 fev. 2017.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social Métodos e Técnicas**. 3 ed. São Paulo, SP: Atlas S.A, 1999.

## CAPÍTULO 13

AVALIAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO APÓS SITUAÇÃO DE INCÊNDIO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.

### **José Elde Fernandes de Borba Júnior**

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Brasília Instituição: Universidade Católica de Brasília - UCB

Endereço: QS 07 Lote 01 Bloco O, Taguatinga Sul/DF, CEP: 71966 – 700

E-mail: jose.elde@hotmail.com

### **Ádria Alves Pereira**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Brasília Instituição: Universidade Católica de Brasília - UCB

Endereço: QS 07 Lote 01 Bloco O, Taguatinga Sul/DF, CEP: 71966 – 700

E-mail: adriaalves2009@gmail.com

### **Guilherme Gomes Nobre**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Brasília Instituição: Universidade Católica de Brasília - UCB

Endereço: QS 07 Lote 01 Bloco O, Taguatinga Sul/DF, CEP: 71966 – 700

E-mail: gui.gnobre@gmail.com

### **Reinan Silva Coelho Junior**

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Católica de Brasília Instituição: Universidade Católica de Brasília - UCB

Endereço: QS 07 Lote 01 Bloco O, Taguatinga Sul/DF, CEP: 71966 – 700

E-mail: reinan.scj@gmail.com

### **Iberê Pinheiro de Oliveira**

Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília Instituição: Universidade de Brasília - UNB

Endereço: Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília/DF, CEP: 70910 – 900

E-mail: iberep@gmail.com

**RESUMO:** A pesquisa objetivou avaliar uma estrutura de concreto armado presente na região de Brasília após situação de incêndio, com o intuito de formalizar um diagnóstico para a possível reabilitação estrutural do empreendimento. Para este estudo, foi realizada uma inspeção preliminar com o objetivo de mapear, de forma visual, os pontos mais críticos atingidos pelo incêndio. Também foram realizadas inspeções detalhadas a fim de obter maiores informações a respeito da qualidade do concreto que compõem os elementos estruturais. Com os resultados foi possível concluir que, apesar de afetada visualmente, a estrutura de concreto armado ainda oferece condições de uso aos usuários, pois não houve diminuição significativa na sua característica mecânica portanto.



**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação de estrutura; Concreto armado; Incêndio; Reabilitação; inspeção.

**ABSTRACT:** The research aimed to evaluate a structure of reinforced concrete present in the region of Brasilia after fire situation with the intention of formalizing a diagnosis for the possible structural rehabilitation of the enterprise. For this study, a preliminary inspection was carried out with the objective of mapping, in a visual way, the most critical points reached by the fire. Detailed inspections were also carried out in order to obtain more information about the quality of the concrete that make up the structural elements. With the results it was possible to conclude that, although visually affected, the reinforced concrete structure still offers conditions of use to the users, since there was no significant decrease in its mechanical characteristics.

**KEYWORDS:** Structure evaluation; Reinforced concrete; Fire; Rehabilitation; Inspection.

## 1. INTRODUÇÃO

Tragédias relacionadas com incêndio em edificações de concreto armado são citadas durante todos os anos em diversas partes do mundo. Segundo Sousa e Silva (2015) o primeiro grande incêndio da era cristã aconteceu no ano de 64 em Roma, e resultou em milhares de mortes e a destruição de três quartos da cidade.

Quando uma edificação é atingida por um incêndio, os seus usuários ficam sujeitos a um elevado risco de morte, e a construção pode sofrer danos estruturais consideráveis (LIMA et al, 2004). Apesar de a probabilidade ser muito pequena, o colapso estrutural de edifícios de concreto armado em situação de incêndio não é incomum (OLIVEIRA, 2013).

Em maio de 2018, o edifício Wilton Paes de Almeida, localizado no centro de São Paulo, desabou após um incêndio se alastrar por toda sua estrutura. De forma trágica, o prédio que antes foi tombado como patrimônio histórico veio a colapso em pouco mais de 1h20 do início do incêndio. A prefeitura Regional da Sé interditou todas as edificações vizinhas ao edifício em questão.

A fim de identificar se danos estruturais devidos tanto pela elevação da temperatura como também por parte dos destroços, toda uma área próxima ao desabamento passou por inspeções técnicas. Segundo Britez e Costa (2011), estudos apontam que no concreto há uma diminuição de aproximadamente 25 % da sua

resistência mecânica original quando aquecido em temperaturas da ordem de 300° C e aproximadamente 75 % quando exposto a valores da ordem de 600° C.

Contudo, há situações em que, apesar da exposição a altas temperaturas de incêndio, estruturas de concreto acabam resistindo. Nestes casos, devem ser providenciados métodos de avaliação com o objetivo de determinar, através das inspeções, o grau de dano estrutural além de fornecer maiores dados quanto à fragilidade do mesmo. Desta forma, este trabalho tem como finalidade demonstrar metodologias de inspeção realizadas em um apartamento de uma cobertura localizada em Brasília após resistir a incêndio a fim de contribuir para a possível reabilitação estrutural do empreendimento.

Neste estudo, as avaliações e o diagnóstico da estrutura são discutidos, mostrando os mecanismos que permitiram avaliação, porém não serão apresentados dados relativos ao endereço do imóvel com o objetivo de resguardar o anonimato do proprietário.

## **2. PROCEDIMENTO**

O edifício analisado trata-se de um duplex localizado na região metropolitana de Brasília. É uma residência familiar que compreende os 2 últimos andares do edifício. Não foi divulgado o real motivo que levou ao início do incêndio, mas todo o empreendimento foi afetado. A metodologia de avaliação iniciou-se através de uma inspeção preliminar e posteriormente foi realizado uma inspeção detalhada com o objetivo de levantar maiores dados sobre o estado da estrutura.

### **2.1 INSPEÇÃO PRELIMINAR**

Este procedimento consistiu em um reconhecimento inicial da estrutura a ser analisada, identificando, de forma visual, os elementos mais fragilizados para que pudessem ser estabelecidos pontos que necessitavam de execução de ensaios específicos para auxiliar no diagnóstico. Nesta etapa também foram levantados dados do histórico do edifício, como a data de construção e a resistência à compressão característica do concreto prevista em projeto ( $f_{ck}$ ).

Figura 01: Detalhes da Cozinha.



Fonte: Autoria própria (2018)

O incêndio consumiu todos os móveis e objetos presentes na residência, promovendo uma destruição total de alguns cômodos. Mesmo com a retirada de escombros, o resultado da catástrofe ainda podia ser visto, como na Figura 01 e Figura 02.

Figura 02: Detalhes do quadro de energia.



Fonte: Autoria própria (2018)

A fim de evitar algum colapso, toda a estrutura recebeu escoamento metálico, conforme Figura 03. Foi possível observar danos causados na laje ao meio das escoras, como o rompimento de cabos de protensão, mostrados na Figura 04.

Figura 03: Escoramento metálico.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 04: Rompimento dos cabos de protensão.

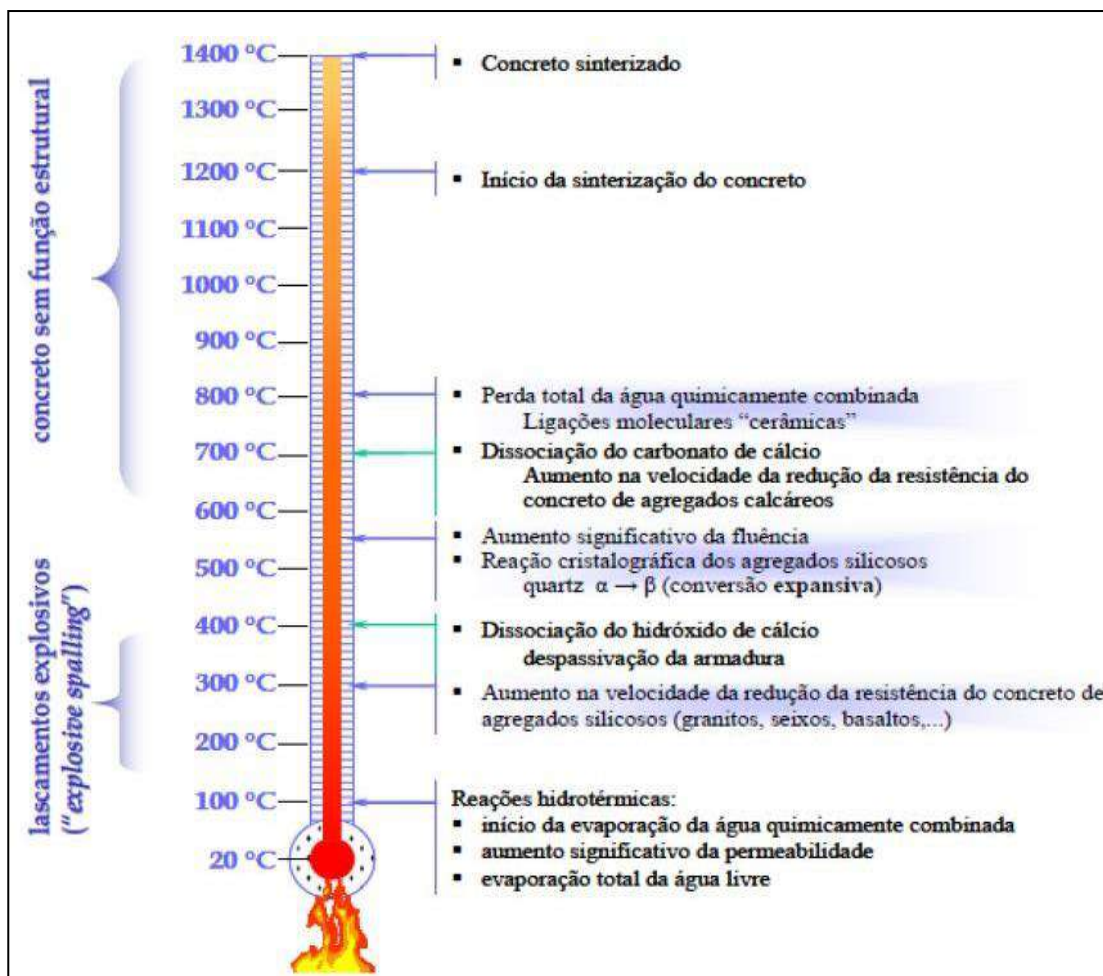


Fonte: Autoria própria (2018)

Esses lascamentos na estrutura de concreto, observado na Figura 04, são chamados de “*spalling*”, que é o fenômeno devido a tensões formadas pela exposição a altas temperaturas influenciando na desintegração da região superficial dos elementos estruturais (PURKISS, 1996).

Seguindo o trabalho de COSTA (2008), podemos observar na Figura 05 as reações e transformações físico-químicas do concreto endurecido quando submetido a diferentes temperaturas em situação de incêndio:

Figura 05: Transformações físico-químicas no concreto endurecido.



Fonte: COSTA (2008).

Seguindo esse modelo, ainda na inspeção preliminar é possível apontar que a temperatura do incêndio ultrapassou os 150° C, ora que foram observados lascamentos na superfície da estrutura da laje.

Já na estrutura dos pilares não foi observado a presença deste fenômeno. Contudo, havia uma camada considerável de revestimento de argamassa (emboço + reboco) entorno dos mesmos. Possivelmente ocorreu uma proteção da estrutura dos pilares através da absorção de calor deste revestimento, evitando assim a elevação da temperatura e a formação de "spalling".

Na Figura 06 podemos observar a dimensão dessa camada de revestimento que era, em geral, em torno de 3 cm.



Figura 06: Detalhe da camada de revestimento de argamassa em torno dos pilares.



Fonte: Autoria própria (2018)

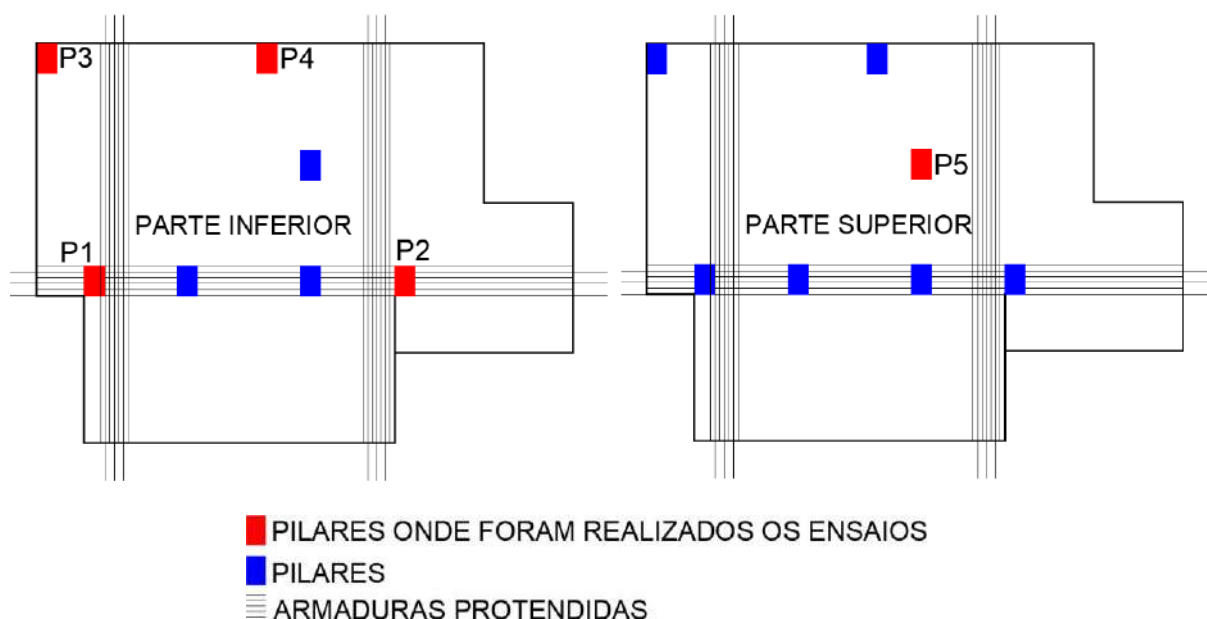
Segundo o engenheiro responsável pela manutenção do empreendimento, o edifício foi construído em 2002 e o fck previsto era de 30 MPa. A região, por se localizar em um ambiente urbano é classificada, segundo a classe de agressividade ambiental previstos na ABNT NBR 6118:2014, como nível II apresentando um risco de agressividade moderado e risco deterioração estrutural pequeno.

### 2.3 INSPEÇÃO DETALHADA

Já é difundido e comprovado que o concreto tem as propriedades alteradas quando submetido a altas temperaturas (SALES et al, 2018). Por este motivo, é indispensável a realização de uma série de procedimentos para obter as informações sobre a qualidade do concreto que compõe os elementos estruturais. Os procedimentos da inspeção detalhada foram realizados através de uma base normativa e também utilizando métodos de referências bibliográficas.

Todos os procedimentos ocorreram em pilares presentes na região afetada pelo incêndio, visto que devido a fragilidade e a possibilidade de um colapso da laje não era possível realizar uma inspeção detalhada nesses elementos. A Figura 7 indica o local, visto em croqui da planta baixa, dos pontos onde foram realizados os ensaios técnicos na estrutura de concreto armado.

Figura 7: Croqui dos pontos que passaram pela inspeção detalhada.



Fonte: Autoria própria (2018)

## 2.4 AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL DO CONCRETO

A avaliação da dureza superficial do concreto foi realizada pelo método do esclerômetro de reflexão de Schmidt. Esta avaliação foi realizada de acordo com a ABNT NBR 7584:2012 com o objetivo de avaliar se após o incêndio o concreto estrutural ainda apresentava uniformidade ou se essa relação superficial foi afetada de alguma forma pelo desastre.

Foi observado na Figura 06 que em torno dos pilares da estrutura havia presença de revestimento de argamassa que, apesar de estar fixado a estrutura, apresentava-se parcialmente solto. A fim da correta avaliação da dureza superficial do concreto este material foi removido e a superfície do concreto que seria submetida à análise foi lixada, para que não houvesse dissimulações quanto aos resultados obtidos pelo esclerômetro.

Na Figura 08 podemos observar uma comparação do antes e depois da remoção deste revestimento de argamassa.

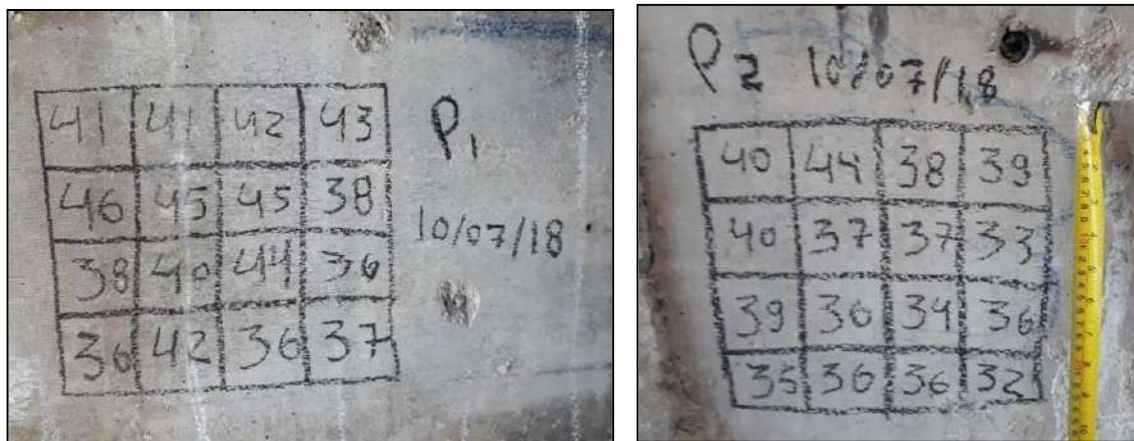
Figura 08: Antes e depois do preparo superficial da estrutura de concreto.



Fonte: Autoria própria (2018)

Após o tratamento preliminar, foram marcados os 16 pontos em uma área quadrada de aproximadamente 20 cm x 20 cm para obtenção das leituras esclerométricas em cada uma das estruturas a serem analisadas. Nas Figuras 09 à 11 temos os dados das leituras obtidas em cada um dos pontos:

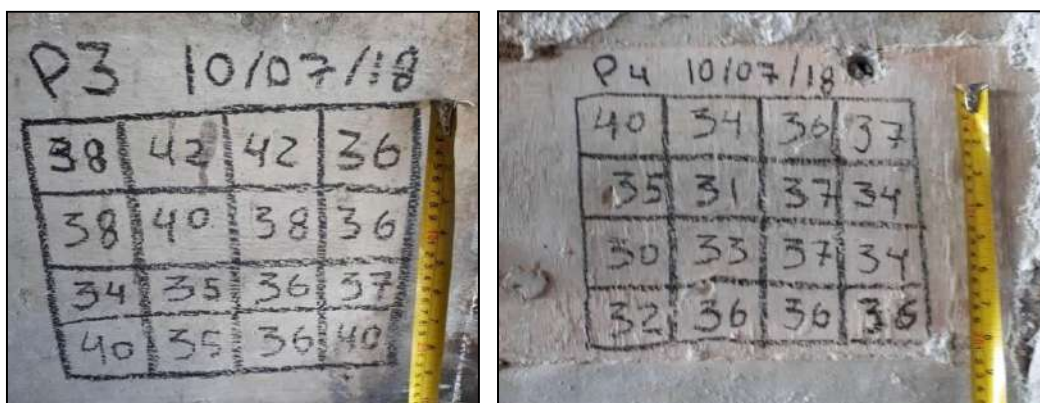
Figura 09: Leituras esclerométricas dos pontos 1 e 2 respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2018)

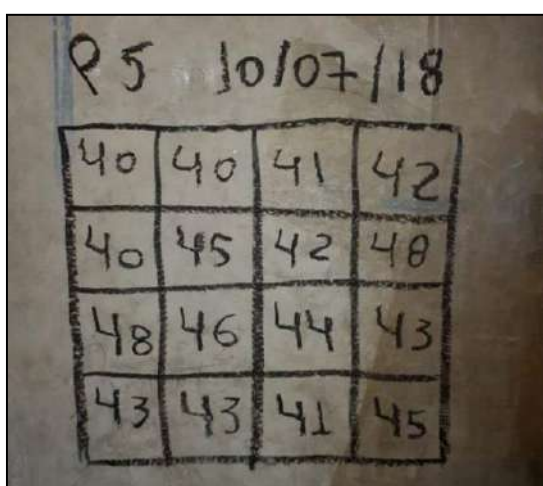


Figura 10: Leituras esclerométricas dos pontos 3 e 4 respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 11: Leituras esclerométricas do ponto 5.



Fonte: Autoria própria (2018)

Vale lembrar que antes de realizar este procedimento foi aferido o coeficiente correspondente ao fator de correção do equipamento. Este coeficiente é calculado através da divisão entre a média aritmética das 10 leituras realizadas sequencialmente em uma bigorna de aferição e o índice esclerométrico fornecido pelo fabricante da bigorna. Nesse caso foi igual a 1,02.

## 2.5 DETERMINAÇÃO DO POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS E ESPESSURA DO COBRIMENTO DE CONCRETO UTILIZANDO PACÔMETRO

O pacômetro é um equipamento usado como técnica não destrutível que utiliza de métodos eletromagnéticos para determinar a localização das barras de aço da armadura. Diferentemente do concreto, as barras de aço interagem fortemente com ondas eletromagnéticas de baixa frequência aplicadas na superfície do concreto, tornando fácil identificar sua localização (Mehta e Monteiro, 2008).

O objetivo deste procedimento era alocar uma área sobre ou próximo a zona onde foi realizado a esclerometria para a extração de testemunhos sem que houvesse uma danificação quanto as armaduras que compõem o sistema estrutural daquele elemento, visto que não foi disponibilizado o projeto estrutural do edifício em questão.

Também foram observados os valores da espessura de cobrimento do concreto para posteriores comparações com o teste de profundidade de carbonatação. Utilizou-se o pacômetro digital da marca Proceq e seguiram-se as orientações da norma BS 1881: Part 204:1988. Na Figura 12 é possível observar como ocorreu este procedimento.

Figura 12: Determinação do posicionamento das armaduras e espessura do cobrimento de concreto utilizando pacômetro.



Fonte: Autoria própria (2018)

## 2.6 EXTRAÇÃO, PREPARO, ENSAIO E ANÁLISE DE TESTEMUNHOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

A fim de verificar a característica mecânica do concreto, foram extraídos testemunhos dos pontos onde realizou-se o teste de esclerometria. Todo o procedimento de extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos foram realizados seguindo a norma ABNT NBR 7680:2007 e auxílio de perfuratriz de concreto modelo FF200 da marca Dongcheng.

Abaixo, na Figura 13, podemos observar a extração e na Figura 14 os testemunhos depois de extraídos.

Figura 13: Extração dos testemunhos de concreto.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 14: Testemunhos extraídos.



Fonte: Autoria própria (2018)

Depois de extraídos, os testemunhos foram levados ao laboratório para retificação da base a fim de regularizar a superfície para aplicação de carga no procedimento de teste de resistência à compressão do concreto, conforme a Figura 15 e Figura 16.

Figura 15: Retificação dos testemunhos.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 16: Testemunhos retificados.



Fonte: Autoria própria (2018)

A tabela 01 define as medidas dos testemunhos depois de passarem pelo processo de retificação antes de serem analisados no teste de compressão do concreto:

Tabela 01 – Medias dos testemunhos pós retificação.

| Testemunho | Altura |        |        |        | Diâmetro |         |          |       |
|------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|----------|-------|
|            | h1     | h2     | h3     | Média  | Superior | Central | Inferior | Médio |
| P1         | 145,68 | 145,68 | 145,67 | 145,68 | 74,44    | 74,68   | 74,77    | 74,63 |
| P2         | 98,48  | 98,63  | 98,59  | 98,57  | 74,71    | 74,71   | 74,89    | 74,77 |
| P3         | 148,14 | 148,19 | 148,17 | 148,17 | 74,56    | 74,70   | 74,76    | 74,67 |
| P4         | 146,50 | 146,74 | 146,72 | 146,65 | 74,64    | 74,71   | 74,49    | 74,61 |
| P5         | 151,54 | 151,52 | 151,55 | 151,54 | 74,92    | 75,01   | 74,95    | 74,96 |

Depois de retificados, os testemunhos foram submetidos ao teste de compressão axial do concreto. Este ensaio pode ser observado na Figura 17, já o formato de ruptura e a força aplicada (em toneladas) estão presentes na Figura 18.



Figura 17: Detalhe do ensaio de resistência à compressão do concreto dos testemunhos.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 18: Detalhe do formato de ruptura e da força aplicada (em toneladas) nos testemunhos.



Fonte: Autoria própria (2018)

A determinação de resistência a compressão dos testemunhos extraídos ( $F_{ci,ext}$ ) é calculado segundo a equação proposta pela ABNT NBR 7680-1:2015 e leva em conta quatro coeficientes, com exemplificado na Equação 1:

$$F_{ci, ext} = [1 + (K1 + K2 + K3 + K4)] * f_{ci, ext, inicial} \quad (1)$$

Onde:  $F_{ci,ext}$  = resistência à compressão do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a 28 dias de idade, expresso em megapascals;  $f_{ci,ext,inicial}$  = resistência do concreto à compressão obtida diretamente de  $K1$  = correção devida à relação altura/diâmetro ( $h/d$ ) do testemunho cilíndrico;  $K2$  =

correção devida ao efeito deletério do broqueamento em função do diâmetro do testemunho; K3 = correção devida à diferença na direção da extração com relação ao lançamento do concreto; K4 = correção devida ao efeito da umidade do testemunho (condição de sazonalidade).

Sendo que:

O cálculo da resistência do concreto à compressão obtida diretamente dos testemunhos extraídos ( $f_{ci,ext,inicial}$ ) é realizado através da Equação 2:

$f_{ci,ext,inicial}$

$$\frac{F}{D^2} \quad (2)$$

Onde:

F = é a força máxima alcançada, em newtons; D = é o diâmetro do corpo-de-prova, em milímetros.

## 2.7 DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO UTILIZANDO SOLUÇÃO FENOLFTALEÍNA

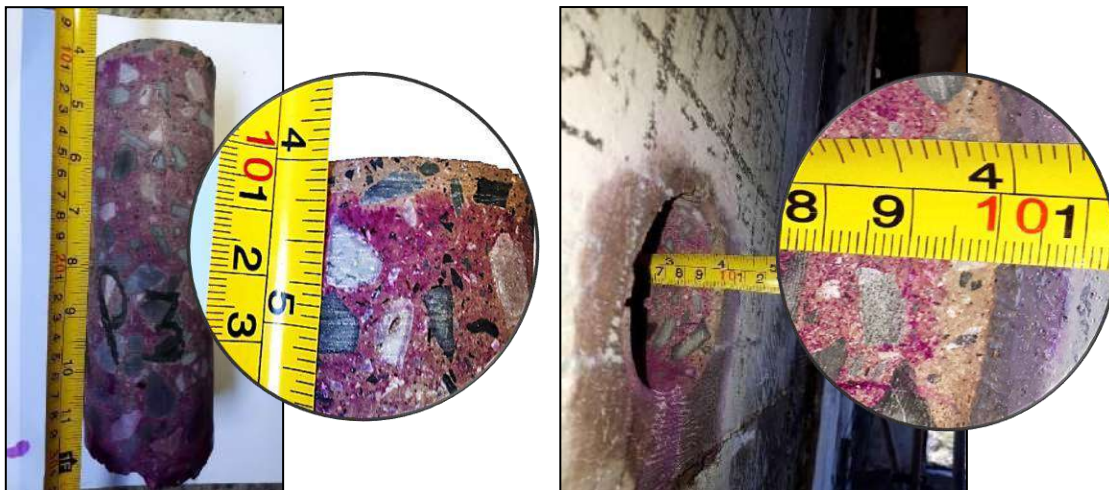
Este procedimento visa determinar se o concreto presente na estrutura oferece condições de proteção química as armaduras, mantendo as mesmas em estado de passivação, imunes ao processo corrosivo. Este fato ocorre quando o concreto se apresenta alcalino, com um pH entre 12,6 e 13,5. Ao se carbonatar, este concreto tem seu pH reduzido para valores próximos a 8,5.

Desta forma é utilizado como ensaio para determinação da profundidade de carbonatação no concreto a solução de fenolftaleína a 1 % (cerca de 1 g de fenolftaleína para dissolver em 100 ml de solução de álcool etílico a 95 %), pois esta mantém-se incolor em soluções ácidas (concreto carbonatado) e torna-se violeta em soluções básicas (concreto sem carbonatação).

O procedimento de verificação da profundidade de carbonatação no concreto foi realizado seguindo os modelos das normas LNEC E 391:1993 e RILEM CPC 18:1988. Foram realizados dois tipos de inspeções: nos testemunhos extraídos e in loco na estrutura, com objetivo de formalizar uma contraprova dos resultados a serem observados.

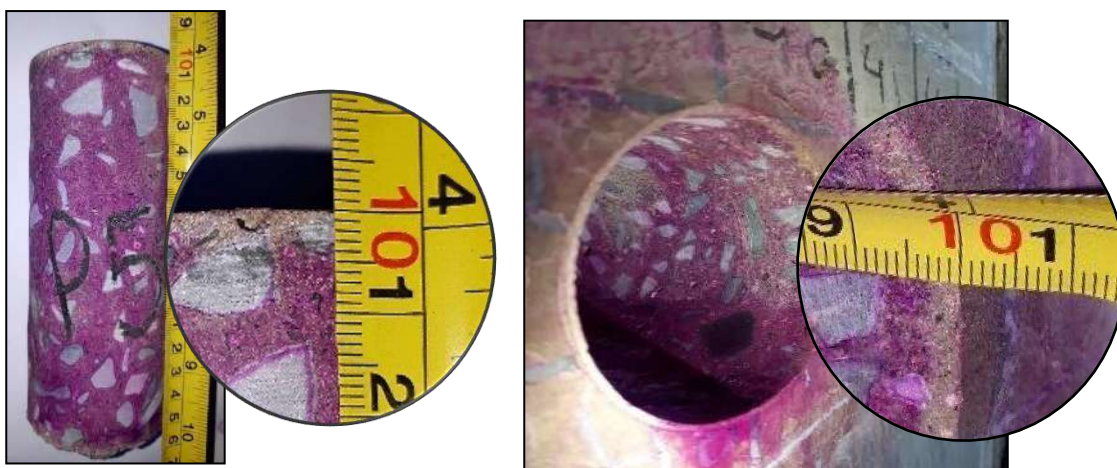
Na Figura 19 e Figura 20 podemos observar que houve uma profundidade carbonatada considerável do concreto no ponto 3 e ponto 5.

Figura 19: Detalhe da presença de carbonatação no testemunho extraído e no furo do ponto 3.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 20: Detalhe da presença de carbonatação no testemunho extraído e no furo do ponto 5.



Fonte: Autoria própria (2018)

Nos demais pontos analisados, tanto nos testemunhos quanto nos seus respectivos furos, a profundidade da frente de carbonatação analisada foi inferior a 1 mm. Visto que nos testes de pacometria, descrito no item 3.2 deste relatório, o menor cobrimento do concreto encontrado foi de aproximadamente 25 mm, desta forma as frentes de carbonatação encontradas nos pontos 3 e 5 não terão efeito para despassivação das armaduras.

### 3. RESULTADOS

Os resultados da dureza superficial do concreto obtida através dos índices esclerométricos estão dispostos na Tabela 02.

Tabela 02: Resultados da dureza superficial do concreto pelo esclerometro.

| Pontos                             | Elemento Estrutural Analisado |       |       |       |       |
|------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                    | P1                            | P2    | P3    | P4    | P5    |
| 1                                  | 41                            | 40    | 38    | 40    | 40    |
| 2                                  | 41                            | 44    | 42    | 34    | 40    |
| 3                                  | 42                            | 38    | 42    | 36    | 41    |
| 4                                  | 43                            | 39    | 36    | 37    | 42    |
| 5                                  | 46                            | 40    | 38    | 35    | 40    |
| 6                                  | 45                            | 37    | 40    | 31    | 45    |
| 7                                  | 45                            | 37    | 38    | 37    | 42    |
| 8                                  | 38                            | 33    | 36    | 34    | 48    |
| 9                                  | 38                            | 39    | 34    | 30    | 48    |
| 10                                 | 40                            | 36    | 35    | 33    | 46    |
| 11                                 | 44                            | 34    | 36    | 37    | 44    |
| 12                                 | 36                            | 36    | 37    | 34    | 43    |
| 13                                 | 36                            | 35    | 40    | 32    | 43    |
| 14                                 | 42                            | 36    | 35    | 36    | 43    |
| 15                                 | 36                            | 36    | 36    | 36    | 41    |
| 16                                 | 37                            | 32    | 40    | 36    | 45    |
| Média I                            | 40,63                         | 37,00 | 37,69 | 34,88 | 43,19 |
| Média II                           | 40,60                         | 37,15 | 37,07 | 34,79 | 42,50 |
| *I.E. Corrigido (x <sub>Fc</sub> ) | 41,41                         | 37,90 | 37,81 | 35,48 | 43,35 |
| Resistência (Mpa)                  | 46                            | 40    | 40    | 35    | 49    |
| Dispersão (Mpa)                    | ±7                            | ±6,5  | ±6,5  | ±6,5  | ±7    |

\*I.E. = Índice Esclerométrico



Os resultados quanto ao cobrimento mínimo de concreto determinado pela pacometria assim como os resultados da frente de carbonatação estão expressos logo abaixo, na Tabela 03.

Tabela 03: Resultado do cobrimento mínimo e da frente de carbonatação no concreto.

| Ponto Analisado | Cobrimento mínimo de concreto encontrado (mm) | Frente de carbonatação (mm) |               |
|-----------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
|                 |                                               | No testemunho               | Na perfuração |
| P1              | 27                                            | < 1                         | < 1           |
| P2              | 30                                            | < 1                         | < 1           |
| P3              | 33                                            | 4                           | 5             |
| P4              | 29                                            | < 1                         | < 1           |
| P5              | 25                                            | 3                           | 3             |

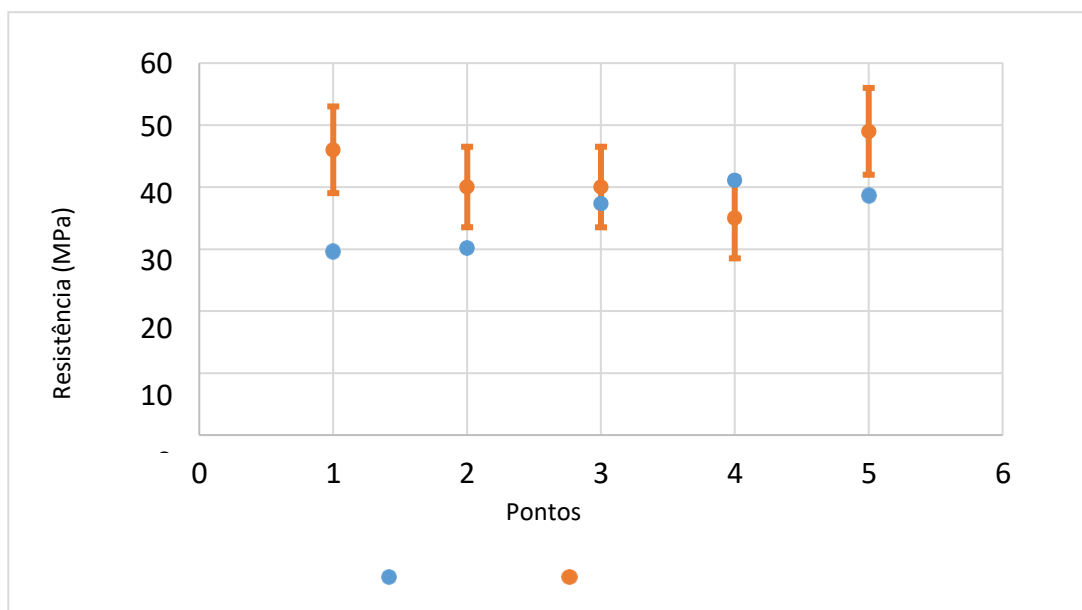
Os resultados da determinação de resistência à compressão dos testemunhos extraídos ( $F_{ci,ext}$ ), seguindo a Equação 1, estão presentes na Tabela 4. Os valores dos coeficientes K1 e K2 foram determinados por método de aproximação a partir dos dados dispostos na ABNT NBR 7680- 1:2015.

Tabela 04: Resultados das resistências à compressão dos testemunhos extraídos.

| Ponto Analisado | Diâmetro (mm) | Altura (mm) | h/d  | Coeficientes |      |      |       | Carga (T) | $f_{ci,ext}$ , inicial (MPa) | $F_{ci, ext}$ (MPa) |
|-----------------|---------------|-------------|------|--------------|------|------|-------|-----------|------------------------------|---------------------|
|                 |               |             |      | K1           | K2   | K3   | K4    |           |                              |                     |
| P1              | 74,63         | 145,68      | 1,95 | 0,00         | 0,09 | 0,05 | -0,04 | 12,00     | 26,91                        | 29,60               |
| P2              | 74,77         | 98,57       | 1,32 | -0,06        | 0,09 | 0,05 | -0,04 | 12,99     | 29,02                        | 30,18               |
| P3              | 74,67         | 148,17      | 1,98 | 0,00         | 0,09 | 0,05 | -0,04 | 15,14     | 33,92                        | 37,31               |
| P4              | 74,61         | 146,65      | 1,97 | 0,00         | 0,09 | 0,05 | -0,04 | 16,65     | 37,36                        | 41,10               |
| P5              | 74,96         | 151,54      | 2,02 | 0,00         | 0,09 | 0,05 | -0,04 | 15,81     | 35,14                        | 38,66               |

Os valores da dureza superficial do concreto obtidos nos ensaios de esclerometria e resistência à compressão estão plotados na Figura 21, apresentado logo abaixo, a fim de promover uma comparação entre estes resultados.

Figura 21: Plotagem dos valores obtidos nos ensaios de esclerometria e resistência à compressão.



Fonte: Autoria própria (2018)

Pode-se observar, segundo a comparação feita acima, que mesmo considerando o intervalo de dispersão do equipamento de esclerometria, os resultados da resistência à compressão na maioria dos testemunhos apresentaram-se menores que as durezas superficiais dos mesmos. Somente nos pontos 3 e 4 ambos os resultados permaneceram dentro de uma mesma faixa.

#### 4. CONCLUSÃO

Depois de realizado o procedimento de inspeção preliminar foi possível mapear as zonas mais afetadas pelo incêndio, além de levantar informações sobre a edificação. De fato, esse primeiro contato visual com a estrutura facilita a identificação destes pontos e os dados fornecidos podem ser utilizados para fins de comparação.

Segundo como apontado no item 2.1, a resistência à compressão do concreto prevista em projeto era de 30 MPa. Se confrontado com os resultados obtidos nos ensaios de resistência dos testemunhos extraídos podemos observar que somente o ponto P1 apresentou resultado inferior ao previsto.

O ensaio de esclerometria, apesar da facilidade de execução, oferece um resultado de dureza superficial com uma alta dispersão que, neste estudo, chegou a até 14MPa entre o menor e o maior resultado possível dentro de um único intervalo.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), *ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2012), *ABNT NBR 7584: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), *ABNT NBR 7680: Concreto. Extração, preparo e ensaio de testemunho de concreto*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007), *ABNT NBR 7680-1: Concreto. Extração, preparo e ensaio de testemunho de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial*. Rio de Janeiro.

BRITZ, C. A., COSTA, C. N. (2011), *Ações do Fogo nas Estruturas de Concreto. Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1 ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 2V. Cap. 29.

COSTA, C. N. (2008), *Dimensionamento de elementos de concreto armado em situação de incêndio*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 724 p.

Especificação BS 1881: PART 204 (1988), “*Teste do concreto. Recomendações sobre o uso de equipamentos eletromagnéticos*”(em inglês). Instituição Britânica de Padrões, Londres.

Especificação LNEC E 391 (1993), *Determinação da resistência à carbonatação*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 2p.

LIMA, R.C.A. ET AL. (2004), *Efeito de altas temperaturas no concreto*. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB819\\_Patologia\\_e\\_Recuperacao\\_de\\_Estruturas\\_de\\_Concreto/Efeito\\_do\\_fogo\\_no\\_concreto.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB819_Patologia_e_Recuperacao_de_Estruturas_de_Concreto/Efeito_do_fogo_no_concreto.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2018.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. (2008), *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. 3 ed. Editora IBRACON, São Paulo. 674 p.

OLIVEIRA, I. A. (2013), *Estrutura de Concreto Armado em Situação de Incêndio. Uma Análise Térmica de uma viga sob Flexão Simples*. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 80 p.

PURKISS, J. A. (1996), *Fire Safety Engineering Design of Structures*. Butterworth Heinemann. Oxford. 376 p.

Recomendações RILEM CPC 18 (1988), “*Medição da profundidade de carbonatação do concreto endurecido*” (em inglês). Editora RILEM Publications SARL. 3 p.

SALES, A. ET AL. (2018), *Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção*. Editora Elsevier, Rio de Janeiro. 2 ed.

SOUSA, D. A., SILVA, G. P. (2015), *Estruturas de concreto em situação de incêndio*. Trabalho de conclusão de curso, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. 137 p.

# CAPÍTULO 14

## METODOLOGIA KANBAN EM UNIDADES DE INTERNAÇÃO DE UM HOSPITAL PÚBLICO – AVALIAÇÃO DE REDUÇÃO DE CUSTOS.

### **Jefferson Barela**

Mestrando em Saúde Coletiva pela Universidade do Sagrado Coração

Instituição: Hospital Estadual Bauru

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 1-100, Núcleo Geisel, Bauru/SP, Brasil

E-mail: jbarela.heb@famesp.org.br

### **Paulo Adolf Lucheta**

Médico Coordenador do Kanban

Instituição: Hospital Estadual Bauru

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 1-100, Núcleo Geisel, Bauru/SP, Brasil

E-mail: palucheta.heb@famesp.org.br

### **Gustavo Hideki Kawanami**

Mestre em Doenças Tropicais pela Universidade Estadual Paulista – Campus Botucatu

Instituição: Hospital Estadual Bauru

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 1-100, Núcleo Geisel, Bauru/SP, Brasil

E-mail: gkawanami.heb@famesp.org.br

### **Deborah Maciel Cavalcanti Rosa**

Doutora em Fisiopatologia pela Universidade Estadual Paulista – Campus Botucatu -  
Diretora executiva do Hospital Estadual de Bauru

Instituição: Hospital Estadual Bauru

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 1-100, Núcleo Geisel, Bauru/SP, Brasil

E-mail: assessoriahospitalar@famesp.org.br

### **Marta Helena Souza De Conti**

Doutora em Ginecologia, Obstetrícia e Mastologia pela Universidade Estadual  
Paulista - Campus Botucatu

Instituição: Universidade do Sagrado Coração

Endereço: Rua Irmã Arminda, 10-50, Jardim Brasil, Bauru/SP, Brasil

E-mail: madeconti@yahoo.com.br

**RESUMO: Introdução:** Em cumprimento as normas promulgadas pelo Núcleo de Acesso e Qualidade Hospitalar, visando atender os mais variados tratamentos de pacientes com patologias clínicas diversificadas; e com intuito de racionalizar recursos tecnológicos para diagnósticos de patologias clínicas, um hospital público do interior do Estado de São Paulo, passou a utilizar uma ferramenta de controle sobre os processos de trabalho, com mensuração em tempo real, não perdendo o foco a individualidade de cada paciente. A implantação da metodologia Kanban busca manter a qualidade na assistência, não permitindo que todo o processo seja acometido de falhas, e que as unidades de internação de clínica médica sejam avaliadas desde o processo de internação até a alta do paciente. **Objetivo:** O presente estudo teve como objetivo avaliar a metodologia Kanban instituída em um hospital de

atendimento SUS, relacionado ao tempo de internação e utilização de recursos da instituição. **Método:** Estudo retrospectivo, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade do Sagrado Coração (nº 3.222.731) com comparação dos dados utilizados pelo escritório do KanBan, dos anos que sucedem sua implementação até março de 2019. **Conclusão:** O estudo mostrou que a monitorização do processo de internação detecta falhas, possibilitando maior compreensão nos campos de trabalho sendo possível a correção em tempo real das necessidades nas áreas em que surge durante todo o processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Internação Hospitalar. Controle de qualidade. Administração Hospitalar.

**ABSTRACT: Introduction:** In compliance with the norms of Hospital Quality and Access Center, aiming to attend the most varied treatments of patients with diverse clinical pathologies, and with the purpose of rationalizing technological resources for diagnosis of clinical pathologies, a public hospital, in the interior of the State of São Paulo, began to use a control tool on the work processes, with real-time measurement, without losing the focus on the individuality of each patient. The implementation of the Kanban methodology seeks to maintain the quality of the care, not allowing the whole process to be flawed, and that the medical clinic hospitalization units be evaluated from the hospitalization process until the discharge of the patient. **Objective:** This study aimed to evaluate the Kanban methodology instituted in a SUS care hospital, related to the time of hospitalization and the use of resources of the institution. **Method:** A retrospective study – approved by the Human Research Ethics Committee of the Universidade do Sagrado Coração (Sacred Heart University) [No. 3,222,731] – comparing the data used by the Kanban office, from the years that follow its implementation until March 2019. **Conclusion:** The study showed that the monitoring of the hospitalization process detects failures, allowing a better understanding in the work field, enabling real-time correction of the needs in the areas where it arises throughout the process.

**KEYWORDS:** Hospital Admission. Quality Control. Hospital Management.

## 1. INTRODUÇÃO

Tratamento e recuperação de um indivíduo, estando este ou não com a vida comprometida quer por uma patologia emergencial ou no aguardo de alguma correção cirúrgica eletiva, acaba gerando custos e tempo e estes devem ser levados em consideração durante todo o processo (MASSARO & MASSARO, 2017).

Considerar que um dos grandes desafios enfrentados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), modelo de atenção à saúde que atende a um perfil epidemiológico, é a tripla carga de doenças caracterizadas pelas infecciosas, que diminuíram de forma importante nas últimas décadas, mas que permanecem ameaçadoras; as crônicas, que cresce juntamente com a expectativa de vida da população; e as traumáticas ou violentas que também aumentam com a urbanização (PETRY, 2016).

Desta forma, com o acréscimo da demanda por serviços de saúde, aliado às realidades econômicas, evidencia preocupações quanto à sustentabilidade dos sistemas de saúde pública, sendo necessário buscar a máxima eficiência em sua gestão (AGUILAR-ESCOBAR *et al.*, 2015).

Petry (2016) citando a portaria nº 2.395/2011, com o objetivo de garantir a qualidade da gestão das portas de entrada hospitalares de urgência e dos leitos de retaguarda, defini a criação dos Núcleos de Acesso e Qualidade Hospitalar (NAQH), que são compostos por coordenadores internos e representante do gestor local com as seguintes competências do NAQH:

[...] garantir o uso dinâmico dos leitos hospitalares, promovendo a interface com as centrais de regulação de urgência e internação; monitorar o tempo de espera para atendimento na emergência e para internação; propor mecanismos de avaliação por meio de indicadores clínicos e administrativos; manter a vigilância da taxa de ocupação e da média de permanência; garantir uso racional, universal e equitativo dos recursos institucionais, por meio de controle sobre os processos de trabalho [...] (Portarias GM/MS 3.390/2013, 2.395/2011).

O tempo de internação, caracterizado pela média de permanência é o indicador que mede a eficiência, eficácia e efetividade da gestão das instituições hospitalares como um todo, sendo que, este indicador é considerado como um dos mais importantes, pois reflete financeiramente na receita hospitalar e cumprimento de metas pactuadas entre a instituição de saúde e o Governo. (NEGRI, *et al.*, 2012).

Sendo assim, ferramentas utilizadas por indústrias e instituições podem contribuir para que o processo seja atingido de forma a manter a excelência com custos moderados, podendo investir ou aprimorar outras áreas das instituições de saúde; O Conselho Federal de Medicina (CFM), afirma que desde o ano de 2003, o

Governo Federal deixou de aplicar R\$ 131 bilhões na saúde pública, levando muitas instituições a trabalhar com recursos escassos, em contra partida com uma demanda cada vez maior nos atendimentos. (OLIVEIRA, 2014). Nesse sentido, mesmo com evidências de redução desses custos, melhorias na utilização de materiais e recursos hospitalares, os investimentos necessários para manutenção têm-se tornado cada vez mais baixo. (BATTINI & RAFELE, 2008).

O sistema Kanban – traduzido por “Cartão de Visual” é uma ferramenta criada na década de 50, caracterizado como um sistema utilizado pela indústria *Toyota* para controlar e equilibrar a linha de produção de veículos, mais com enfoque na qualidade dessa produção. (BOERG, 2010). No pós-guerra, o Japão fragilizado pela sua economia estava em crise e com baixa demanda, sendo necessário melhorar o sistema produtivo, mas com uma variedade maior de produtos. No entanto, sem superprodução e com uma redução de desperdício, criou-se o sistema *Just in Time* (JIT), desenvolvido por *Taichii Ohno*, na *Toyota Motors Company*, como um método para aumentar a produtividade, apesar dos limitados recursos disponíveis. (OLIVEIRA, 2014).

A metodologia Kanban é uma expressão japonesa com origem nos cartões utilizados em suas empresas para solicitar componentes e outros equipamentos da mesma linha de produção, alinhado aos processos de previsão, produção e distribuição, seguindo os princípios do *Just in Time* (JIT): o tempo certo para quantidade e qualidades certas tendem a defeitos zero. (FELIX, 2013). Num mundo globalizado, cujo aumento da exigência dos consumidores nos serviços, especialmente nos da saúde, isso proporcionou um grande aumento de estudos sobre a implementação da gestão da qualidade na área da saúde. (ROCHA, 2014).

Ressaltando sempre, que uma gestão de recursos pode ser caracterizada como conjuntos de tecnologias com ênfase na atenção à saúde, centrada em pessoas, tendo uma multiprofissionalidade das equipes de cuidado (ANSCHAU, *et al.*, 2017), a implementação desse sistema em ambientes hospitalares o único beneficiário é o paciente, que em tempo mínimo pode ter o seu tratamento realizado, sendo restabelecido a comunidade da qual era inserido.

Essinger (2017) comenta que em geral, no planejamento hospitalar deve-se levar em consideração o sistema complexo e que, para que se possa obter melhores resultados, necessita-se conhecer e estudar tal sistema. Esta complexidade se deve a relação entre as partes e se forem separadas para análise individual, podem

interferir na interpretação, visto que se baseia em mudanças de paradigmas como a relação Medicina com Modelos de Gestão.

Por exemplo, uma parcela significativa dos serviços de urgência e emergência, possui a limitação dos recursos físicos, tecnológicos e humanos e onde os serviços estão constantemente operando acima de sua capacidade instalada, não tendo gerenciamento de fluxo adequado dos pacientes entre os seus sítios assistenciais, o mesmo se aplica as unidades de internação (HEISTER, et al. 2013).

Considerando o valor do serviço ou do produto deve ser definido pela perspectiva do usuário final, é importante identificar e especificar o que é valor para o paciente entregando exatamente aquilo que o paciente necessita de acordo com o ponto de vista dele, pois o sistema é focado no paciente, atendendo as necessidades específicas dele (ESSINGER, 2017).

Ao aplicarmos essa ferramenta em uma unidade de saúde, cujo principal ganho reside no fato de que ao diagnosticarmos o tempo de permanência que o paciente encontra-se em uma determinada unidade, fazendo com que o potencial, através da visualização, de disparar a necessidade de identificar a(s) causa(s) que determinam a demora e intervir sobre esse tratamento, gerando consequentemente, impacto significativo na melhor assistência prestada (MASSARO & MASSARO, 2017).

Visando o controle de exames, o sistema Kanban pode ser medido como benefício da organização e de inventário, ou seja, engloba o esforço do método Kanban em controlar o processo logístico e o benefício de regular o processo de pedido. (OLSON, 2014).

A partir desse contexto, o presente projeto apresenta uma proposta de avaliar a metodologia Kanban em um hospital de atendimento exclusivamente SUS que tem como atendimento, pacientes de média e alta complexidade e sendo assim necessita de uma rotatividade de leitos para poder atender a 38 municípios com qualidade racionalizando seus recursos e exames.

## **2. MÉTODOS**

Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizadas avaliações de dados retrospectivos utilizados pelo escritório do Kanban, com autorização do Núcleo de Ensino e Pesquisa da FAMESP – Fundação para Desenvolvimento Médico Hospitalar, gestora do Hospital Estadual Bauru.



O estudo constitui-se de uma amostra estratificada, sendo ambos os sexos, internados no HEB. O processo de análise dos dados envolveu procedimentos de codificação das respostas, tabulação dos dados e cálculos estatísticos, podendo ocorrer simultaneamente interpretação de dados estabelecendo ligação com dados já conhecidos de estudos realizados. A avaliação da metodologia Kanban foi realizada comparando os dados relacionados a alta hospitalar e realização de exames complementares – ressonância magnética e tomografia.

Os dados foram coletados do sistema eletrônico e prontuários eletrônicos dos pacientes. No sistema eletrônico foi coletado a quantidade de altas hospitalares realizada no período de janeiro de 2014 a janeiro de 2019.

Nos prontuários eletrônicos dos pacientes foram verificados a quantidade de exames de tomografia e ressonância magnética nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2019 (período em que tais exames são monitorizados pela equipe Kanban)

### **3. ANÁLISE DOS DADOS**

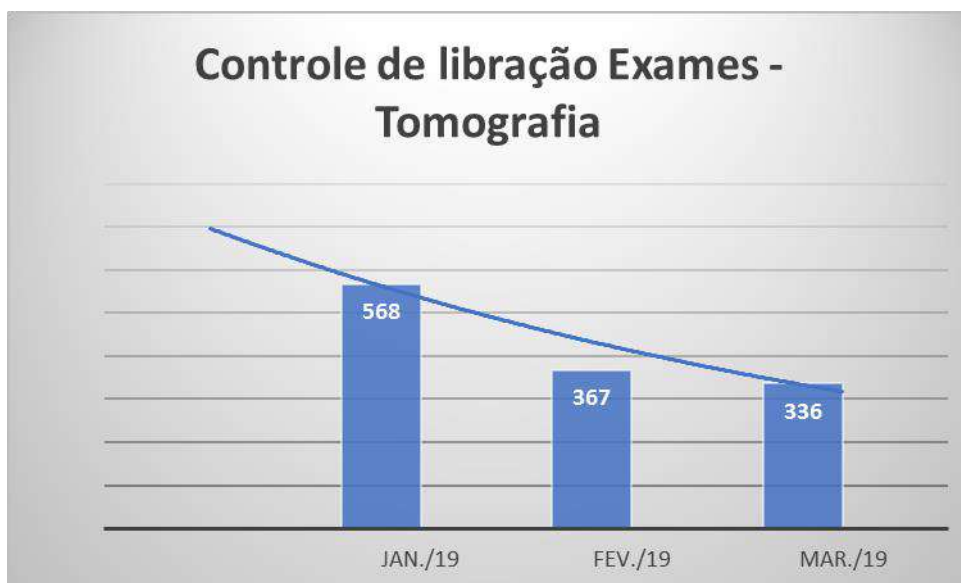
Para a compilação e posterior análise, os dados serão inseridos numa planilha em no formato Excel. O tratamento de dados deverá ocorrer por meio de estatística descritiva média, desvio padrão, valor máximo e mínimos e distribuições de frequências absoluta e relativa. Os dados serão apresentados em tabelas e gráficos, para melhor visualização e compreensão dos resultados.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Considerando-se os objetivos propostos por este estudo de avaliar a metodologia Kanban em um hospital de atendimento exclusivamente SUS que tem como atendimento, pacientes de média e alta complexidade e sendo assim necessita de uma rotatividade de leitos para poder atender a 38 municípios com qualidade racionalizando seus recursos e exames, os resultados foram apresentados abaixo.

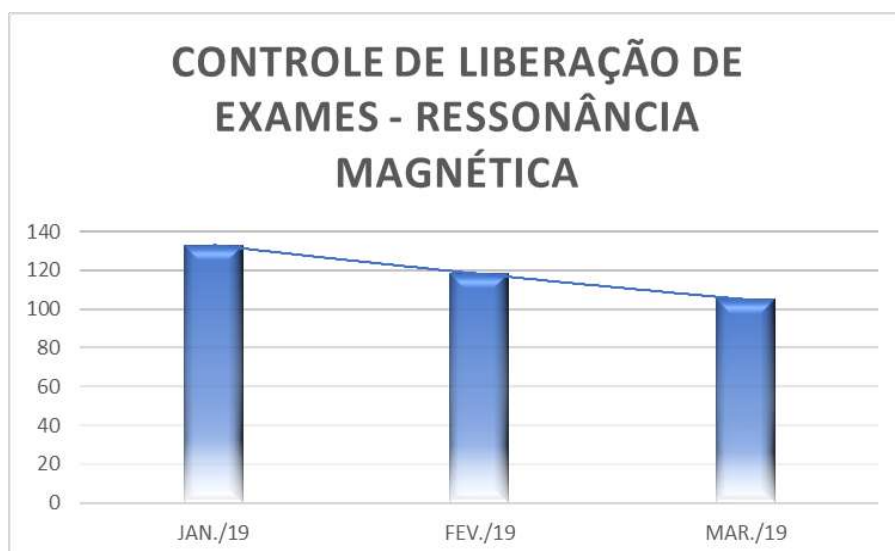
Devido à prestação de contas à Secretaria Estadual de Saúde (SES), a instituição como um todo, tem como objetivo a excelência no atendimento humanizado aos pacientes, não perdendo o foco de sua responsabilidade em cumprir as metas pactuadas, visando à continuidade dos repasses financeiros para assim poder manter a instituição em funcionamento.

Gráfico 01 – Controle de liberação de exames de tomografias liberado pelo Kanban.



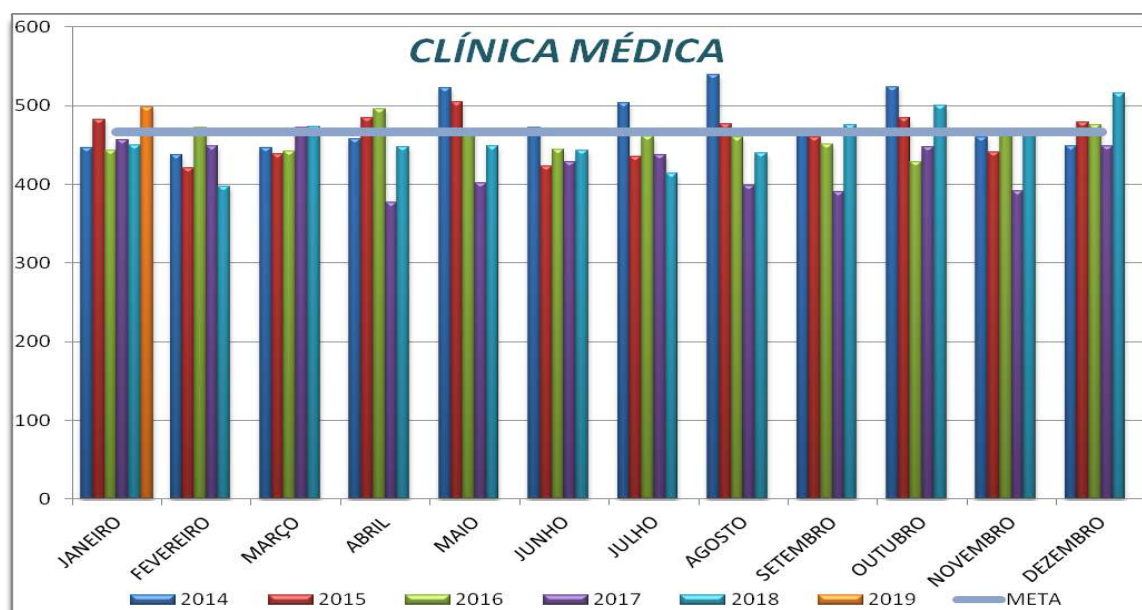
No gráfico acima, com a implantação do sistema de monitorização de exames de tomografia, controlados pela equipe do Kanban, observa-se que houve um declínio acentuado na liberação de exames de imagem comparando as solicitações de realizadas ente Janeiro a Março de 2019. Isso se deve ao fato de uma monitorização e controle de liberação de exames juntamente com um trabalho de conscientização de todos os profissionais sobre a necessidade da solicitação do exame. tendo visão assistencial individualizada, atento a total atenção ao indivíduo e não somente a patologia.

Gráfico 02 – Controle de liberação de exames de ressonância magnética liberado pelo kanban.



A Ressonância magnética, exame de custo elevado e demanda relativamente grande, que a partir de 2019 foi monitorizada, despontou com queda no volume de exames liberados, comparando-se a média entre os meses de Janeiro e Março de 2019, mantendo uma linha de tendência em declínio. Esses exames são acompanhados pela equipe do Kanban, cuja finalidade é realizar a aplicação correta do tipo de exame em relação patologia.

Gráfico 03 – Saídas de Clínica Médica - Valores mensais de cada ano e a média mensal.

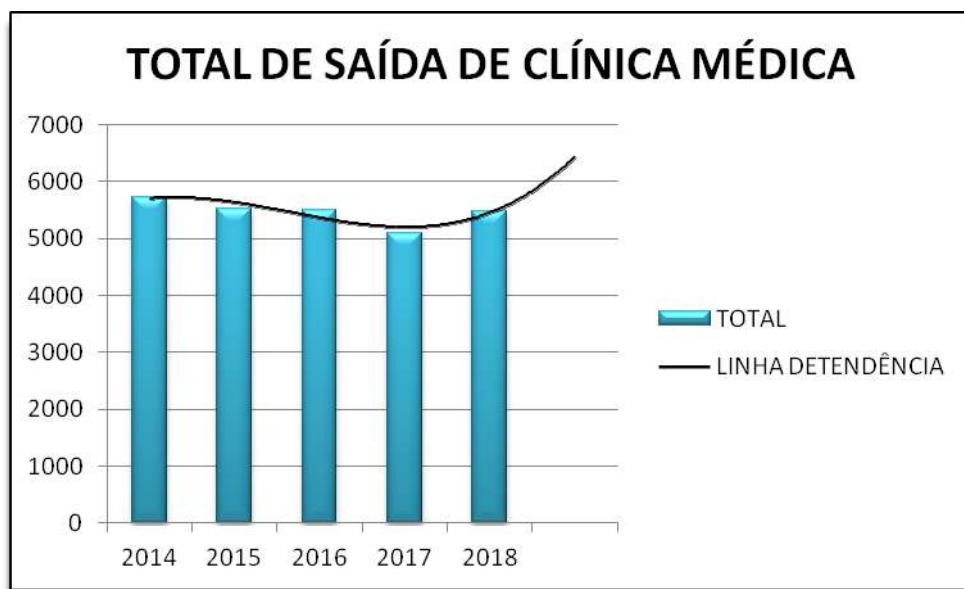


No gráfico 03 observa-se a média mensal de 466 altas hospitalar referente a especialidade “Clínica Médica” por mês. Nota-se após 2016, oscilação nas saídas mensais especialmente no ano de 2017, ano posterior a implantação da metodologia Kanban, nas unidades de internação.

Considerando ano a ano, é possível realizar a seguinte análise: 2014 - no início do ano, uma queda referente a média, mais esses números foram compensados no segundo semestre do mesmo ano. Já no ano de 2015 - alterações mês a mês, sendo basicamente um mês compensado pelo outro. No ano 2016 - ano de estudo e implementação da metodologia Kanban, destaca-se uma melhor resposta, especialmente nos meses de Abril e Dezembro, no entanto a implantação foi em Agosto. Isto pode ser atribuído ao período de estudo e entendimento da metodologia Kanban.

No ano de 2017 - uma queda geral dos números, atingindo somente no mês de Março a média. E finalizando, o ano de 2018 – com discreta queda no início do ano, sendo compensada com elevação acima da média nos últimos 4 meses.

Grafico 04 – Total de Saídas Anuais de Clínica Médica.



No gráfico acima podemos notar que apesar de um pequeno decréscimo no total de saídas no ano de 2017, a linha de tendência mostra elevação nos anos futuros, que pode ser entendida como uma tendência de cumprimento das metas estabelecidas.

No período em que ocorreu a oscilação acima citada, houve implementações de outros serviços e alterações estruturais que podem ter influenciado os resultados.

Analisando criteriosamente os dados acima, observa – se redução entre os meses de Janeiro a Março, no que diz respeito a solicitação de exames de tomografia e ressonância, mostrando assim, um relação entre patologia e atendimento individualizado, o que nos mostra que avaliar o processo de solicitação de exames sem levar em consideração a atenção individual de cada paciente nos evidencia uma queda decrescente mostrada pela linha de tendência dos gráficos 01 e 02.

Comparando as solicitações de metas propostas pela Secretaria Estadual de Saúde para a instituição, a monitorização resultou em saídas de clínica médica com uma curva ascendente da linha de tendência, proporcionando cumprimento de metas, conforme demonstrado no gráfico 04.

Diniz (2013) relaciona o fato de em 2006, o Ministério da Saúde publicar a Portaria 2468/GM, com o propósito de estimular essa qualificação e provocar a modificação dos modelos de atenção e de gestão hospitalares predominantes na rede do Sistema Único de Saúde, e instituindo um Grupo de Trabalho que trataria da Política de Qualidade dos Serviços Hospitalares, gerando o documento intitulado “Termo de Referência da Qualidade Hospitalar”. Este importante documento considera que:

Medir, monitorar e avaliar desempenho, assim como, qualificar a unidade hospitalar são processos distintos, realizados em momentos específicos, entretanto, deverão estar alinhados (medir > monitorar > avaliar > qualificar) visando produzir maior sinergia gerencial, melhores resultados e evitar o retrabalho.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Dessa forma, os resultados deste estudo podem inferir que com a aplicação da metodologia Kanban, no que se refere aos aspectos de monitorização de exames de tomografia e ressonância e altas hospitalares da “Clínica Médica”, houve maior controle de processo, sem perder a atenção individualizada de cada paciente, não considerando somente as patologias, mas também suas necessidades.

Portanto, esta ferramenta é uma forma adequada de controle de sistema em relação a monitorização de exames complementares e alta em ambiente hospitalar.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR-ESCOBAR, V.G.; BOURQUE, S.; GODINO-GALLEGO, N.; **Hospital kanban system implementation: Evaluating satisfaction of nursing personnel**. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, v. 21, n. 3, p. 101-110, 2015.
- ANCHAU, F. et.al. **Avaliação de intervenções de Gestão da Clínica na qualificação do cuidado e na oferta de leitos em um hospital público de grande porte**. Scientia Medica, Porto Alegre, 2017.
- BATTINI, D.; RAFELE, C.; **Hospital efficiency management: the just-in-time and Kanban technique**. Int. J. Healthcare Technology and Management, Vol. 9, No. 4, 2008.
- BOEG, J.; **Kanban em 10 passos**. Tradução de Leonardo Campos, Marcelo Costa, Lúcio Camilo, Rafael Buzon, Paulo Rebelo, Eric Fer, Ivo La Puma, Leonardo Galvão, Thiago Vespa, Manoel Pimentel e Daniel Wildt. C4Media, 2010.
- DINIZ, D.S.; **A Ferramenta Kanban na Emergência do Hospital Municipal**, Miguel Couto/RJ, 2013.
- ESSINGER, L.A.; **Implantação da ferramenta kanban como indutora da melhora do fluxo dos pacientes em um hospital de emergência**. Rio de Janeiro – R.J. -2017.
- FELIX, C.R.; **Implantação do Método KanBan no Pronto Socorro (SUS) em um Hospital Filantrópico Quaternário da Zona Leste de São Paulo**, São Paulo - SP, 2013.
- HEISLER, P. A.; et al. **Aplicação da metodologia kanban como ferramenta adaptada para gestão de “leitos” na emergência**. Porto Alegre, 2013.
- MASSARO, I. A.C.; MASSARO, A.; **O uso do KAN BAN na gestão do cuidado: superando limites**. Revista de Administração em Saúde, v. 17, n. 66, 2017.
- NEGRI, S.C., CAMPOS, M.D.; **O Uso Da Ferramenta Kanban Para O Controle Da Permanência Dos Usuários SUS**, Convibra Administração, Mogi Guaçu- S.P., 2012.
- OLIVEIRA, G.; **Proposta De Implantação Do Método Kanban No Controle De Estoque De Um Hospital**, Marília – S.P., 2014.
- OLSON, A.S.; **Benefits of a hospital two-bin kanban system**. NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL MONTEREY CA, 2014.
- PETRY, D.; **Análise de implantação do Kanban em Hospitais do Programa SOS Emergências**. Salvador, 2016.
- ROCHA, S.R.P.P.C.; **A Gestão de Qualidade nos Hospitais Portugueses**. Porto, Portugal-2014.

# CAPÍTULO 15

OSELTAMIVIR, UMA CORRELAÇÃO DE DESLOCAMENTO QUÍMICO DE  $^{13}\text{C}$ .

## **Leonardo Buss Wulff**

Licenciado em Química pela Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí-GO.  
Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá)  
Endereço: Rod BR 364 KM 192 - Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 –  
CEP: 75801-615 Jataí/Goiás  
E-mail: leonardowulff@gmail.com

## **Gustavo da Silva Prado**

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí-GO.  
Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá)  
Endereço: Rod BR 364 KM 192 - Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 –  
CEP: 75801-615 Jataí/Goiás  
E-mail: gsprado98@gmail.com

## **Thaís Forest Giacomello**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí-GO.  
Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá)  
Endereço: Rod BR 364 KM 192 - Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 –  
CEP: 75801-615 Jataí/Goiás  
E-mail: thaisgiaco@gmail.com

## **Marcelo Ricardo Souza Siqueira**

Doutor em Física de Materiais pela Universidade Federal do Amapá.  
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET/UNIFAP)  
Endereço: Rod. Juscelino Kubitschek, km 02 - Jardim Marco Zero, Macapá/AP  
CEP: 68903-419  
E-mail: marcelo.siqueira@unifap.br

## **Gunar Vingre da Silva Mota**

Doutor em Físico-Química pela Universidade Federal do Pará.  
Instituto de Ciências Exatas e Naturais ICEN UFPA  
Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém/PA  
E-mail: gunarmota@yahoo.com

## **Antonio Maia de Jesus Chaves Neto**

Doutor em Física pela Universidade Federal do Pará. Departamento de Física UFPA  
Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém/PA  
E-mail: amchaves@ufpa.br

## **Edimilson dos Santos Moraes**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará. Departamento de Física UFPA  
Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém/PA  
E-mail: edmilson@ufpa.br

**Fabio Luiz Paranhos Costa**

Doutor em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal de Goiás-REJ  
Jataí-GO.

Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá)

Endereço: Rod BR 364 KM 192 - Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 –

CEP: 75801-615 Jataí/Goiás

E-mail: fabbioquimica@gmail.com

**Sara Sâmitha Souza**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Goiás

Instituição: Universidade Federal de Jataí

Endereço: BR 364, km 195, 3800, CEP: 75801-615, Jataí/GO, Brasil

E-mail: sarasamitha22@gmail.com

**Leandro Leal Rocha De Oliveira**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Goiás

Instituição: Universidade Federal de Jataí

Endereço: BR 364, km 195, 3800, CEP: 75801-615, Jataí/GO, Brasil

E-mail: leandrolealjt@gmail.com

**Pamella Caroline Abreu da Silva**

Graduada em Ciências Naturais pela UFPA

Instituição: Centro universitário FIBRA,

Endereço: Av. Gentil Bittencourt, 1144, Nazaré, CEP: 66040-174, Belém/PÁ

E-mail: pamellasilva.cn@gmail.com

**RESUMO:** Considerado importante patógeno, o vírus da influenza causa infecções do trato respiratório e ainda hoje é uma ameaça à saúde global. Uma das classes de antivirais mais amplamente usada para o tratamento da influenza, é os inibidores da neuraminidase (NAIs), e nesta está incluído o oseltamivir. O objetivo do presente estudo teórico é correlacionar deslocamento químico RMN de  $^{13}\text{C}$  escalonado com deslocamento químico experimental de oseltamivir baseado na aplicação de fator de escalonamento. Em conclusão, o nível de teoria GIAO-mPW1PW91/6-31G, aplicado para calcular deslocamento químico em fase gasosa, juntamente com a utilização de um fator de escalonamento representado pela equação linear ( $\delta_{\text{scal}} = 1,05 \cdot \delta_{\text{calc}} - 1,22$ ), é uma ferramenta muito atraente como uma alternativa às abordagens mais exigentes em termos computacionais, que são geralmente aplicadas para reproduzir deslocamento químico  $^{13}\text{C}$  de estado sólido.

**PALAVRAS-CHAVE:** GIAO-NMR, mPW1PW91/6-31G, Fator de escalonamento

**ABSTRACT:** One of the most widely used antiviral classes for the treatment of influenza is neuraminidase inhibitors (NAIs), and this includes Oseltamivir, one of the most important anti-influenza drugs. The combination of experimental and calculated NMR chemical shift studies helps to confirm the structure of molecules. In this work we intend to correlation  $^{13}\text{C}$  NMR scaled chemical shift with experimental chemical shift of Osetalmivir based on the application of scale factor. In conclusion, the level of GIAO-mPW1PW91/6-31G(d) theory applied to calculate gas phase chemical displacement along with the use of a scaling factor is a very attractive tool as an alternative to the



most demanding approaches in terms which are generally applied to reproduce  $^{13}\text{C}$  chemical shift of solid state.

**KEYWORDS:** GIAO-NMR, mPW1PW91 / 6-31G, Scaling Factor.

## 1. INTRODUÇÃO

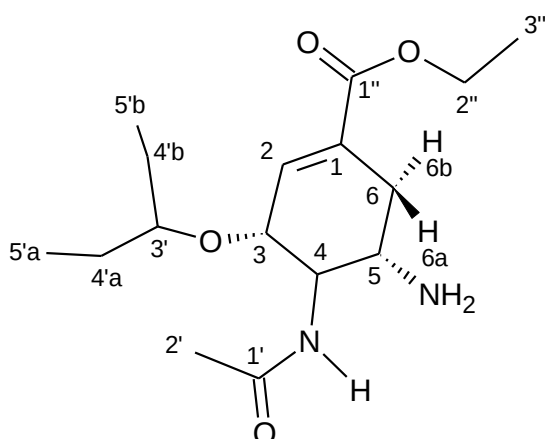
### 1.1 JUSTIFICATIVA/BASE TEÓRICA

Considerado importante patógeno, o vírus da influenza causa infecções do trato respiratório (LIU et al., 2017) e ainda hoje é uma ameaça à saúde global (MATOS et al., 2018). É uma infecção respiratória viral aguda e altamente contagiosa (LI et al., 2017) afeta milhões de pessoas em epidemias sazonais (MATOS et al., 2018) causando morbidade e mortalidade significativas (CIFTCI; KARBUZ; KENDIRLI, 2016).

É estimado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que a gripe sazonal causa de 250.000 a 500.000 mortes em todo o mundo a cada ano (HUNG et al., 2017). Uma das classes de antivirais mais amplamente usada para o tratamento da influenza, é os inibidores da neuraminidase (NAIs), e nesta está incluído o oseltamivir (OST) (JOSÉ M. FRAILE; CARLOS J. SAAVEDRA, 2017), um dos mais importantes medicamentos anti-influenza (DA SILVA; IHA, 2010).

Com o início do tratamento com o OST, logo nos primeiros dias a infecção grave causada pela influenza pode ser controlado e assim prevenir mortes relacionadas (CIFTCI; KARBUZ; KENDIRLI, 2016).

Figura 07: Estrutura da molécula de Oseltamivir.



O termo atribuído a formas cristalinas em que uma mesma substância pode ser encontrada é chamado polimorfismo. Não são apenas diferenças nos arranjos cristalinos de polimorfismos que encontramos na literatura, mas também mudanças significativas de solubilidade, processabilidade e estabilidade física e química entre os diferentes polimorfismos da molécula.

Estas propriedades interferem diretamente no mecanismo de absorção de fármacos pelos seres vivos e exerce ação na eficácia terapêutica de fármacos, sendo então um atrativo para a indústria farmacêutica. Isso explica a importância de controle e identificação de formas polimórficas de um medicamento (PANKRATYEV; TULYABAEV; KHALILOV, 2011).

Um papel central na química é desempenhado pelas relações estrutura-atividade, e tem sido fundamental para a ciência molecular nos últimos 50 anos a possibilidade de determinar estruturas moleculares tridimensionais (HOFSTETTER; EMSLEY, 2017). A caracterização estrutural permanece um desafio quando a amostra é um pó e isso tem importância em aplicações farmacêuticas com a determinação das estruturas de polimorfismo de medicamentos. No entanto a Ressonância Magnética Nuclear (RMN) consegue superar esse problema por meio de sua sensibilidade ao ambiente químico (HOFSTETTER; EMSLEY, 2017).

É um dos principais métodos para identificação de estruturas de compostos orgânicos é a espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear (D'SOUZA et al., 2009). É considerada ferramenta indispensável para a caracterização de moléculas orgânicas desde os anos 1960 (HIREMATH et al., 2018).

A combinação de estudos de deslocamento químico ( $\delta$ ) de RMN experimental e calculado auxiliam a confirmar a estrutura de moléculas (LAKSHMI PRASANTHI et al., 2016). Nesta área, a combinação de RMN de estado sólido e métodos computacionais também fez um tremendo progresso na última década (HOFSTETTER; EMSLEY, 2017).

## **2. OBJETIVO**

Nesse trabalho temos a intenção de correlacionar deslocamento químico RMN de  $^{13}\text{C}$  escalonado com deslocamento químico experimental de OST baseado na aplicação de fator de escalonamento.

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente realiza-se análises conformacional por Mecânica Molecular, utilizando o método Monte Carlo, com o propósito de selecionar os confôrmeros mais estáveis da molécula OST. A análise conformacional é realizado no programa Spartan '08 selecionando os confôrmeros que representam a maior parte da população total das moléculas, i.e., aqueles que contam com a energia livre de até 3 kcal.mol<sup>-1</sup>.

Também no programa Spartan calcula-se o “Single Point” com o intuito de confirmar os conformeros mais estáveis. Após selecionados esses confôrmeros, estes são submetidos, no programa Gaussian '09 a cálculos de otimização de geometria e cálculos de frequência vibracional esse para mostrar os pontos estacionários e confirmar a natureza dos pontos estacionários, respectivamente. Após então sabermos o confôrmero de menor energia relativa são calculados os deslocamentos químicos de <sup>13</sup>C, levando em conta a distribuição de Boltzmann.

Os cálculos de deslocamento químico foram obtidos com a equação  $\delta_{\text{calc}} = \sigma_{\text{TMS}} - \sigma_{\text{núcleo}}$ , onde  $\sigma_{\text{TMS}}$  é o isotrópico do tensor de blindagem do composto de referência TMS (tetrametilsilano) calculado no mesmo nível de teoria e  $\sigma_{\text{núcleo}}$  é o isotrópico do tensor de blindagem do núcleo da molécula.

Todos esses cálculos de deslocamentos químicos foram computados em nível mPW1PW91/6-31G(d), utilizando-se o método GIAO. Os dados de deslocamento químico escalonado ( $\delta_{\text{scal}}$ ) são obtidos segundo a equação  $\delta_{\text{scal}} = 1,05.\delta_{\text{calc}} - 1,22$  (1) (LAKSHMI PRASANTHI et al., 2016). Esse fator de escalonamento foi retirado de um trabalho publicado em 2010 por Costa et. al. Para realizar uma validação estatística de nossos resultados, foram calculados os erros de desvio médio (MAD) e desvio quadrático médio (RMSD) (em ppm).

### 4. RESULTADOS/DISCUSSÃO

De modo a conseguir uma aplicação generalizada de um fator de escalonamento ao GIAO-HDFT <sup>13</sup>C deslocamento químico, é desejável combinar uma excelente precisão de MAD (desvio médio absoluto) e RMSD (erro quadrático médio). A comparação dos dados demonstrou uma grande concordância entre deslocamento químico de RMN experimental e calculada.

Para a molécula OST MAD e RMSD antes (depois), em ppm, a aplicação do fator de escala é: 4,90 (3,82) e 6,77 (5,41), respectivamente.

## 5. CONCLUSÃO

Em conclusão, o nível de teoria GIAO-mPW1PW91/6-31G, aplicado para calcular deslocamento químico em fase gasosa, juntamente com a utilização de um fator de escalonamento representado pela equação linear ( $\delta_{\text{scal}} = 1,05 \cdot \delta_{\text{calc}} - 1,22$ ), é uma ferramenta muito atraente como uma alternativa às abordagens mais exigentes em termos computacionais, que são geralmente aplicadas para reproduzir deslocamento químico  $^{13}\text{C}$  de SSRMN.

## REFERÊNCIAS

- CIFTCI, E.; KARBUS, A.; KENDIRLI, T. Influenza and the use of oseltamivir in children. **Türk Pediatri Arşivi**, v. 51, n. 2, p. 63–71, 2016.
- D'SOUZA, C. et al. Search for novel neuraminidase inhibitors: Design, synthesis and interaction of oseltamivir derivatives with model membrane using docking, NMR and DSC methods. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes**, v. 1788, n. 9, p. 1740–1751, set. 2009.
- DA SILVA, G.; IHA, K. Polimorfismo: Caracterização e estudo das propriedades de uma fase cristalina. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 2, n. 3, p. 331–338, 2010.
- HIREMATH, S. M. et al. Molecular structure, vibrational spectra, NMR, UV, NBO, NLO, HOMO-LUMO and molecular docking of 2-(4, 6-dimethyl-1-benzofuran-3-yl) acetic acid (2DBAA): Experimental and theoretical approach. **Journal of Molecular Structure**, v. 1171, n. 6, p. 362–374, nov. 2018.
- HOFSTETTER, A.; EMSLEY, L. Positional Variance in NMR Crystallography. **Journal of the American Chemical Society**, v. 139, n. 7, p. 2573–2576, 22 fev. 2017.
- HUNG, I. F. N. et al. Efficacy of Clarithromycin-Naproxen-Oseltamivir Combination in the Treatment of Patients Hospitalized for Influenza A(H3N2) Infection. **Chest**, v. 151, n. 5, p. 1069–1080, maio 2017.
- JOSÉ M. FRAILE; CARLOS J. SAAVEDRA. Application of Heterogeneous Catalysts in the First Steps of the Oseltamivir Synthesis. **Catalysts**, v. 7, n. 12, p. 393, 2017.
- LAKSHMI PRASANTHI, N. et al. A Review on Polymorphism Perpetuates Pharmaceuticals. **American Journal of Advanced Drug Delivery**, v. 4, n. 5, 2016.
- LI, Y. et al. Inhibitory activity of selenium nanoparticles functionalized with oseltamivir on H1N1 influenza virus. p. 5733–5743, 2017.
- LIU, S. S. et al. Susceptibility of influenza A(H1N1)/pdm2009, seasonal A(H3N2) and B viruses to Oseltamivir in Guangdong, China between 2009 and 2014. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017.
- MATOS, A. R. et al. Susceptibility of Brazilian influenza A(H1N1)pdm09 viruses to neuraminidase inhibitors in the 2014–2016 seasons: Identification oMatos, Aline R., Paola C. Resende, Milene D. Miranda, Cristiana C. Garcia, Braulia C. Caetano, Jonathan C.O. Lopes, Maria C. D. **Antiviral Research**, v. 154, p. 35–43, 2018.
- PANKRATYEV, E. Y.; TULYABAEV, A. R.; KHALILOV, L. M. How reliable are GIAO calculations of <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR chemical shifts? A statistical analysis and empirical corrections at DFT (PBE/3z) level. **Journal of Computational Chemistry**, v. 32, n. 9, p. 1993–1997, 15 jul. 2011.

## CAPÍTULO 16

EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE MÁRMORE E GRANITO COM FIBRAS DE SISAL NAS PROPRIEDADES DE COMPOSTOS POLIMÉRICOS.

### **Karla Suellen Lino Barbosa**

Mestranda em Engenharia Química, Bacharela Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mecânica pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: karllaslb@gmail.com

### **Ingrid Moreira Reis**

Bacharela Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mecânica pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, campus Ananindeua.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: ingridmoreira@outlook.com

### **Willam Rayplam Pereira Coelho**

Graduando Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mineral pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, campus Ananindeua.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: williamatl96@gmail.com

### **Gabrilly Monteiro Melo**

Graduanda Interd. em Ciência e Tecnologia com ênfase em Mineral pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, campus Ananindeua.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: gabrillymonteiro@yahoo.com.br

### **Iara Ferreira Santos**

Doutoranda em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Mestra em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: iaraferreira.eq@gmail.com

### **José Antônio da Silva Souza**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, PA, Brasil.

E-mail: jass@ufpa.br

### Deibson Silva da Costa

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará.

Instituição: Universidade Federal do Pará, Professor do magistério superior, Faculdade de Engenharia de Materiais, campus Ananindeua.

Endereço: Universidade Federal do Pará, CEP: 67130-660, Ananindeua, PA, Brasil.

E-mail: deibsonsc@yahoo.com.br

**RESUMO:** Com base na intensa produção de resíduos, provenientes dos processos de beneficiamento de rochas ornamentais, pesquisadores buscam alternativas de reutilização deste material. Portanto, foram confeccionados materiais compósitos com objetivo de avaliar propriedades físico-mecânicas. Foi utilizado o método de fabricação *hand lay up* associado à prensagem em molde fechado, nos quais foram confeccionados materiais compósitos de resíduo de mármore e granito nas frações mássicas de 5 %, 10 %, 15 % e 20 % na granulometria de 200 Mesh da série Tyler adjunto com fibras vegetais de sisal no comprimento de 15 mm na fração fixa de 3 %. A matriz polimérica utilizada foi a resina poliéster isoftálica em conjunto com o acelerador de cobalto (1,5 % v/v) e o catalisador MEK-P (1 % v/v). Foram realizadas análises mineralógicas no resíduo, a fim de identificar as fases cristalinas do material. Ademais, foram feitas caracterizações físicas nos compósitos por meio da massa específica aparente (ASTM D 792), absorção de água (ASTM D 570) e porosidade aparente (ASTM D 2734), além do ensaio de resistência à tração (ASTM D 3039). As análises da superfície de fratura foram analisadas através do microscópio eletrônico de varredura. Os compósitos apresentaram variação de acordo com o teor de resíduo e fibra na matriz para as propriedades físicas. Referente ao comportamento à tração o compósito com mármore e granito 10 % e fibra 3 % obteve significância estatisticamente em relação as demais frações de resíduo e fibra. A análise de fratura evidenciou os mecanismos de falhas como *pull-out* e fibras rompidas. A vista disto, a utilização desses materiais possui potencial como carga em compósito em revestimentos internos, o que alternativa viável e sustentável na redução das problemáticas ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem. Resíduos Industriais. Mármore. Granito. Fibras Vegetais.

**ABSTRACT:** Based on the intense production of residues from the processing of ornamental rocks, researchers are looking for alternatives to reuse this material. Therefore, composite materials were made in order to evaluate physical and mechanical properties. The *hand lay up* manufacturing method associated with closed mold pressing was used, in which composite materials of marble and granite residues were made in the mass fractions of 5 %, 10 %, 15 % and 20 % in the 200 mesh granulometry of the series Tyler adjunct with 15 mm long sisal vegetable fibers in the fixed fraction of 3 %. The polymeric matrix used was the isophthalic polyester resin together with the cobalt accelerator (1.5 % v / v) and the MEK-P catalyst (1 % v / v). Mineralogical analyzes were performed on the residue, in order to identify the crystalline phases of the material. In addition, physical characterizations were made in the composites by means of the apparent specific mass (ASTM D 792), water absorption (ASTM D 570) and apparent porosity (ASTM D 2734); in addition to the tensile strength test (ASTM D 3039). The fracture surface analyzes were analyzed using a scanning electron microscope. The composites varied according to the residue

and fiber content in the matrix for physical properties. Regarding the tensile behavior, the composite with marble and granite 10 % and fiber 3 % obtained statistical significance in relation to the other fractions of residue and fiber. The fracture analysis showed failure mechanisms such as pull-out and broken fibers. In view of this, the use of these materials has potential as composite filler in internal coatings, which is a viable and sustainable alternative in reducing environmental problems.

**KEYWORDS:** Recycling. Industrial Waste. Marble. Granite. Vegetable fibers.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor industrial brasileiro possui uma crescente produção de rochas ornamentais, com destaque os minérios de mármore e granito. Em razão disso, as empresas de beneficiamento de minérios geram um elevado acúmulo de resíduos provenientes dos processos de corte, serragem e polimento das peças, no qual a destinação inadequada acarreta em problemáticas ambientais. Dessa forma, a existência de pesquisas relacionadas ao aproveitamento dos resíduos produzidos é ansiada.

Do ponto de vista comercial, as rochas ornamentais são divididas em dois grupos, mármore e granitos. Sendo mármore considerado um conjunto de rochas carbonáticas, enquanto granito engloba um conjunto de rochas silicáticas que apresentam condições de desdobramento e de beneficiamento para fins ornamentais e de revestimento (BEZERRA, 2017).

Chiodi Filho e Rodrigues (2009), afirmam que a utilização dos resíduos oriundos do beneficiamento das rochas ornamentais traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a empresa produtora do resíduo, uma vez que, quando o material passa a ser reutilizado e comercializado, reduz as perdas sofridas durante o processo de beneficiamento, acarretando no aumento da lucratividade e fornecendo uma alternativa para o setor industrial.

De acordo com Santos *et al.* (2014) existem variadas formas da reutilização do resíduo proveniente dos beneficiamentos, como por exemplo, a admissão em vidros, cerâmica vermelha e produções de cosméticos. Além dessas alternativas, uma aplicação promissora desses resíduos é a utilização como carga em compósitos, sendo um material de baixo custo e com fonte altamente disponível na indústria brasileira, ademais por apresentarem boas propriedades mecânicas. De acordo com



Callister (2016), a busca por materiais com combinações de propriedades trouxe reconhecimento para uma nova classe distinta dos materiais convencionais.

Atualmente o interesse no uso das fibras vegetais como reforço nos compósitos vem intensificando-se, em comparação as fibras sintéticas. Isso ocorre devido ao custo benefício e as vantagens ambientais, por serem biodegradáveis e não tóxicas. As fibras vegetais ou partículas resultam, muitas vezes, no aumento da rigidez e resistência do material.

Em meio à abundância das fibras vegetais existentes, pode-se destacar a fibra de sisal de natureza celulósica, constituinte da planta *Agave sisalana*. De acordo com Joseph, Medeiros e Carvalho (1999) as propriedades presentes nas fibras correspondem as necessidades da fabricação dos compósitos poliméricos. Sendo elas, a elevada resistência ao impacto e a moderada resistência a tração e flexão. Além de apresentar facilidade desde o cultivo ao beneficiamento.

Por conseguinte, este trabalho busca avaliar o comportamento físico-mecânico de compósitos de matriz polimérica incorporados com resíduo e fibras vegetais. Com o intuito de promover uma alternativa viável de reutilização/reciclagem do resíduo, acarretando na redução de impactos socioambientais.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 MATERIAIS UTILIZADOS**

A matriz polimérica consistiu em uma resina poliéster insaturada isoftálica, proveniente da empresa Centerglass Ind, Com. R. e Fibras Ltda e com densidade de 1,15 g/cm<sup>3</sup> (dados fornecidos pelo fabricante). Além de um sistema catalítico, em volume, constituídos por acelerador de cobalto (1,5 %) e iniciador peróxido de metil cetona (MEK-P 1,0 %), ambos produzidos pela empresa AEROJET Brasileira de Firbeglass Ltda.

Os resíduos de Mármore e Granito (MG) foram fornecidos pela empresa Brilasa Britagem e Laminação de Rochas S/A, localizada no Estado do Pará. A densidade adotada para o resíduo foi de 2,7 g/cm<sup>3</sup>, segundo o trabalho de Spala *et al.* (2017). As fibras de sisal foram adquiridas da empresa SISALSUL, localizada no Estado de São Paulo. A densidade adotada foi de 1,42 g/cm<sup>3</sup>, conforme o trabalho de Costa (2016). A Figura 01 apresenta o resíduo e a fibra.

Figura 01 – Resíduo (a) e fibras de sisal (b)



## 2.2 MÉTODOS

### 2.2.1 DESAGREGAÇÃO DOS RESÍDUOS DE MÁRMORE E GRANITO

Para o beneficiamento dos resíduos, esses passaram pelo processo de secagem em estufa por aproximadamente 24 horas a uma temperatura de 105 °C. Após este processo foi realizada a etapa de cominuição e peneiramento manual do resíduo em peneira com granulometria de 200 Mesh (0,074 mm) da série Tyler.

### 2.2.2 CORTE DAS FIBRAS DE SISAL

As fibras foram utilizadas na forma como adquiridas, não passaram por nenhum tratamento químico. Dessa forma, foram cortadas com auxílio de uma escala milimétrica em comprimento de 15 mm. O processo do corte consistiu na organização dos feixes de fibras sobre uma tira de papel com as dimensões desejadas.

### 2.2.3 DIFRAÇÃO DE RAIOS –X (DRX)

As análises mineralógicas foram feitas em um Difratorômetro de Raios –X, que permite identificar as fases cristalinas do material. Para a análise do material foi realizado a redução das amostras mediante ao quarteamento, seguida da homogeneização e diminuição dos grãos a serem analisados.

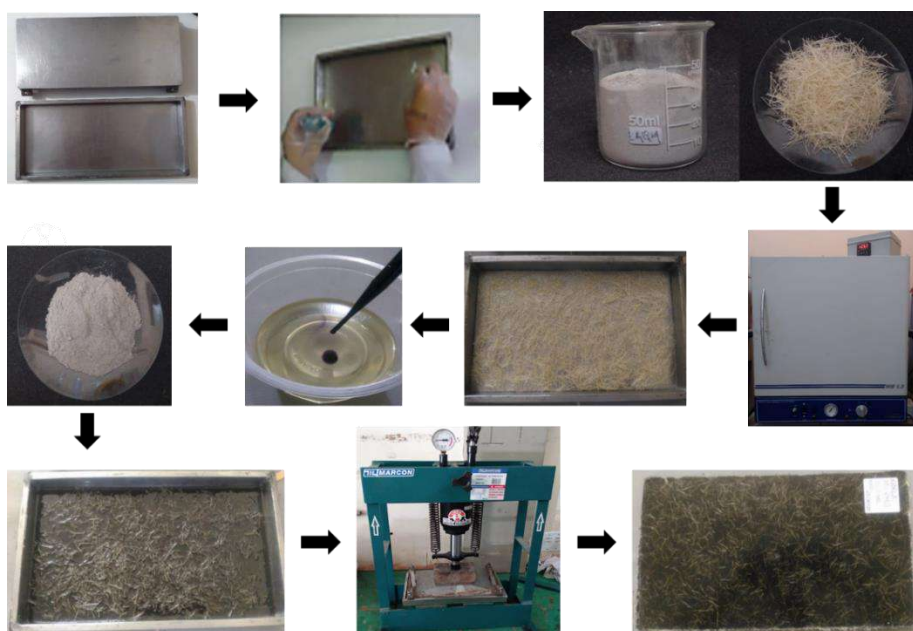
### 2.2.4 COMPÓSITOS

Para a produção dos compósitos, em formato de placas retangulares, foi utilizado o método *land lay up* associado à prensagem em um molde fechado (320 mm x 172,5 mm X 5 mm). As frações mássicas dos materiais foram determinadas em 3 % de fibra de sisal (comprimento de 15 mm), variando as frações em massa de 5 %,

10 %, 15 % e 20 % do resíduo com granulometria de 200 Mesh, considerando a fração de 0 % de fibra e 0 % de MG como método comparativo.

Para a produção das placas, tanto a fibra quanto o resíduo foram pesados e colocados na estufa a uma temperatura de 105 °C por um período de 30 minutos, para retirar a umidade superficial do material. Após esse período, as fibras foram dispostas de forma aleatória dentro do molde, paralelo a isso, foi homogeneizado a mistura polimérica na sequência de resina isoftálica, acelerador de cobalto, resíduo e, por fim, iniciador MEK-P, durante 5 minutos. Na sequência, a mistura foi despejada dentro do molde. Depois da mistura atingir o ponto de gel no período de 10 a 15 minutos, o material foi prensado com carga de 25 kN durante 20 minutos. A Figura 02 ilustra o processo de produção dos compósitos.

Figura 02 - Processo de produção dos compósitos.



Após a confecção de todas as placas, foram realizados processos de corte de acordo com as recomendações das normas para cada ensaio realizado.

#### 2.2.4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

As caracterizações físicas dos compósitos fabricados foram feitas por meio de Massa Específica Aparente - MEA (ASTM D 792), Absorção de Água - AA (ASTM D 570) e Porosidade Aparente - PA (ASTM D 2734), onde foram preparados 5 corpos de prova, nas dimensões de 25 mm x 25 mm, de acordo com as frações mássicas estabelecidas. Após a obtenção dos corpos de prova, o material foi colocado na estufa

durante 24 horas a uma temperatura de 105 °C, após esse período cada amostra foi pesada em balança de precisão para determinação da massa seca -  $m_s$ . Em seguida, foi realizada a imersão desses corpos de prova em água destilada por 24 horas para determinação da massa úmida -  $m_u$  e seguidamente os corpos foram pesados hidrostaticamente, com ajuda de aparato adaptado, para obtenção da massa imersa -  $m_i$ . Após as determinações das massas secas, úmidas e imersas, fez-se o uso das Equações 1, 2 e 3 para obtenção das propriedades físicas.

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| $MEA = \frac{m_s}{m_u - m_i} (g / cm^3)$ | (1) |
|------------------------------------------|-----|

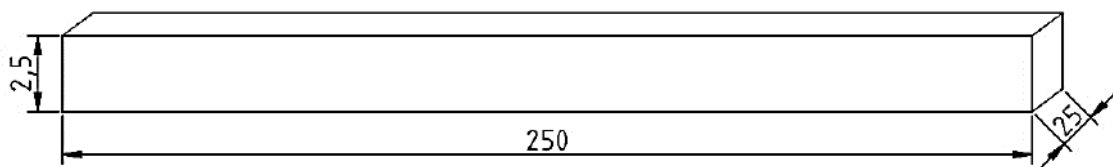
|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| $AA = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 (\%)$ | (2) |
|----------------------------------------------|-----|

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| $PA = \frac{m_u - m_s}{m_u - m_i} \times 100 (\%)$ | (3) |
|----------------------------------------------------|-----|

#### 2.2.4.2 CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA

Para a realização dos ensaios mecânicos de tração foram fabricados 9 corpos de prova de acordo com a norma ASTM D 3039, com as dimensões conforme mostrado na Figura 03.

Figura 03 – Dimensões, em mm, dos corpos de prova para ensaio de tração.



Fonte: ASTM D 3039 (2008).

Foram utilizados nas extremidades dos corpos de prova *tabs*, que tem por objetivo criar uma aderência na fixação, devido sua rugosidade, na região das garras da máquina de ensaio. Os ensaios de tração foram realizados por meio da máquina universal de ensaios, marca KRATOS, modelo IKLC3, com célula de carga de 5 kN e

velocidade de ensaio de 2 mm/min. Essa máquina consiste na aplicação de esforços até obtenção da deformação plástica do material.

#### 2.2.4.3 FRACTOGRAFIA

As análises das superfícies de fratura foram realizadas através do microscópio eletrônico de varredura. Essa técnica consiste na identificação de fenômenos de fratura de materiais após falha. A amostra analisada consistiu no material que apresentou melhor desempenho mecânico.

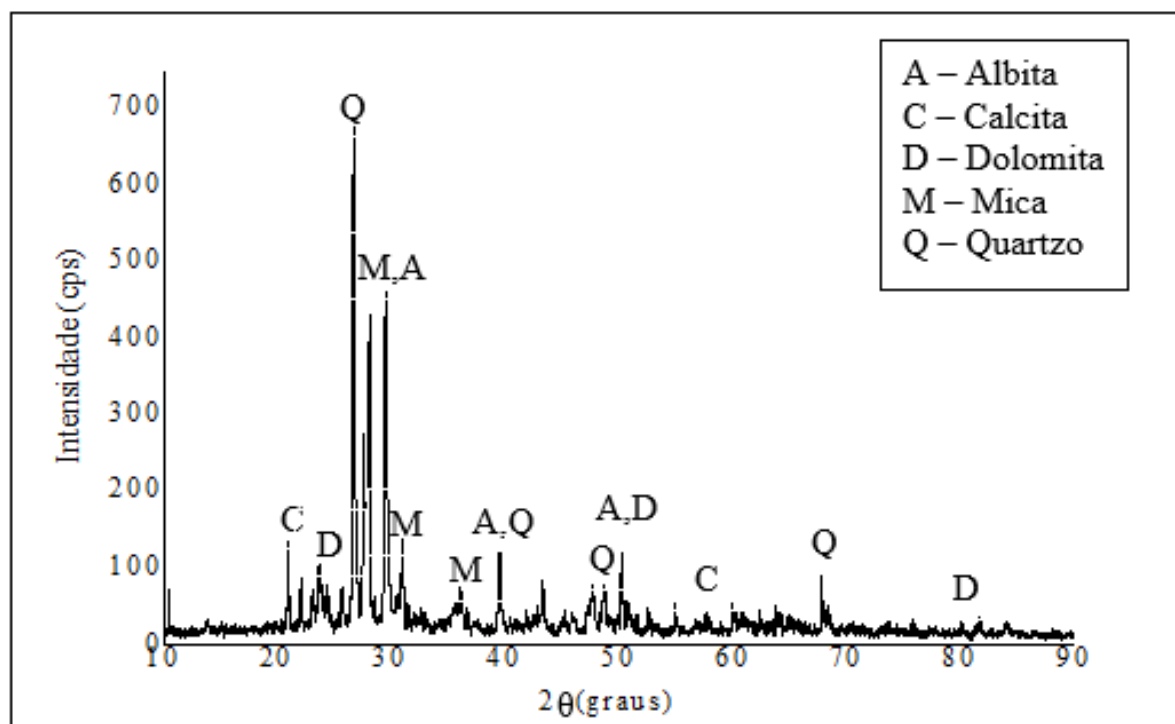
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A caracterização mineralógica do resíduo de mármore e granito foi realizada por meio da técnica de Difração de Raios-X. O difratograma da Figura 04 apresenta os principais componentes mineralógicos presentes no resíduo, nos quais se observam picos de elevada intensidade de componentes como Quartzo, Albita e Mica, constituintes estes presentes nos granitos, além de picos de baixa intensidade de minerais como Calcita e Dolomita, referentes ao mármore.

Tais resultados estão em conformidade com trabalhos de Rodrigues (2016), Santos *et al.* (2014) e Mello (2006).

Figura 04 – Difratograma do resíduo de mármore e granito.



### 3.2 COMPÓSITOS

Os compósitos foram avaliados de acordo com as propriedades físicas de massa específica aparente, absorção de água e porosidade aparente, além do comportamento mecânico à tração juntamente com a análise da superfície de fratura.

#### 3.2.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

As caracterizações físicas dos compósitos foram realizadas através das propriedades de Massa Específica Aparente (MEA), Absorção de Água (AA) e Porosidade Aparente (PA) sobre recomendações das normas ASTM. A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 01 – Propriedades físicas dos compósitos.

| Fração Mássica (%) | MEA (g/cm <sup>3</sup> ) | AA (%)           | PA (%)           |
|--------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| PI                 | 1,2159 (±0,0052)         | 1,2816 (±0,4395) | 1,5569 (±0,5277) |
| MG5F3              | 1,2623 (±0,0029)         | 1,3372 (±0,1023) | 1,6879 (±0,1292) |
| MG10F3             | 1,3162 (±0,0057)         | 1,3434 (±0,1588) | 1,7679 (±0,2042) |
| MG15F3             | 1,4123 (±0,0119)         | 1,1872 (±0,1172) | 1,6775 (±0,1767) |
| MG20F3             | 1,4917 (±0,0029)         | 1,1876 (±0,1397) | 1,7711 (±0,2056) |

É notório, na Tabela 01, que a propriedade de MEA sofreu aumento de acordo com o acréscimo de resíduo, a qual a carga de mármore e granito 20 % com fibra 3 % (MG20F3) obteve aumento de 18,48 % em comparação à matriz plena (PI). Tal comportamento relaciona-se a regra da mistura, na qual a densidade do mármore e granito apresenta 2,70 g/cm<sup>3</sup> e a fibra de sisal 1,42 g/cm<sup>3</sup>, valores acima da densidade da resina (1,15 g/cm<sup>3</sup>).

A propriedade de AA apresentou maiores resultados nas frações MG5F3 e MG10F3, esse resultado pode ser explicado devido o alto teor hidrofílico presente nas fibras vegetais, no entanto, as frações MG15F3 e MG20F3 apresentaram valores inferiores, tal comportamento relaciona-se ao aumento de resíduo na matriz e seu teor hidrofóbico. Em relação à porosidade aparente, nota-se a relação dessas duas propriedades (AA e PA), onde a variação de uma influencia diretamente a outra. Conforme Santos *et al.* (2014), essas propriedades estão diretamente ligadas e apresentam sensibilidade quanto à variação de teor de carga na mistura.

Os resultados apresentaram similaridade aos trabalhos de Santos *et al.* (2014) e Carvalho *et al.* (2019).

### 3.2.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A Tabela 02 apresenta os dados dos comportamentos mecânicos obtidos através dos ensaios de tração nos compósitos de acordo com sua fração mássica.

Tabela 02 – Comportamento mecânico de tração.

| Fração Mássica (%) | Resistência à Tração (MPa) | Alongamento (mm) | Módulo de Elasticidade (GPa) |
|--------------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| PI                 | 16,61 (±1,45)              | 1,37             | 2,18                         |
| MG5F3              | 15,85 (±2,12)              | 4,43             | 0,64                         |
| MG10F3             | 19,13 (±1,10)              | 4,70             | 0,73                         |
| MG15F3             | 15,22 (±1,21)              | 4,11             | 0,66                         |
| MG20F3             | 15,83 (±1,89)              | 3,80             | 0,74                         |

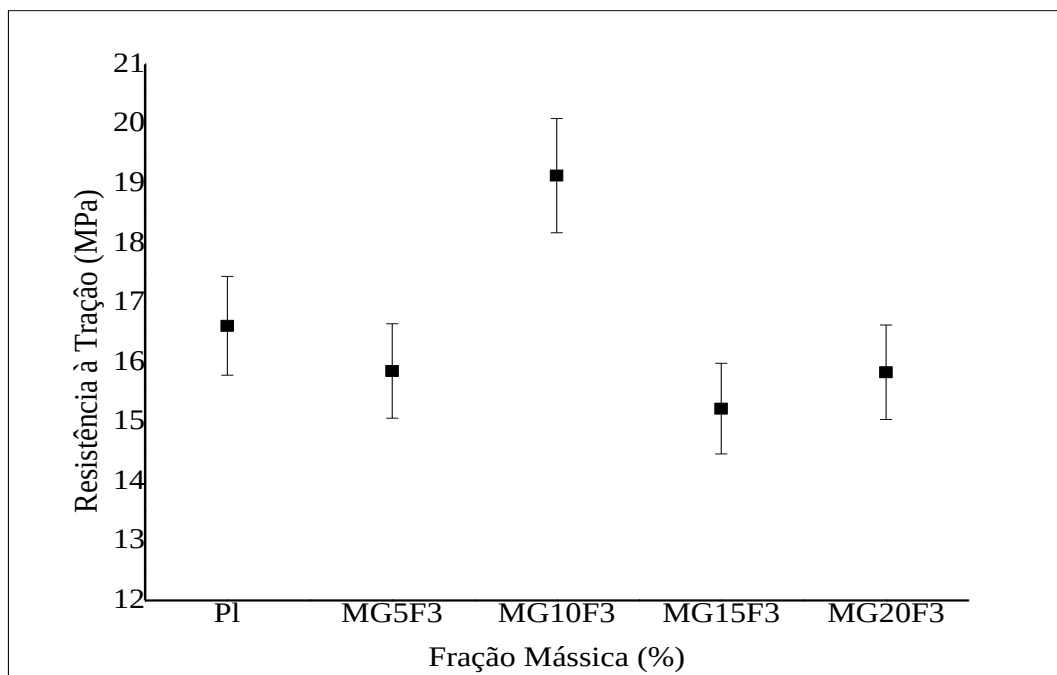
É possível observar na Tabela 02 que a resistência mecânica do compósito com a fração mássica MG10F3 apresentou o melhor desempenho mecânico à tração quando comparado aos compósitos com outras frações mássicas de resíduo e fibras na matriz, aproximadamente 15 %. Entretanto, nota-se que os compósitos nas demais frações apresentaram valores semelhantes à matriz plena. De acordo com Costa (2016) as propriedades mecânicas dos compósitos diminuem de acordo com o

aumento da fração mássica dentro da matriz, devido surgimento de porosidade. Fato este, segundo ele, pode dificultar a impregnação das fases e a molhabilidade.

Referente ao módulo de elasticidade nota-se uma diminuição em comparação a matriz plena. Esse feito ocorre em virtude das características frágeis presentes na matriz plena, tornando o material menos dúctil, ou seja, o material se rompe sem sofrer grande deformação. Segundo Callister (2016) quanto maior o modulo de elasticidade, mais rígido será o material, ou menor será sua deformação elástica mediante a aplicação de uma dada tensão.

A Figura 05 apresenta o gráfico de dispersão comparativo dos compósitos confeccionados.

Figura 05 – Gráfico comparativo da resistência à tração dos compósitos.



Por meio da Análise de Variância (ANOVA), para testar as médias populacionais das variâncias amostrais, e o Teste de Tukey foram realizadas comparações entre as frações mássicas dos materiais estudados com a finalidade de evidenciar diferenças significativas entre as resistências mecânicas à tração das amostras de matriz plena e de compósitos com incorporação de mármore e granito adjunto a fibras.



Utilizando o software PAleontological STastiscs (PAST) versão 4.0, na função “ANOVA: único fator” se obtém a tabela de análise de variância para uma confiança de 95 %. A Tabela 03 apresenta os dados gerados pela ANOVA.

Tabela 03 – Dados da Análise de Variância (ANOVA).

| Fonte de variação | F       | GI | MQ      | F     | Valor-P  |
|-------------------|---------|----|---------|-------|----------|
| Entre grupos      | 50,7459 | 4  | 12,6865 | 5,315 | 0,004405 |
| Dentro dos grupos | 47,7363 | 20 | 2,38682 | -     | -        |
| Total             | 98,4822 | 24 | -       | -     | -        |

Com base na Tabela 03, nota-se que uma das amostras possui desempenho significativo, tendo em vista que o valor-P (0,004405) é menor que o nível de significância estabelecido de 0,05. Além disso, foi realizado o teste de Tukey que permite a comparação das médias uma a uma. A Tabela 04 apresenta o resultado do teste Tukey.

Tabela 04 – Resultado do teste de Tukey.

| Fração |   | A | B      | C              | D               | E              |
|--------|---|---|--------|----------------|-----------------|----------------|
| PI     | A | - | 0,9341 | 0,1122         | 0,6198          | 0,7437         |
| MG5F3  | B | - | -      | <b>0,02315</b> | 0,9653          | 0,9919         |
| MG10F3 | C | - | -      | -              | <b>0,005563</b> | <b>0,00891</b> |
| MG15F3 | D | - | -      | -              | -               | 0,9995         |
| MG20F3 | E | - | -      | -              | -               | -              |

O resultado do teste Tukey apresentado na Tabela 04 mostra que o compósito com mármore e granito 10 % com fibra 3 % (MG10F3) apresentou melhora significativa em relação aos compósitos nas diferentes frações mássicas de resíduo.

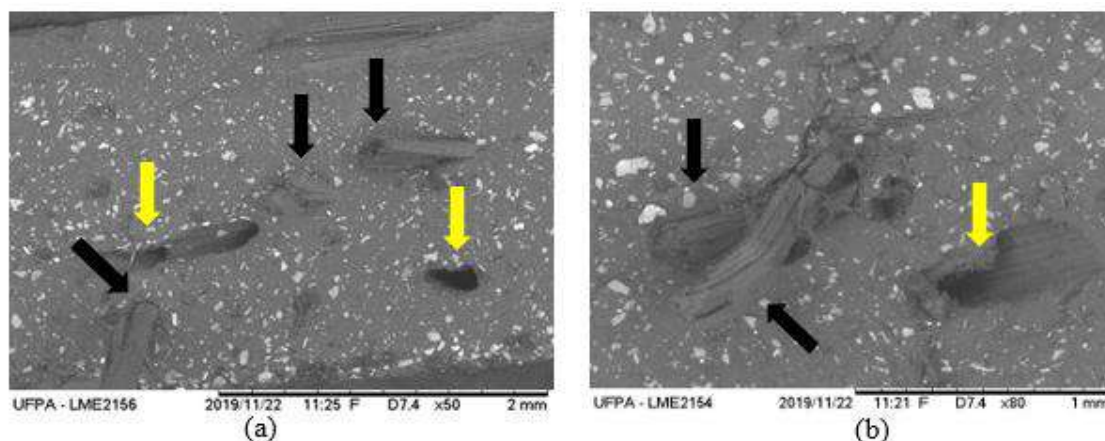
### 3.2.3 ANÁLISE DA SUPERFÍCIE DE FRATURA

A superfície de fratura da fração mássica analisada no microscópio eletrônico de varredura consistiu no compósito MG10F3 (mármore e granito 10 % com fibra 3 %), devido apresentar melhor desempenho mecânico quando comparado às outras frações de resíduo e fibra no compósito.

Com bases nas análises das micrografias da superfície de fratura do corpo de prova presente na Figura 06, em diferentes aumentos, nota-se a presença de

descolamento da fibra matriz (*pull out*) (seta amarela), além da existência de fibras de sisal rompidas (setas pretas) e aglomerados de resíduo na superfície amostral. Fenômenos esses que implicam na resistência mecânica do material.

Figura 06 - Fractografia do compósito MG10F3: aumento de x50 (a) e aumento de x80 (b).



#### 4. CONCLUSÃO

A análise mineralógica realizada foi eficiente para evidenciar as fases cristalinas presentes nos resíduos de mármore e granito.

Com base no comportamento físico dos compósitos observa-se que houve um aumento na propriedade de massa específica do compósito de mármore e granito 20 % com fibra 3 %, bem como uma variação nos valores para as propriedades de porosidade aparente e absorção de água dos compósitos estudados.

Em relação ao comportamento à tração dos compósitos, pode-se dizer que a fração de mármore e granito 10 % com fibra 3 % obteve diferenças significativas no desempenho mecânico quando comparado às demais frações de resíduo e fibra, contudo se manteve estatisticamente semelhante à matriz plena.

A análise da superfície de fratura foi eficiente para identificar os fenômenos de falha presentes nos materiais como *pull-out* e fibras rompidas.

Dessa forma infere-se que a reciclagem do resíduo de mármore e granito e fibra de sisal possuem potenciais utilizações como carga em compósitos para revestimentos internos, no qual a reutilização do resíduo, especificadamente, sinaliza bons impactos econômicos e ambientais.

## REFERÊNCIAS

ASTM D 2734. **Standard Test Method for Water Absorption of Plastics**. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2009.

ASTM D 3039. **“Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic (Metric)”**. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, EUA, 2008.

ASTM D 570. **Standard Test Method for Water Absorption of Plastics**. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 1998.

ASTM D 792. **Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement**. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, 2008.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Rochas ornamentais: Novas perspectivas de investimento**. ETENE Nº 21, 2017.

BRUKER. **Fontes de raios X**, 2019 Disponível em: <<https://www.bruker.com/pt/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/x-ray-diffraction/components/xrd-components/sources.html>>. Acesso em 15 de outubro de 2019.

CALLISTER JR, W.; RETHWISCH, D. **Ciência e Tecnologia de Materiais: Uma Introdução**. Tradução Sergio Murilo Stamile Soares. 9ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CHIODI, Filho Cid; RODRIGUES Eleno Paula. **Guia de aplicação de rochas em revestimento**, 2009.

COSTA, Deibson Silva da. **Estudo da influência de resíduos gerados pela indústria de mineração nas propriedades de compósitos matriz poliéster reforçados com fibras naturais**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia- Belém, 2016.

RODRIGUES, Diego Nery. **Influência da adição de resíduo de mármore e granito em compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra de coco**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2016.

SANTOS, I. F. *et al.* **Reciclagem de resíduos de mármore e granito em matrizes poliméricas**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química-COBEQ, 2014.

SPALA, S. T. *et al.* **Caracterização tecnológica de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais para seu uso em concreto**. XXV Jornada de Iniciação Científica em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, 2017.

# CAPÍTULO 17

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE MATERIAIS CERÂMICOS.

### **Crisnam Kariny da Silva Veloso**

Engenheira Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail: crisnam.kariny4@hotmail.com

### **Barbara Hellena Pereira Pertile**

Engenheira Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail: barbara-pertile@hotmail.com

### **Laécio Guedes do Nascimento**

Graduando Engenharia Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail: laecioguedes25@hotmail.com

### **Tamara Ketury Ferreira Soares**

Engenheira civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail: tamaraketury@hotmail.com

### **Phillype Dowglas Lopes**

Engenheiro Civil - mestrando em engenharia dos materiais (IFIPI)

E-mail: eng.phillype@hotmail.com

### **Aleff Oliveira Coelho Moura**

Engenheiro Civil

Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)

E-mail: aleffocm@hotmail.com

### **Rebeka Manuela Lobo Sousa**

Mestrando em engenharia dos materiais (IFIPI)

E-mail: rebekamanuela28@gmail.com

### **Sávio Torres Melo**

Engenheiro Civil (UNINOVAFAPI) M.e Estrutura e construção Civil – Universidade de Brasília (UNB)

E-mail: savio.melo@hotmail.com

**RESUMO:** A indústria da construção civil produz uma alta quantidade de resíduos sólidos, mais conhecidos como entulhos. Caso não receba o destino adequado, eles podem trazer uma série de problemas ao meio ambiente. Neste artigo, apresenta-se uma avaliação experimental dos comportamentos das argamassas de revestimento com incorporação de diferentes proporções de resíduos de cerâmica vermelha reciclada (RCV), provenientes da quebra tanto na indústria quanto na construção civil.

O estudo visa custos de produção mais baixos e a redução da quantidade desse material descartado inadequadamente. Realizou-se a caracterização do resíduo em comparação à areia natural quanto à granulometria, massa unitária e específica e a absorção de água. Mantendo a relação água/cimento e substituindo o agregado miúdo por 3 %, 5 % e 7 % em massa de RCV, foi estudado o desempenho no que diz respeito ao índice de consistência e resistência à compressão e aderência. Os resultados mostram que a presença deste resíduo na argamassa aumenta o índice de consistência até a porcentagem de 5% de substituição de resíduo em relação à argamassa de referência. A resistência à compressão apresentou aumento gradativo e com a proporção de 5% a resistência à aderência da argamassa foi superior tanto em relação à convencional quanto às demais porcentagens. As propriedades das argamassas são otimizadas com a substituição de 5 % do agregado miúdo por RCV.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reciclagem; Resíduos sólidos; Argamassa; RCV; Cerâmica vermelha.

**ABSTARCT:** The construction industry produces a high amount of solid waste, better known as rubble. If they are not given the proper destination, they can bring a number of problems to the environment. This paper presents an experimental evaluation of the behavior of coating mortars with incorporation of different proportions of recycled red ceramic (RCV) residues, resulting from the breakage in both industry and construction. The study aims to lower production costs and reduce the amount of this improperly disposed material. The characterization of the residue was compared to the natural sand as to particle size, unit and specific mass and water absorption. Maintaining the water/cement ratio and replacing the fine aggregate with 3 %, 5 % and 7 % by mass of RCV, the performance with regard to consistency index and compressive strength and adhesion was studied. The results show that the presence of this residue in the mortar increases the consistency index up to 5% of residue substitution in relation to the reference mortar. The compressive strength showed a gradual increase and with the proportion of 5 % the mortar adhesion strength was superior both to the conventional and the other percentages. Mortar properties are optimized by replacing 5 % of the aggregate with RCV.

**KEYWORDS:** Recycling. Solid waste. Mortar. RCV. Red pottery.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil compreende uma atividade que produz impactos ambientais e seus resíduos retratam um problema para ser solucionado. Os resíduos sólidos são gerados após a produção, utilização ou transformação de algum material e são considerados como restos supérfluos, perigosos ou sem utilidade. Nas grandes cidades brasileiras, as atividades de canteiro de obras são responsáveis por aproximadamente 50 % dos resíduos de construção e demolição (PINTO, 1999).

Apesar de estudos sistemáticos no Brasil sobre as técnicas de reciclagem existir desde 1983, a taxa de reciclagem ainda é inferior a 5 % de todo o resíduo gerado pela indústria da construção civil (LEITE, 2009).

Há uma Resolução específica para os resíduos que dispõe sobre a gestão dos mesmos. De acordo com a resolução nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2002), esses resíduos são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

No Piauí, especialmente em Teresina, a modernização e o progresso no ramo das construções são notáveis nos últimos anos, mas poucas são as iniciativas para avaliação dos resíduos sólidos gerados e o seu potencial de reaproveitamento. Estas possibilitariam emprego do resíduo no próprio local, economia na compra da matéria-prima, conservação das reservas naturais e minimizaria a poluição originada.

Dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Teresina – PMT (2015) revelam que o município produz em média 5.392 toneladas/mês de entulhos que são lançados no “aterro sanitário” ou em locais que precisam ser aterrados.

Em especial destaca-se o resíduo de cerâmica vermelha, que é classificado como de construção e demolição, devido à grande quantidade produzida. Como ocorre grande desperdício de material cerâmico desde a sua fabricação, transporte e no manuseio, gera um volume significativo de entulho. Desta forma, seria conveniente a reincorporação destes na manufatura de alguns materiais de construção, entre esses, as argamassas.

Tendo em vista a deficiência de especificações quanto à possibilidade ou não de utilização e ao comportamento desse material incorporado a argamassas, faz-se

necessário a realização de estudos específicos. Para isso, este artigo analisa a influência da adição do resíduo de cerâmica vermelha em substituição parcial do agregado miúdo nas propriedades das argamassas de revestimento.

## **2. MATERIAIS**

A pesquisa foi realizada segundo a substituição de parte da areia em argamassas para revestimentos por resíduos de cerâmica vermelha reciclada. Os ensaios foram feitos no laboratório de Materiais de Construção Civil do Centro Universitário Faculdade Santo Agostinho – UNIFSA-PI, por meio da mistura de Cimento Portland Composto (CP II-Z-32 RS), areia, água e resíduos de cerâmica vermelha proveniente da quebra de blocos nos canteiros de obras.

Figura 01 – Resíduo de cerâmica vermelha moída.



Fonte: Autores, 2019

## **3. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS**

Nesta etapa a areia e o resíduo tiveram suas propriedades físicas determinadas através dos seguintes ensaios: determinação da composição granulométrica – NBR NM 248:2003; determinação da massa específica – NBR NM 52:2009; determinação da massa unitária – NBR NM 7251:1982; determinação da absorção de água – NBR NM 30:2000.

### **3.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA**

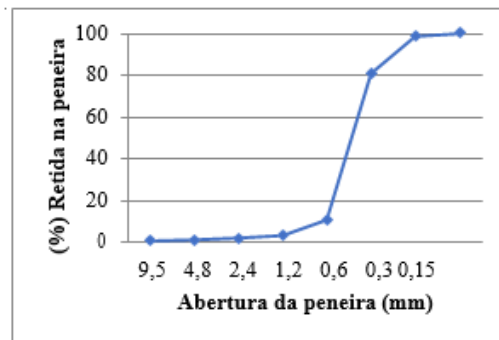
A partir desse ensaio foi possível determinar o módulo de finura, a diâmetro máximo dos agregados e sua respectiva distribuição granulométrica. A Tabela 01 e a Figura 02 mostram os dados obtidos.



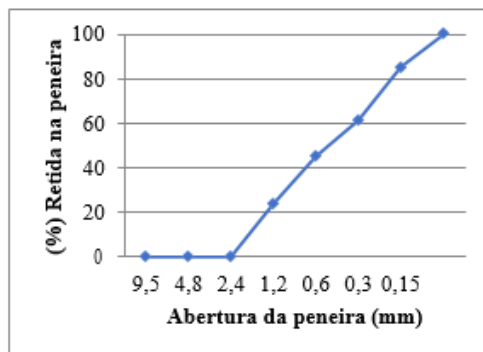
Tabela 01: Dados obtidos.

| Material | Módulo de finura | Diâmetro máximo (mm) |
|----------|------------------|----------------------|
| Areia    | 1,9              | 4,8                  |
| RCV      | 2,2              | 1,2                  |

Figura 02: Dados obtidos.



(a)



Fonte: Autores, 2019.

Segundo os dados acima, tanto a areia como o resíduo classificam-se como areia fina. Observa-se que a areia possui módulo de finura menor que 2,00, portanto é um material mais fino que o resíduo.

### 3.2 MASSA ESPECÍFICA E MASSA UNITÁRIA

Da Tabela 2 tem-se que o resíduo de cerâmica reciclada é mais leve e menos denso que o agregado natural já que os valores das suas massas específica e unitária são menores.



Tabela 02: Massa Específica e Massa Unitária.

| Material | Massa específica (g/cm³) | Massa unitária (g/cm³) |
|----------|--------------------------|------------------------|
| Areia    | 2,63                     | 1,49                   |
| RCV      | 2,52                     | 1,23                   |

Fonte: Autores, 2019

### 3.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O máximo percentual aceitável para absorção de água é de 17 %, de acordo com a NBR 15116:2004. Tanto a areia natural quanto o RCV apresentam percentuais de absorção menores que o limite definido pela norma.

Tabela 03: Grau de Absorção de Água.

| Material | Absorção de água (%) |
|----------|----------------------|
| Areia    | 8,62                 |
| RCV      | 10,45                |

Fonte: Autores, 2019

## 4. DETERMINAÇÃO DOS TRAÇOS

Após a caracterização dos materiais, foi obtido o traço de referência para que a argamassa usada como base do estudo apresentasse características favoráveis. Os outros traços foram determinados a partir da substituição parcial da areia natural pelo resíduo cerâmico.

Tabela 04: Traços de estudo.

|          |              | Traço (g) |      |      |
|----------|--------------|-----------|------|------|
| Material | Convencional | 3%        | 5%   | 7%   |
| Cimento  | 500          | 500       | 500  | 500  |
| Areia    | 2000         | 1940      | 1900 | 1860 |
| RCV      | -            | 60        | 100  | 140  |
| Água     | 400          | 400       | 400  | 400  |

Fonte: Autores, 2019

## 5. MÉTODOS

### 5.1 PREPARO DAS ARGAMASSAS

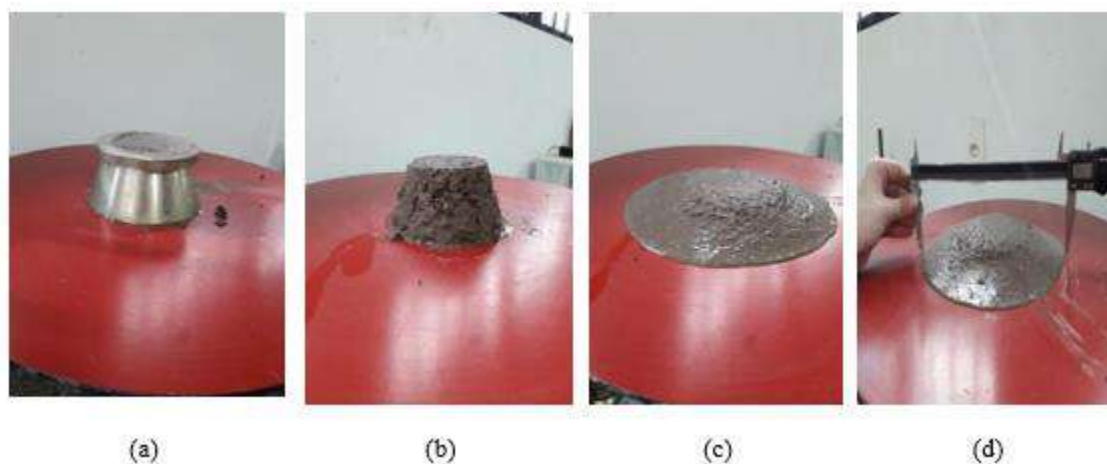
Inicialmente as argamassas foram produzidas através da mistura de cimento, areia e água para o traço usado como referência, e em seguida, fez-se o preparo para os demais traços substituindo parte da areia pelo RCV. Os materiais foram homogeneizados por meio de misturador mecânico, seguindo o procedimento prescrito na NBR 13276:2002.

### 5.2 ENSAIOS REALIZADOS

#### 5.2.1 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

O ensaio foi realizado seguindo as prescrições da NBR 13276:1995. Sobre a mesa de consistência o molde tronco cônico foi cheio em três camadas de mesma altura. Com um soquete metálico foram aplicados 15, 10 e 5 golpes uniformes e homogeneamente distribuídos, respectivamente, na primeira, segunda e terceira camada. Em seguida, a manivela da mesa foi acionada, de modo que a mesa subiu e caiu 30 vezes dentro de um período de 30 s. Imediatamente após o fim das batidas, mediu-se três vezes o diâmetro de espalhamento com o auxílio de um paquímetro.

Figura 03: Ensaio de Consistência: (a) Moldagem, (b) Desmoldagem, (c) Espalhamento e (d) Medida dos diâmetros.



Fonte: Autores, 2019.

#### 5.2.2 ENSAIO DE ADERÊNCIA

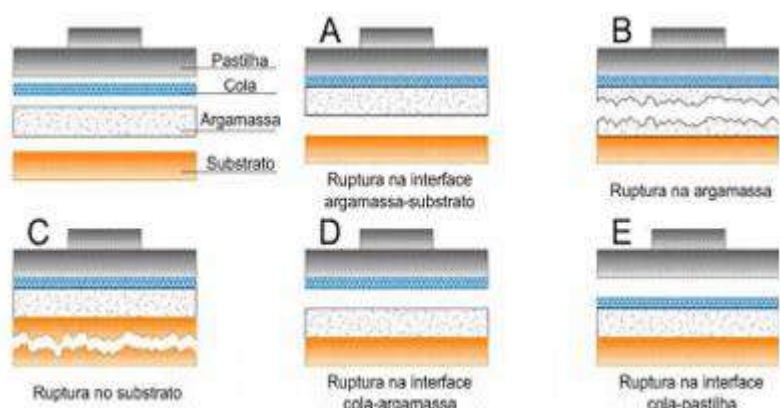
Segundo a NBR 13528:2010, os corpos de prova foram montados in situ, em painel de alvenaria, assim definindo primeiramente a área de amostragem, com as argamassas aplicadas como massa única. Após 28 dias de cura foram feitos os cortes

a seco com uma serra de copo no revestimento até a camada do substrato, em seção circular.

Antes da colagem das pastilhas nas argamassas com resina epóxi é feita a escovação da superfície para retirada de todos os resíduos existentes. Depois de secas, o equipamento para determinação da resistência à tração foi acoplado às pastilhas e sua articulação movimentada até o rompimento.

Nesta etapa, observa-se a forma como ocorreu o descolamento: a) ruptura na interface revestimento/substrato, b) ruptura da argamassa de revestimento, c) ruptura do substrato, d) ruptura na interface revestimento/cola e e) ruptura na interface cola/pastilha, e expresso em porcentagem.

Figura 04: Representação da forma de ruptura.



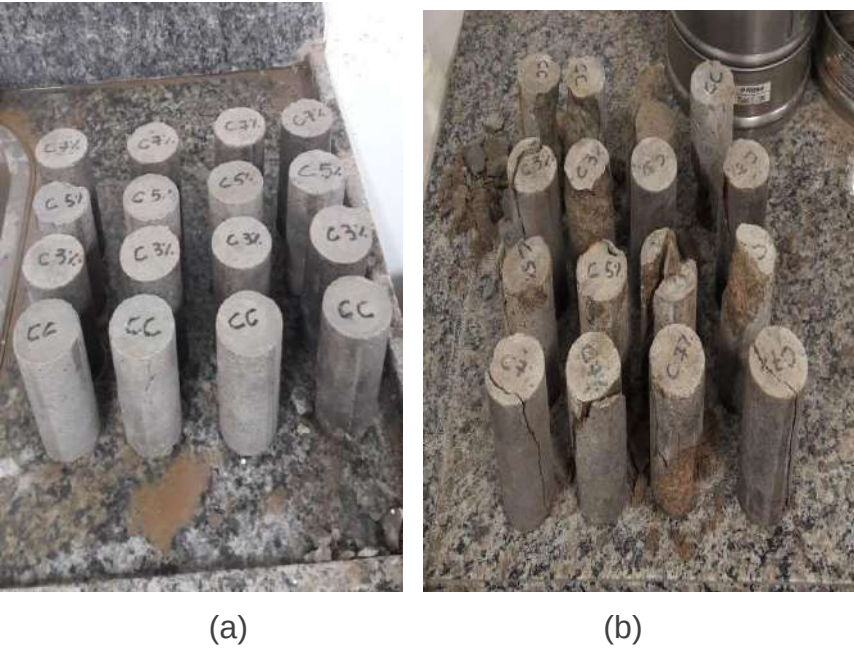
Fonte: Autores, 2019.

### 5.2.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO

Para cada traço de argamassa em estudo, moldou-se manualmente, quatro corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura de acordo com a NBR 5738:2015. O adensamento foi feito através de uma haste de adensamento, sendo feita em duas camadas com 10 golpes em cada. Ainda nos moldes foram submetidos à cura ao ar por aproximadamente 24 horas, em seguida foram desmoldados e imersos em um tanque de água durante 28 dias, onde permaneceram até o momento do ensaio.

O valor da resistência à compressão axial é determinado pela compressão axial dos corpos-de-prova através de prensa hidráulica, conforme a norma NBR 13279:2005.

Figura 05: Corpos-de-prova: (a) antes e (b) depois do rompimento.



Fonte: Autores, 2019

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Os traços com adições de RCV apresentaram um aumento no resultado do índice de consistência em comparação com o traço de referência até a adição de 5 %, com a adição de 7 % houve uma diminuição em seu índice.

| Traço        | Índice de Consistência (mm) |     |     | Média (mm) |
|--------------|-----------------------------|-----|-----|------------|
| Convencional | 235                         | 226 | 226 | 229        |
| 3%           | 237                         | 253 | 248 | 246        |
| 5%           | 250                         | 256 | 245 | 250        |
| 7%           | 243                         | 249 | 245 | 246        |

Tabela 5 – Determinação do Índice de Consistência  
Fonte: Autores, 2019

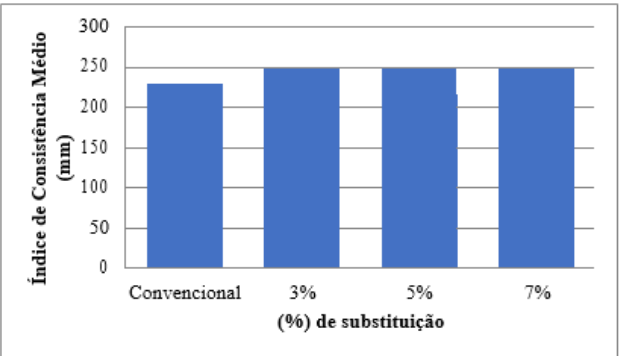


Figura 6 – Comparação do Índice de Consistência Médio entre as argamassas  
Fonte: Autores, 2019

## 6.2 ENSAIO DE ADERÊNCIA

O cálculo de resistência à tração, em megapascal, é obtido através da divisão entre a carga de ruptura e a área da pastilha. A média e o coeficiente de variação só podem ser feitos para as pastilhas que apresentarem a mesma forma de ruptura.

Validando a afirmação feita por Amorim et al (2003) de que a resistência de aderência decresce com a introdução de finos, também esta é uma propriedade francamente melhorada nesta fase experimental pela introdução dos finos. De fato, a introdução de 5 % de finos como substitutos da areia melhora a resistência de aderência da argamassa face à de referência, em contrapartida com a substituição de 3 % e 7 % houve a diminuição da resistência. Os dados obtidos podem ser analisados por meio da Tabela 06.

Tabela 06: Resistência de Aderência à Tração.

| Corpo de prova | Carga (tf) | Diâmetro (cm) | Tensão (Mpa) | Forma de Ruptura           | Média (Mpa) | Desvio Padrão |
|----------------|------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------|---------------|
| AC 1           | 0,029      | 4,565         | 0,177        | Substrato/Argamassa (100%) | 0,240       | 0,102         |
| AC 2           | 0,043      | 4,53          | 0,267        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| AC 3           | 0,051      | 4,615         | 0,305        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| AC 4           | 0,061      | 4,568         | 0,372        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| AC 5           | -          | 4,604         | -            | Rompeu na preparação       |             |               |
| AC 6           | 0,013      | 4,543         | 0,080        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A3% 1          | 0,055      | 4,607         | 0,330        | Substrato/Argamassa (100%) | 0,200       | 0,064         |
| A3% 2          | 0,032      | 4,572         | 0,195        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A3% 3          | 0,026      | 4,642         | 0,154        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A3% 4          | 0,036      | 4,622         | 0,215        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A3% 5          | 0,023      | 4,618         | 0,137        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A3% 6          | 0,028      | 4,612         | 0,168        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A5% 1          | 0,028      | 4,671         | 0,163        | Substrato/Argamassa (100%) | 0,254       | 0,054         |
| A5% 2          | 0,045      | 4,654         | 0,265        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A5% 3          | 0,049      | 4,633         | 0,291        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A5% 4          | 0,05       | 4,662         | 0,293        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A5% 5          | 0,034      | 4,629         | 0,202        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A5% 6          | 0,053      | 4,648         | 0,313        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A7% 1          | 0,042      | 4,64          | 0,249        | Substrato/Argamassa (100%) | 0,169       | 0,047         |
| A7% 2          | 0,022      | 4,639         | 0,130        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A7% 3          | 0,026      | 4,541         | 0,161        | Argamassa (100%)           |             |               |
| A7% 4          | 0,026      | 4,616         | 0,155        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A7% 5          | 0,024      | 4,669         | 0,140        | Substrato/Argamassa (100%) |             |               |
| A7% 6          | -          | -             | -            | Rompeu no corte            |             |               |

Fonte: Autores, 2019.

### 6.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO

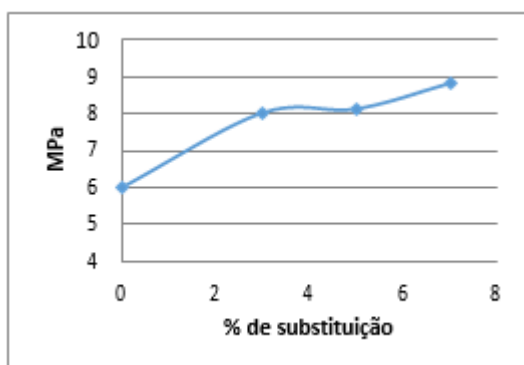
A resistência à compressão, em megapascal, é calculada dividindo a carga de ruptura obtida no ensaio pela área da seção do corpo-de-prova. A Tabela 07 apresenta os valores encontrados com esse cálculo e a média obtida.

Tabela 07 – Resistências Individuais e Resistências Médias à Compressão.

| Resistência à compressão (MPa) |              |      |       |       |
|--------------------------------|--------------|------|-------|-------|
| Corpo-de-prova                 |              |      |       |       |
|                                | Convencional | 3%   | 5%    | 7%    |
| 1                              | 5,70         | 9,01 | 8,30  | 11,00 |
| 2                              | 6,06         | 8,51 | 7,38  | 8,66  |
| 3                              | 6,93         | 6,67 | 6,21  | 8,45  |
| 4                              | 5,30         | 7,89 | 10,64 | 7,18  |
| Média                          | 6,00         | 8,02 | 8,13  | 8,82  |

Fonte: Autores, 2019.

Figura 07: Tensão de Ruptura à Compressão.



Fonte: Autores, 2019.

Como se pode observar, a incorporação de resíduos de cerâmica vermelha propiciou às argamassas valores de resistências à compressão superiores à argamassa convencional. Segundo Cabral (2009), o aumento na resistência quando se usa resíduos de cerâmica vermelha como agregado miúdo pode ser causado devido a reações pozolânicas, visto que elas melhoram a matriz e a zona de transição entre a pasta e o agregado e, por consequência, beneficiam as propriedades mecânicas de argamassas e concretos preparadas com este tipo de agregado.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado em argamassas permitiu investigar as diferentes propriedades que as mesmas apresentaram, variando o teor de incorporação de RCV. Dentro do escopo contendo todas as metodologias e resultados obtidos, os índices de consistência apresentaram resultados satisfatórios com adições de RCV. A melhor trabalhabilidade das argamassas foi consequência disso.

Pode-se observar com os resultados do teste de aderência que a forma de ruptura não apresentou discrepância com os diferentes percentuais de substituição da cerâmica, sendo consideradas as de interface entre o substrato e a argamassa. Fatores externos podem ter prejudicado os resultados obtidos nas amostras de 7 %, onde um corpo de prova rompeu na argamassa e o outro foi descartado no corte.

Em todos os traços estudados o resíduo cerâmico melhorou o comportamento da argamassa sob compressão quando comparada com a convencional. Com isso, podem ser realizados estudos avaliando a influência desses percentuais de incorporação nos traços de mistura para concretos, já que sua principal característica é resistir a este esforço. A análise realizada permitiu a viabilização da incorporação de 5 %, apresentando os melhores resultados em todos os ensaios estudados.



## REFERÊNCIAS

AMORIM, L. V.; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. Use of residential construction waste and residues from ceramic industry in alternative mortars. Journal of Environmental Engineering, 916, ASCE. Outubro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Referências. Rio de Janeiro, 2002.

NBR 13279:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 13528 (2010) - Revestimento de paredes de argamassa inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos- de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 7251 - Agregado em estado solto - Determinação da Massa Unitária. Rio de Janeiro, 1982.

NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Referências. Rio de Janeiro, 2003.

NBR NM 30 - Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.

NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Referências. Rio de Janeiro, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 18 maio. 2018.

CABRAL, A. E. B. et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. Cerâmica [online]. 2009, vol.55, n.336, pp.448-460.

LEITE, P. R. Logística Reversa: Meio ambiente e Competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E HABITAÇÃO. Limpeza Pública: Licitação do sistema de limpeza pública de Teresina é debatida em audiência. 2016. Disponível em:< <http://www.portalpmt.teresina.pi.gov.br/noticia/Licitacao-do-sistema-de-limpeza-publica-de-Teresina-e-debatida-em-audiencia/10266>>. Acesso em: 22 maio. 2018.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.



BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Teresina, PI. UFPI. 2015.

EVANGELISTA, P. P. A. Alternativa sustentável para destinação de resíduos classe A: diretrizes para reciclagem em canteiros de obras. 152 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.

LIMA, F. S. Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassa. Diss. Mestrado. UFPB, J. Pessoa, PB. 2005.

MENDES, B. S.; BORJA, E. V. Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas. Rio Grande do Norte. Trabalho técnico- CEFET-RN, 2007.

VIEIRA, A. A. P. Estudo do aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha como substituição pozolânica em argamassas e concretos. João Pessoa, PB. UFPB. Dissertação de mestrado. 2002.

# CAPÍTULO 18

## MODELAGEM DE SUPERFÍCIES PARA ANÁLISE DE ESTABILIZAÇÃO DE RECALQUES NA PERSPECTIVA DA INTERAÇÃO SOLO ESTRUTURA.

### **Pedro Henrique Abem-Athar Frias**

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Instituição: BMS Engenharia Ltda

Endereço: SCN Quadra 1 – Bloco F – Sala 52 – Asa Norte, Brasília/DF, Brasil

E-mail: pedrohfrias@gmail.com

### **Gabriela de Athayde Duboc Bahia**

Mestre em Geotecnia pela Universidade de Brasília - UnB

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço: SEPN 707/907 Campus Universitário – Asa Norte, Brasília/DF, Brasil

E-mail: gabriela.bahia@ceub.edu.br

### **Neusa Maria Bezerra Mota**

Doutora em Geotecnia pela Universidade de Brasília - UnB

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço: SEPN 707/907 Campus Universitário – Asa Norte, Brasília/DF, Brasil

E-mail: neusa.mota@ceub.edu.br

### **Tiago Merllo Pereira**

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Instituição: Centro Universitário de Brasília - UniCEUB

Endereço: SEPN 707/907 Campus Universitário – Asa Norte, Brasília/DF, Brasil

E-mail: merllotiago@gmail.com

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise da interação solo-estrutura através da deformada de recalques. Para tanto, elaborou-se um código de programação para geração das deformadas, utilizando um modelo de dispersão de dados junto à interpolação espacial de malha triangular. Em seguida, realizou-se uma comparação entre consecutivas análises de monitoramento de recalques realizados em um edifício localizado em Ceilândia/DF. Por meio das análises determinaram-se as possíveis causas de variação de recalque repentina de determinados pilares, além de detectar o alcance do estado de adensamento secundário. Por meio do estudo foi possível verificar que os indicadores de desempenho mostraram-se satisfatórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento; Adensamento; Recalque.

**ABSTARCT:** This paper aims to present an analysis of the soil-structure interaction through the deformation of repression. To this end, a programming code was elaborated for the deformed generation, using a data dispersion model next to the triangular mesh spatial interpolation. Then, a comparison was made between consecutive analyzes of repression monitoring carried out in a building located in Ceilândia / DF. Through the analyzes, the possible causes of sudden repression variation of certain pillars were determined, besides detecting the reach of the

secondary densification state. Through the study it was possible to verify that the performance indicators were satisfactory.

**KEYWORDS:** Monitoring; Density; Repression.

## **1. INTRODUÇÃO**

Um maciço de solo é uma estrutura natural formada por múltiplas extratificações, geralmente, não homogêneas, que apresentam comportamentos distintos. Logo, o solo é um sistema extremamente complexo que necessita de estudo e amostragem para determinação do seu comportamento.

O recalque é um fenômeno comum a todas as estruturas apoiadas no solo. Ocorre, principalmente, devido ao carregamento imposto ao maciço e ao consequente rearranjo da estrutura do solo. Ao longo do tempo, provoca deformações que, modificam a distribuição de carregamentos na estrutura, podendo fazer com que estes fiquem fora dos padrões definidos em projetos.

A referida modificação de carregamentos na edificação pode corroborar com o aparecimento de manifestações patológicas, podendo causar desde um desconforto visual até danos severos que colocam em risco a integridade da estrutura.

Tal constatação implica na tratativa de elaborar projetos estruturais e geotécnicos de maneira integrada a fim de obter análises mais condizentes com a realidade. Além disso, se faz necessário o acompanhamento do desempenho da edificação por meio de monitoramentos de recalque, iniciados desde a fase construtiva até a vida útil da edificação.

Vale destacar, que a importância de se iniciar o monitoramento de recalques na fase construtiva se dá tanto para ter um entendimento global do comportamento da edificação quanto para detecção prévia de anomalias.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 RECALQUE**

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010), recalque pode ser definido como o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Para Alonso (1991, 14p.) “O recalque absoluto é definido pelo deslocamento vertical de um elemento de fundação. A diferença entre os recalques absolutos de dois quaisquer elementos da

fundação é o recalque diferencial”.

Rebello (2011) caracteriza o recalque como a deformação sofrida pelo solo por meio do carregamento que lhe é imposto. Esta deformação faz com que as fundações se movimentem, e a depender da intensidade é possível que comprometa a estrutura de um edifício. Para ele, as deformações podem ocorrer de três formas: deformação elástica do solo, escoamento lateral e deformação por adensamento.

### 2.1.1 TIPOS DE RECALQUE

Recalque elástico é o que pode ser verificado imediatamente após a aplicação de carregamento no maciço. Sua ocorrência e intensidade estão associadas ao tipo de solo, ocorrendo com maior intensidade em solos não coesivos e menor em solos argilosos. As deformações por adensamento ocorrem devido à diminuição do volume, causada pela expulsão de água dos vazios. O fenômeno de adensamento divide-se em primário e secundário.

Melo (2003) afirma que o adensamento primário ocorre devido à drenagem do solo a partir de uma tensão aplicada, esta resposta é imediata ao esforço exercido no solo. Conforme Simons e Menzies (1977), os recalques instantâneos se diferem dos recalques por adensamento primário por estes serem resultantes da dissipação de poropressão, enquanto aqueles serem resultantes das deformações das massas do solo, a volume constante no momento que são carregados.

Por fim, o adensamento secundário (também chamado de fluência, “*creep*”) ocorre devido às tensões efetivas. A parcela do solo que está exposta a um carregamento mais intenso tende a migrar para locais onde as solicitações são menores, causando um fluxo de material a partir do epicentro da região de carregamento. Pode ser observado em solos coesivos saturados, sendo o resultado do ajuste plástico das partículas do solo (BRAJA, 2012).

### 2.1.2 MONITORAMENTO DE RECALQUE

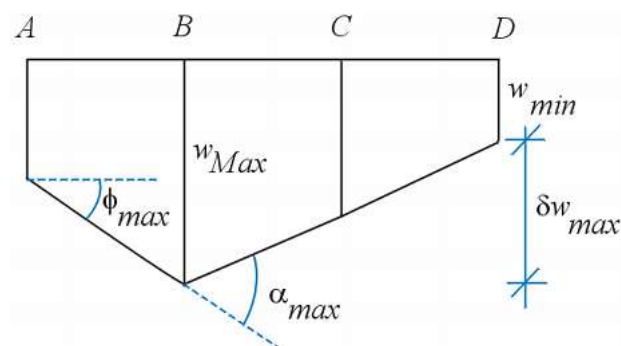
O monitoramento de recalque é um procedimento que ocorre repetidas vezes com espaçamento entre as medições. Esta técnica fornece dados de quanto uma estrutura recalcou desde o seu nivelamento. O monitoramento fornece informações sobre o desempenho das fundações, por intermédio da magnitude dos recalques, presença de recalque diferencial, velocidade de recalque e recalque distorcional.

Milititsky et al. (2015) recomendam que para uma análise mais rigorosa acerca dos deslocamentos dos elementos de fundações verifique-se junto ao recalque absoluto a velocidade de recalque. Os autores também apresentam valores de

referência que podem ser utilizados para determinar a eficácia dos elementos de fundação: Prédios com mais de cinco anos de construção, velocidade menor que 10  $\mu\text{m}/\text{dia}$ ; Entre um e cinco anos de construção, entre 10 e 20  $\mu\text{m}/\text{dia}$ ; Prédios em fundações diretas em fase construtiva, até 200  $\mu\text{m}/\text{dia}$ ; Prédio em fundações profundas em fase construtiva, máximo 80  $\mu\text{m}/\text{dia}$ .

O recalque diferencial (figura 01) ocorre quando não existe uniformidade nos deslocamentos das fundações, o que pode provocar uma redistribuição de esforços nos elementos estruturais.

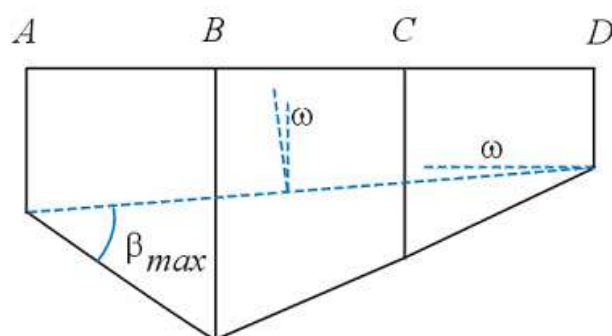
Figura 01 - Recalques diferencial, absoluto, rotação e deformação angular.



Fonte: Barros (2005)

O recalque distorcional (figura 02) é definido como o recalque diferencial sobre as distâncias entre os elementos que o compõe, considerando o desaprumo da edificação.

Figura 02 – Distorção angular e desaprumo.



Fonte: Barros (2005).

Velloso e Lopes (1997) ressaltam que a previsão de recalques é uma das técnicas mais complexas da geotecnia e os resultados obtidos por cálculos, mesmo que sofisticados, devam ser assumidos como estimativas, evidenciando a necessidade de realizar a medição para obter resultados realistas.

De acordo com Velloso e Lopes (2011), os principais limites de distorção angular existentes, associados a manifestações patológicas observadas nas estruturas, são: 1/500: Limite de segurança para edifícios onde a fissuração não é aceitável; 1/300: Limite a partir do qual é de se esperar uma primeira fissura em painéis e dificuldade em pontes rolantes; 1/250: Limite a partir do qual se torna visível a inclinação em edifícios altos; 1/100: Limite a partir do qual é de se rezear danos estruturais em edifícios em geral.

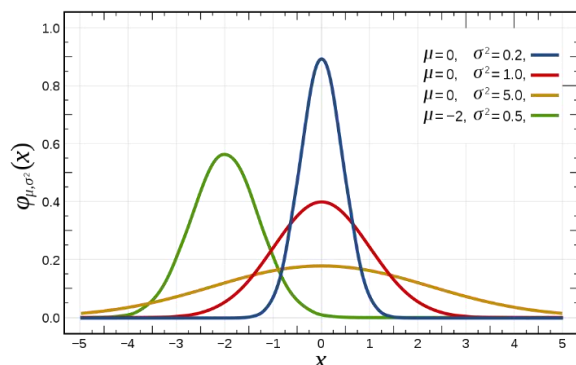
Destaca-se que a capacidade real de suportar uma solicitação decorrente do recalque é oriunda do projeto, os valores da figura 1 servem apenas para indicar as faixas onde os problemas começam a aparecer e não faz referência a quais são os tipos de danos causados (Milititsky et. al, 2015).

### 2.1.3 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE RECALQUE EM OBRAS INSTRUMENTADAS

Para Gusmão (1990) é possível analisar o desempenho de uma edificação de duas maneiras: comportamento tensão-deformação do solo de fundação, e um modelo que representa a interação solo-estrutura. Ainda segundo o autor a interação solo-estrutura influencia o comportamento dos recalques provocando uma variação entre os recalques previstos e os recalque absolutos reais, de modo inversamente proporcional ao carregamento aplicado: os pilares mais carregados tendem a recalcar menos, e os menos carregados a recalcar mais que o previsto, embora o recalque absoluto médio seja praticamente o mesmo.

Portanto a redistribuição de cargas causadas pelo recalque diferencial causa uma regularização da deformada em torno da média ao longo do tempo. Esta regularização possibilita uma análise por meio da dispersão das curvas de frequências (figura 03) produzidas a partir dos dados coletados pelo monitoramento de recalque.

Figura 03: Curva Normal de Dispersão.



Fonte: Próprio Autor.

É preciso ressaltar que a simples comparação entre as dispersões correspondentes aos recalques pode resultar em erros de interpretação, pois as curvas de frequência desconsideram a ordem de grandeza dos recalques absolutos. Em virtude disto, Gusmão (1990) recomenda que se use o coeficiente de variação das curvas, que é a relação entre o desvio padrão e o valor médio.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 CONTROLE DE RECALQUE

Os dados analisados neste estudo pertencem a uma edificação comercial composta por quinze pavimentos. O monitoramento de recalques foi realizado por meio de pinos instalados nos pilares, régua de invar e nível ótico para medição das leituras. Como referência de nível utilizou-se um *benchmark*, tubulação de aço galvanizado instalada em um furo de sondagem.

O monitoramento foi realizado entre os dias 05/11/2015 e 25/05/2017, sendo a primeira leitura utilizada como referência para as demais. Destaca-se que devido às leituras se iniciarem no período construtivo, alguns pinos foram danificados, não sendo possível a realização do levantamento da cota de determinados pilares. Porém, para dar prosseguimento ao estudo foi realizado o renivelamento desses pilares, e utilizado como ponto de partida o último resultado válido.

#### 3.2 MODELAGEM DE SUPERFÍCIES

Para elaboração do código computacional foi utilizado o GNU Octave (sistema operacional tipo Unix, composto por *software* livre). O *script* recebeu como entrada de dados três argumentos: Primeiro argumento: matriz contendo os pilares com suas

nomenclaturas e posições no espaço; Segundo e terceiro argumentos: matriz com os dados coletados do monitoramento de recalques.

A partir desses argumentos foram produzidas superfícies de recalques absolutos e relativos usando curvas de nível para determinar as cotas absolutas e mapas de calor, respectivamente. O método foi subdividido em três etapas: Definição da malha traingular que representa a superfície; Transformação da malha triangular em superfície contínua livre de arestas; Comparação das superfícies produzidas por dois conjuntos de dados distintos.

O critério de validação destes planos é a ausência de pontos dentro de uma circunferência formada por qualquer triângulo. O método utilizado para transformar a malha triangular em uma superfície foi o inverso da distância ponderada.

Primeiramente foi produzida uma malha regular para preencher toda a superfície. Em seguida, para cada ponto representado na figura acima foi determinado um valor em  $z$ , dado pela equação 1. Esta equação irá comparar a posição do ponto gerado computacionalmente com os pontos que formam os vértices do triângulo no qual o ponto está contido e irá estimar suas coordenadas  $P = (x, y, z)$ , onde  $z = R_{i,j}^v(x, y)$ .

$$R_{i,j}^v(x, y) = \frac{(\sum_{i=1}^n p_i(x, x_i, y, y_i) R_i^r)}{\sum_{i=1}^n p_i(x, x_i, y, y_i)} \quad (1)$$

Onde:

$R_i^r$ : recalque real verificado *in loco*;

$R_{i,j}^v$ : recalque estimado para um ponto qualquer;

$p_i$ : peso da interação entre o ponto e os vértices.

Em que  $p_i(x, x_i, y, y_i)$  é dado pela equação 2.

$$p_i = (x, x_i, y, y_i) = 1/d(x, x_i, y, y_i) \quad (2)$$

Onde:

$d$ : distância entre o ponto e o vértice.

Caso  $d(x, x_i, y, y_i) = 0$ , então o recalque estimado para qualquer ponto pode ser definido por meio da equação 3.



$$R_{i,j}^v(x,y) = R_i^r \quad (3)$$

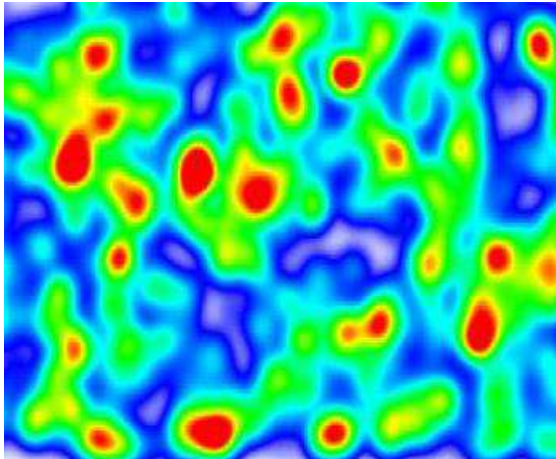
Realizado este processo, a superfície gerada adquire um formato mais próximo à realidade, conforme apresentado na figura 04.

Figura 04: Representação tridimensional de um terreno com curvas de nível.



Seja  $R_{n+1}$  uma matriz de ordem qualquer onde  $R_{i,j}$  representa o recalque de um determinado ponto de coordenada  $P_{n+1} = (x, y, R_{i,j})$ , assumindo que  $x$  e  $y$  sejam constantes ao longo de todas as medições e  $R_{i,j}$  variável, ao subtrair  $P_{n+1} - P_n$  o resultado será  $P_{n+1,n} = (0, 0, \Delta R_{i,j})$  em que  $\Delta R_{i,j} \geq 0$ . Para cada valor de  $\Delta R_{i,j}$  foi então aplicado um valor entre 0 e 255, sendo 0 para os pontos onde a variação foi mais expressiva e 255 para os locais em que foi nula, gerando uma imagem conforme figura 05.

Figura 05: Mapa de calor.



Logo,  $R_{n+1} - R_n$  representou a deformação do maciço entre as medições de recalque. Por meio deste procedimento, realizado em todas as medições, foi possível observar o fenômeno de redistribuição de esforços a partir do momento em que cessaram os incrementos nos carregamentos até a estabilização

Juntamente com este método foi realizada uma análise por meio de curvas de dispersão, com o intuito de observar a série histórica das medições e verificar se existe uma tendência de aumento na frequência dos valores médios.

As curvas de dispersão foram produzidas utilizando as equações 4 e 5.

$$f\left(R_{i,j}^v(x,y)\right) = \frac{1}{(\sqrt{2\pi}\sigma)^{g(R_{i,j}^v(x,y))}} \quad (4)$$

$$g\left(R_{i,j}^v(x,y)\right) = -\frac{R_{i,j}^v(x,y) - \mu^2}{2\sigma} \quad (5)$$

Onde:

$R_{i,j}^v(x,y)$ : valor do recalque;

$\mu$ : média do recalque;

$\sigma$ : desvio padrão do recalque.

### 3.3 DESEMPENHO DAS FUNDAÇÕES

As validações necessárias para o modelo foram realizadas por meio das superfícies de deformação, em que foi analisado o comportamento dos pilares que apresentaram recalque diferencial.

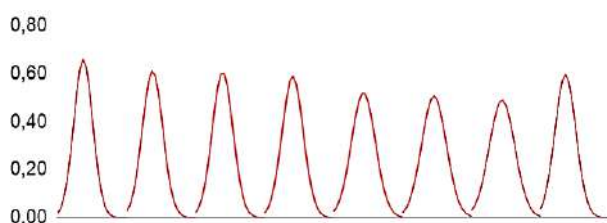
Esta análise visa determinar o comportamento da interação solo-estrutura e demonstrar visualmente a redistribuição dos carregamentos. Para esta etapa foram usados somente os dados de monitoramento coletados após a conclusão da etapa de construção da estrutura, a fim de diminuir a contribuição humana na redistribuição dos carregamentos.

Por fim, foram verificados os indicadores de desempenho referentes ao último monitoramento, a fim de atestar a integridade da estrutura.

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir apresenta-se a figura 06 com os dados de dispersão da torre analisada.

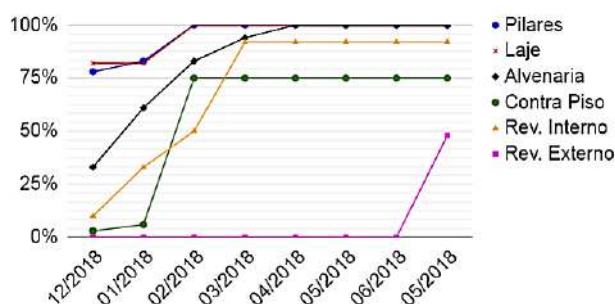
Figura 06: Curva de dispersão da torre A.



Observa-se que as curvas de frequências apresentaram um comportamento, no geral, decrescente ao longo do período de monitoramento dos recalques absolutos aferidos nas medições.

Existem duas causas para o aumento da dispersão da torre. A primeira é a deformação do maciço provocada pela expulsão de água do solo, visto que o monitoramento foi iniciado já no período de construção, conforme pode ser observado na figura 07. A segunda é a possibilidade dos dados aferidos estarem incompatíveis com a realidade.

Figura 07: Quantitativo de serviços da torre.



Os quantitativos mostram que uma parcela significativa da torre já estava construída quando os monitoramentos foram iniciados. Logo, existe a possibilidade de que a amostra esteja prejudicada, para esta análise, por falta de condições de contorno iniciais, fazendo com que a aplicação desta metodologia de dispersão produza resultados inconclusivos.

Os mapas de calor, figuras 08 a 11, mostram os focos de variação das deformações entre cada um dos monitoramentos, a partir da terceira medição.

Figura 10: Mapa de calor da torre para o 3ª e 4ª leituras de monitoramento.

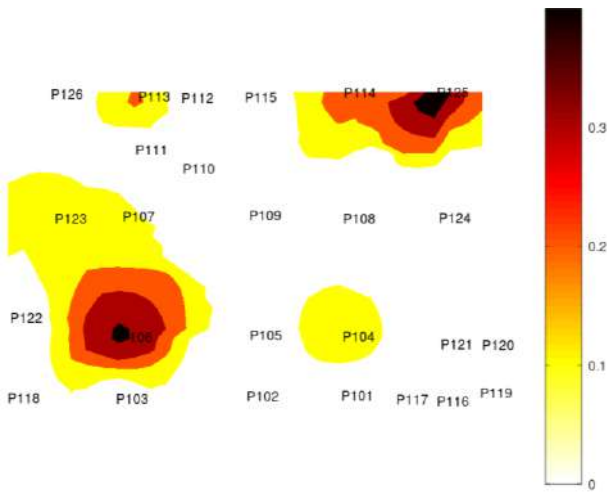


Figura 11: Mapa de calor da torre para o 4ª e 5ª leituras de monitoramento.

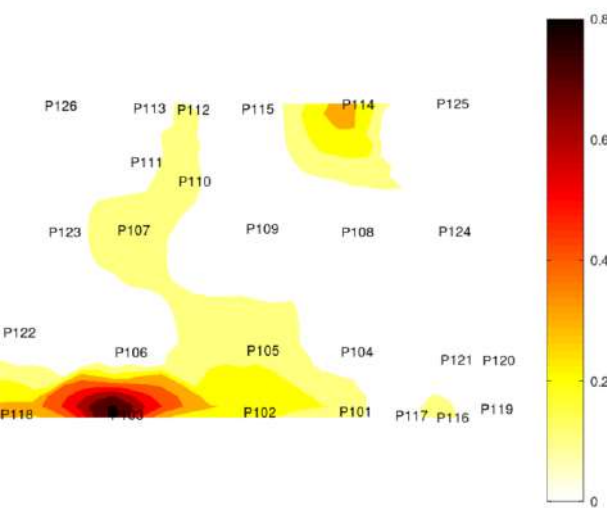


Figura 12: Mapa de calor da torre para o 5ª e 6ª leituras de monitoramento.

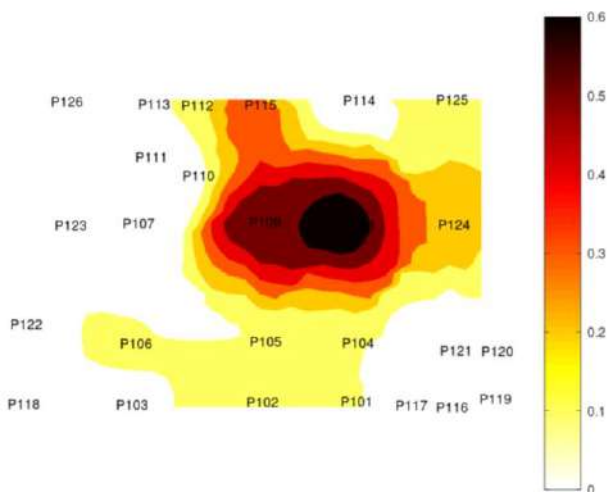
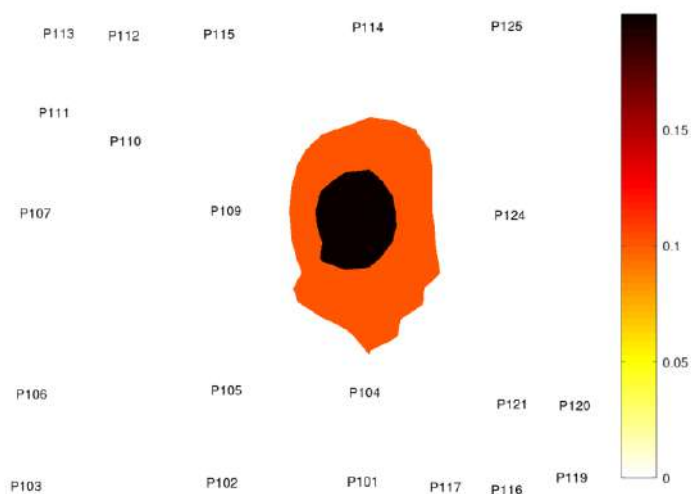


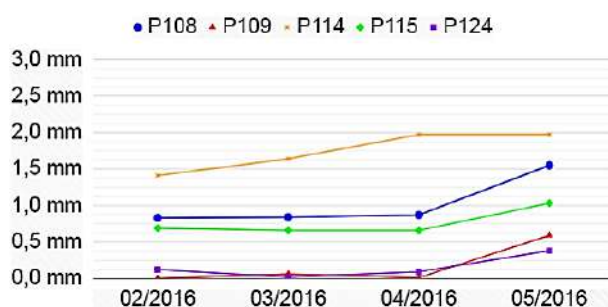
Figura 13: Mapa de calor da torre para o 6ª e 7ª leituras de monitoramento.



Observa-se uma intensa atividade ao redor dos pilares P114 e P103. Os resultados mostram que existe uma alternância de recalques entre os pilares, em cada uma destas regiões, nos quais foram registradas as maiores variações.

Durante a etapa de carregamento da obra, o pilar P114 acumulou recalques até atingir a marca de 1,97 mm, paralelamente o P108, P109, P115 e P124 mantiveram-se relativamente inalterados. Após atingir esse valor não foram mais registrados aumentos nos recalques do P114, no entanto, houve uma variação repentina no grupo de pilares adjacentes, figura 14.

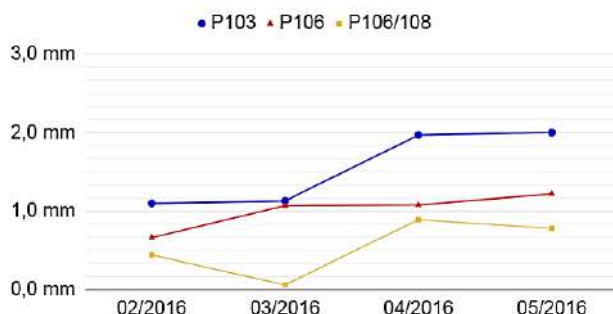
Figura 14: Recalque no grupo de pilares P114, P108, P109, P115 e P124.



O comportamento dos elementos de fundações foi produto do recalque diferencial verificados na figura acima. A estabilidade pode ser explicada pelo aumento da rigidez da estaca devido á capacidade reduzida de movimentação, ocasionada pelo aumento da poropressão, que fez com que qualquer parcela de carregamento que não foi devidamente dissipada no solo fosse redistribuída para outros pilares, explicando assim as alterações nos pilares P108, P109, P115 e P124.

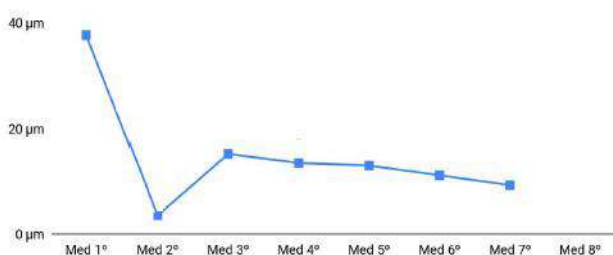
O mesmo padrão de comportamento pode ser observado nos pilares P103 e P106, conforme figura 15.

Figura 15: Recalque no grupo de pilares P103 e P106.



As fundações da torre analisada apresentaram desempenho satisfatório. Ao longo dos monitoramentos não foi verificada velocidades que excedessem o limite de segurança de  $80 \mu\text{m}$  por dia, figura 16.

Figura 16: Velocidade de recalque.



O distorcional máximo verificado foi de 1/2981, entre os pilares P112 e P113, também evidenciando o desempenho satisfatório da fundação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia tradicional (por meio das curvas de dispersão) mostrou uma dependência de acompanhamento nos estágios iniciais de monitoramento. Logo, existe a necessidade de um estudo geotécnico acerca da deformabilidade do solo para a estimativa dos recalques sofridos entre o início da obra e o início do monitoramento.

Utilizando como base os recalques relativos, foi possível observar a interação solo-estrutura e determinar a estabilidade da torre devido a redução do diâmetro das ilhas de calor e taxas de variação.

A partir das taxas de variação dos mapas de calor infere-se que a torre encontra-se no período de transição do adensamento primário para o secundário, pois conforme observado existe uma tendência de uniformização das cotas dos pilares, reduzindo a incidência de recalques diferenciais, com graduação decrescente.

A visualização espacial apresentou vantagens em relação ao método tradicional no que diz respeito à identificação de padrões de comportamento de grupos de pilares levando em consideração as ligações rígidas entre si. No entanto, esta ligação não existe de maneira formal no método de espacialização. Sendo assim, é válido assumir que existe espaço para melhorias imediatas considerando estes elementos como objetos.

O método ainda possui uma dificuldade de implementação superior à produção de curvas de dispersão. Além de precisar de uma quantidade superior de comandos e processamento, necessita de uma base matemática extensa, sendo necessário que os indexadores sejam os mesmos em todos os mapas gerados a fim de comparar os valores que estão na mesma posição espacial.

Dessa forma, o aumento da resolução das imagens significa uma degeneração de relações entre dois pontos que ocupam o mesmo lugar no espaço, separados pelo tempo.

A distribuição de uma plataforma apresenta-se como uma solução de mercado interessante, pois além de auxiliar as análises torna possível uma base nacional de recalques, que pode ser utilizada em colaboração com desenvolvimento de projetos estruturais, elevando a eficácia deste sistema em relação ao fenômeno abordado.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). *NBR 6122: Projetos e Execução de Fundações*, Rio de Janeiro, p. 8.

Alonso, U. R. (1991). *Previsão e Comprovação da Carga Admissível em Estacas*, 1a ed., Editora Edgar Blucher Ltda, São Paulo, p. 14.

Barros, R. A. (2005). *Avaliação do Comportamento de Fundações em Estaca Hélice através de Medidas de Recalque*, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 118 p.

Braja, M. Das. (2012). *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*, 7a ed. [s.l.], Cengage, 632p..

Gusmão, A. D. (1990). *Estudo da Interação Solo-Estrutura e sua Influência em Recalques de Edificações*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/RJ, 165 p.

Melo, M. C. (2003). *Uma Análise de Recalques Associada a Biodegradação no Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca*, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 127p.

Milititsky, J.; Consoli, N. C.; Schnaid, F. (2015). *Patologia das Fundações*, 2a ed., oficina de textos, São Paulo, 63p.

Rebello, Y. C. P. (2011). *Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento*, 3a ed., Editora zigurate, São Paulo, 240 p.

Simons, N. E. e Menzies, B. K. (1977). *A short Course in Foundationa Engeneering*, London: Butterworth & Co, 518 p.

Velloso, D. A. e Lopes, F. R. (1997). *Fundações Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais e Fundações Profundas*, Vol. Completo, Oficina de textos, São Paulo, 63p.

Velloso, D. A. e Lopes, F. R. (2011). *Fundações Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais e Fundações Profundas*, 2a ed., V. 1, Oficina de textos, São Paulo, 63p.



## CAPÍTULO 19

### AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO LODO DE CHORUME TRATADO VIA GEOBAG ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE MEV E EDS.

#### **Paulo Guilherme Mesquita**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Estácio (ESTÁCIO-MA). Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: pgmesquita@hotmail.com

#### **Hélio da Silva Almeida**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia de Recursos Naturais pelo Programa Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA/UFPA).

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: helioalmeida@ufpa.br

#### **Dilson Nazareno Pereira Cardoso**

Engenheiro químico pela UFPA. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPA. Mestre em Engenharia Química pela UFPA. Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pelo PRODERNA/UFPA.

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: dnpcardoso@gmail.com

#### **Nélio Teixeira Machado**

Engenheiro Químico pela UFPA. Mestre em Engenharia Mecânica pela COPPE-UFRJ, Dr.-Ing Verfahrenstechnik TUHH (Technische Universität Hamburg-Harburg). Pós-Doutor Engenharia de Bioenergia Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB). Professor Titular da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental FAESA/ITEC/UFPA. Docente Permanente do PRODERNA/UFPA.

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: machado@ufpa.br

#### **Lia Martins Pereira**

Engenheira Sanitarista pela UFPA. Mestra em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA). Doutora na área de concentração de Engenharia de Processos pelo PRODERNA/UFPA.

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: liapiapia@hotmail.com

**Fernanda Paula Costa Assunção**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestranda em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA)

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: fernanda.assuncao.itec@gmail.com

**Wagner Monteiro Lucena**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestrando em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA)

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

E-mail: wagnerlucenaeng@gmail.com

**Laércio dos Santos Rosa Junior**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Mestrando em Engenharia Civil pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA)

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa, 1, Guamá – Belém/PA - CEP: 66075-110

Endereço: eng.laercio.junior@gmail.com

**RESUMO:** Neste trabalho, realizou-se a avaliação morfológica qualitativa e semi-quantitativa de lodo de chorume, gerado no aterro sanitário localizado no município de Rosário-MA, tratado via geobag, a fim de contribuir para o levantamento de alternativas de aproveitamento e destinação adequada desse material. Os métodos empregados foram a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e a Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Os resultados apresentaram um material com composição química predominantemente inorgânica, abundante em oxigênio (68,54 %) e cálcio (27,15 %). Foram detectados, também, elementos como o sódio (0,35 %), magnésio (2,78 %), alumínio (0,19 %), silício (0,50 %), cloro (0,23 %) e potássio (0,28 %), além de elevado número de poros e morfologia heterogênea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chorume; Lixiviado; Lodo; Geobag; Características Morfológicas.

**ABSTRACT:** In this work, a qualitative and semi-quantitative morphological evaluation of slurry slurry, generated at the sanitary landfill located in the municipality of Rosário-MA, was carried out via geobag, in order to contribute to the survey of alternatives for the use and proper disposal of this material. The methods used were Scanning Electron Microscopy (SEM) and Dispersive Energy Spectroscopy (EDS). The results showed a material with a predominantly inorganic chemical composition, abundant in oxygen (68.54 %) and calcium (27.15 %). Elements such as sodium (0.35 %), magnesium (2.78 %), aluminum (0.19 %), silicon (0.50 %), chlorine (0.23 %) and potassium (0.28 %), in addition to a high number of pores and heterogeneous morphology.

**KEYWORDS:** Slurry, Leachate, Sludge, Geobag, Morphological Characteristics.

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a urbanização vêm sofrendo alterações e, como consequência, tem-se o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que representa um dos maiores problemas ambientais, sociais e econômicos da atualidade (Gouveia et al. 2012).

Nos municípios brasileiros, coleta-se diariamente, cerca de 260 toneladas de resíduos sólidos. Mais de 50% dos municípios dispõem seus resíduos em locais a céu aberto, em cursos d'água ou em áreas ambientalmente protegidas (IBGE, 2017).

Alguns municípios do Nordeste geraram, em 2016, a quantidade de 55.056 toneladas/dia de RSU, das quais 79 % foram coletadas. Do montante coletado na região, 64,4 % ou 27.906 toneladas diárias ainda são destinadas para lixões e aterros controlados. Nesse contexto, o estado do Maranhão possui apenas um aterro sanitário licenciado. O qual recebe apenas 20 % das 6.754 toneladas de resíduos geradas por dia no estado, sendo 23,3 % destinado a aterros controlados e 14,4 % a lixões (ABRELPE, 2016).

Somado a isso, a disposição inadequada dos RSU pode aumentar alguns riscos como a emissão de gases de efeito estufa, o aumento de agentes transmissores de doenças e a geração de chorume (Gouveia, 2012). Este último, também denominado lixiviado ou líquido percolado, consiste em um líquido de coloração escura e odor desagradável resultante da decomposição dos resíduos sólidos junto à percolação da água que lixivia constituintes orgânicos e inorgânicos através destes resíduos (Orlando et al. 2014).

Diante desta problemática, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010), regulamentou a proibição, a partir de agosto de 2014, sobre a disposição em aterro sanitário de qualquer resíduo passivo de reaproveitamento. A correta disposição final dos resíduos sólidos reduz o seu potencial de contaminação ambiental.

Assim, durante a vida útil do aterro e após cessar o seu funcionamento é necessário que haja o monitoramento cuidadoso dos gases, bem como o emprego de técnicas de tratamento dos líquidos lixiviados (SILVA, 2016). Uma das técnicas de tratamento para esse material é a sua aplicação na indústria da construção civil. Que vem se destacando na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, pois possui uma elevada produção, o que permite que um grande volume de resíduo seja utilizado.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho teve por objetivo investigar a composição química e morfológica, de forma qualitativa e semi-quantitativa, do lodo de chorume gerado no aterro sanitário localizado no município de Rosário-MA, a fim de levantar alternativas de disposição e aproveitamento, sanitariamente adequados, para esse material.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

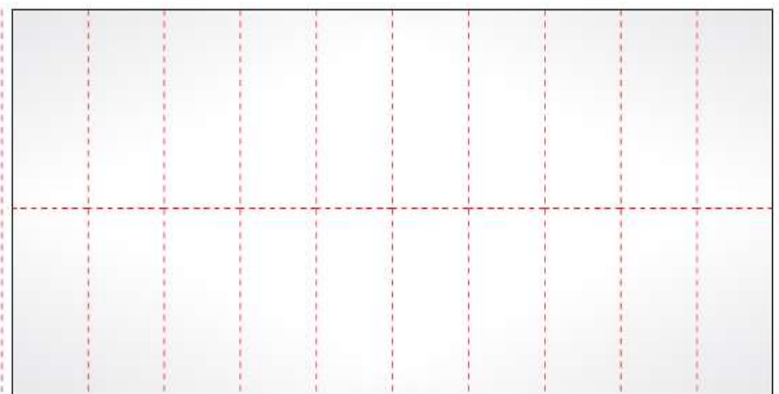
O lodo do chorume utilizado neste estudo foi obtido na Estação de Tratamento de Chorume (ETC), localizada no município de Rosário no estado do Maranhão, após o desaguamento do resíduo em geobag (figura 01).

Figura 01: Lodo de chorume coletado em geobag, in loco.



As amostras foram coletadas na área de secagem onde o geobag, após atingir a altura de dois metros, ficou em repouso por 30 dias até que fosse obtida a eficiência máxima de secagem. Posteriormente, foi realizado o fracionamento do mesmo, conforme figura 02.

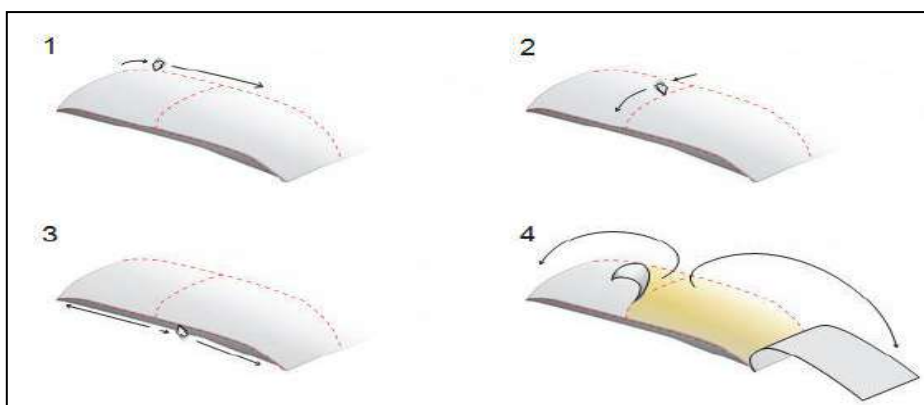
Figura 02: Esquemda de fracionamento do geobag.



O geobag foi dividido em vinte partes, no sentido transversal e duas partes no sentido longitudinal, para que pudessem ser obtidos módulos uniformes em tamanho. Uma amostra foi retirada de cada um, de modo que o material não fosse investigado apenas de forma pontual.

Os cortes também foram efetuados para que camada superior da malha pudesse ser retirada, mantendo a inferior intacta, como observado no esquema da figura 03.

Figura 03: Esquema de retirada da cobertura do geobag.



O lodo do chorume foi coletado com auxílio de draga manual tipo Van Veen e, em seguida, foi acondicionado em bag Nasco (B01195WA) de 2.000 mL de capacidade, sendo transportado em caixas isotérmicas sob-refrigeração ( $<10^{\circ}\text{C}$ ) e encaminhados à Usinas de Materiais, da Faculdade de Engenharia Química (USIMAT/FEQ), na UFPA.

Para a pesagem foi utilizada uma balança digital eletrônica modelo SF-400 1g/10 kg (figura 04), pertencente ao Laboratório de Resíduos Sólidos (LRS/FAESA/UFPa).

Figura 04: Pesagem do material.



Objetivando-se reduzir o teor de umidade foi realizado, em seguida, o processo de secagem do material em estufa térmica, pertencente à USIMAT/UFPa, com recirculação de ar e controle analógico de temperatura da SOC. FABBE. Ltda, MOD.170, a 100° C, por um período de 24h.

Para o cálculo do teor de umidade foi utilizado a equação 1:

$$U (\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

Equação (1)

Onde,

U = umidade relativa;

M<sub>f</sub> = massa final;

M<sub>i</sub> = massa inicial.

Após o período de secagem, uma amostra composta de 50 g do material foi cominuída e peneirada, através de uma peneira de 18 MESH, para que fossem feitos os ensaios de caracterização.

Caracterização morfológica das amostras por meio da técnica de M.E.V e EDS. O microscópio eletrônico de varredura é um aparelho auxiliador, que pode revelar informações rapidamente sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de amostras sólidas. Por esse motivo, é grande a sua utilização em biologia,



odontologia, farmácia, engenharia, química, metalurgia, física, medicina e geologia (DEDAVID, 2007).

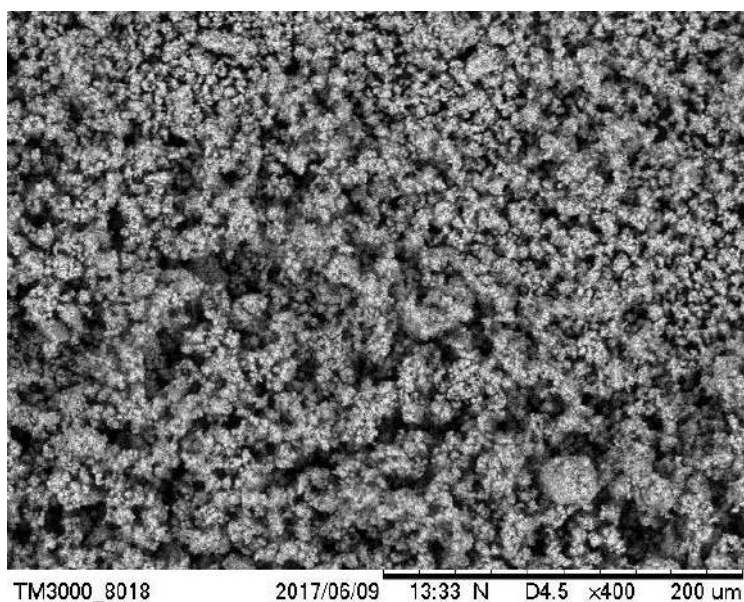
Há vários modelos e aplicações, através do MEV com detector de Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS). Esse sistema permite a análise qualitativa e quantitativa, permitindo mensurar os elementos de interesse, como por exemplo, detectar o elemento e determinar sua localização na amostra estudada, sendo utilizado principalmente por pesquisadores das áreas de engenharia, química e afins (RAMOS, 2013).

Neste estudo, a análise de MEV foi realizada através microscópio modelo TM 3000 Hitachi/Japão (tendo-se uma fita de cobre adesivo e metalizada, como base condutora) que está equipado com detector EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy), modelo swift ED 3000 x-ray.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

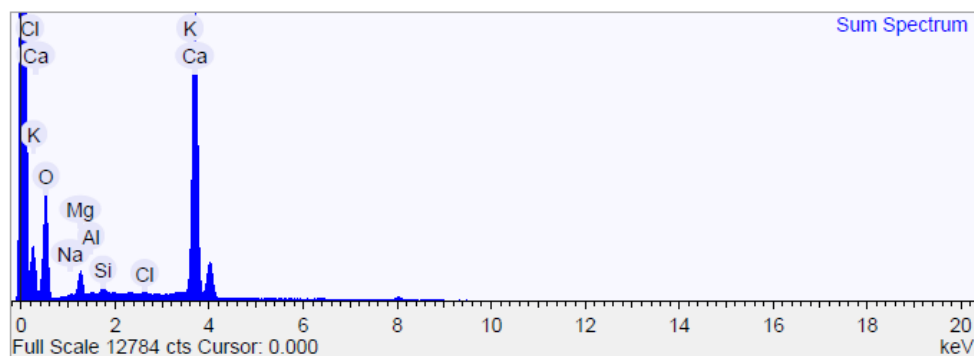
Das imagens obtidas na microscopia de varredura (MEV), pode-se observar na (Figura 05) que as amostras possuem forte energia de aglomeração de partículas. Tal fato facilita a formação de aglomerados entre si, apresentando diversas formas pseudoesféricas. Essas aglomerações são formadas devido o material, após passar pelo processo de secagem, possuir uma granulometria similar a texturas observadas em argilominerais. Tais características proporcionam elevação da energia de aglomeração das partículas induzindo sua junção.

Figura 05: MEV da amostra de lodo de chorume, com zoom x400.



Além do MEV, análises de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) foram realizadas visando à identificação da composição química semi quantitativa das amostras. As imagens (micrografias) para a EDS apresentados na (Figura 06) das amostras apresentaram, também, dimensões nanométricas (< 500  $\mu\text{m}$ ).

Figura 06: Espectro global da composição da amostra gerado por EDS.



Por meio da determinação realizada, os percentuais de elementos químicos encontrados foram calculados de acordo com a média composicional dos pontos obtidos, conforme apresentado na tabela 1. Observou-se que os elementos químicos que compõe o lodo de chorume são predominantemente inorgânicos.

Tabela 01: Composição química da amostra do lodo de chorume com base nos elementos mais representativos.

| Composição química dos elementos presentes na amostra de lodo do chorume (%) |        |       |       |       |       |       |       |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Elementos                                                                    | O      | Na    | Mg    | Al    | Si    | Cl    | K     | Ca     |
| Percentual                                                                   | 68,548 | 0,347 | 2,774 | 0,189 | 0,490 | 0,230 | 0,276 | 27,146 |

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Microscopia Eletrônica de Varredura da amostra de lodo de chorume analisada permitiu observar que se trata de um material com elevado número de poros, existência de partículas soltas, não aderidas, além da formação de agregados maiores, o que reflete uma interação mediana entre as partículas e sugere que o processo de mistura natural dos componentes não foi suficientemente eficaz, a fim de homogeneizar completamente o material.



Considerando os pontos que foram analisados pela análise de EDS, observou-se que em todos os experimentos os elementos predominantes são o cálcio (Ca), o oxigênio (O) e o (C) carbono. Mesmo a análise sendo pontual, pode-se observar coerência dos percentuais das amostras além da predominância do cálcio (Ca) sobre o carbono (C). Outros elementos como magnésio (Mg), silício (Si) e alumínio (Al) também foram encontrados, mas em percentuais menores. Essa composição permite explorar determinadas características do material como dureza e fragilidade, baixo tenacidade e ductilidade, além de boa estabilidade química (ligações fortes) e a presença de sais minerais presentes.

## **6. CONCLUSÕES**

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que as características no lodo de chorume observadas indicam a viabilidade de aplicação desse material no processo de fabricação de materiais cerâmicos (tijolos, concretos, abrasivos pedras e refratários) com alta temperatura de fusão e capacidade de isolamento térmico e elétrico.

Outra alternativa viável para a aplicação desse resíduo, após seu tratamento por compostagem, por exemplo, é a sua aplicação no solo, para que sirva de substrato para as plantas, devido ao alto percentual de cálcio, elemento imóvel, e elementos móveis como o sódio, potássio, magnésio e cloro.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2016.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Presidência da República Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2010.

DEDAVID, B.A., GOMES, C. I., MACHADO, G. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva, 17(6), p. 1503-1510, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB. Rio de Janeiro, 2017.

ORLANDO, L. M. Avaliação de desempenho da estação de tratamento de lixiviado da central de tratamento de resíduos da Zona da Mata – Juiz de fora/MG. Trabalho final de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

RAMOS, T.M. Tipos de pasteurização e agentes coagulantes na fabricação do queijo tipo prato. 2013.

SILVA, J. O.; SILVA, V.M.; CARDOSO, V.L.; MACHADO, A. E. H.; TROVÓ, A. G. 2016. Treatment of Sanitary Landfill Leachate by Photo-Fenton Process: Effect of the Matrix Composition. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 27, nº 12, p. 2264-2272.

## CAPÍTULO 20

VIABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DA ARDÓSIA EM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO NA DOSAGEM DO CONCRETO.

### **Maurício Pessoa Rosa**

Graduando Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: mauriciopessoa049@gmail.com

### **Matheus Alves Borges**

Graduando Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: matheuscsr95@gmail.com

### **Laécio Guedes do Nascimento**

Graduando Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: laecioguedes25@hotmail.com

### **Samuel Campelo Dias**

Engenheiro Civil e Mestrando em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFP  
E-mail: c.dias@hotmail.com

### **Erika Marques da Guia Costa**

Graduanda Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: erikamark@hotmail.com

### **Marcelle Ribeiro Costa Cajueiro**

Graduanda Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: cajueiro86@gmail.com

### **Pablo Eduardo Oliveira de Meneses**

Graduando Engenharia Civil  
Centro Universitario Santo Agostinho (UNIFSA)  
E-mail: pablo.edu1226@gmail.com

### **Samuel Jônatas de Castro Lopes**

Mestrando em ciência e engenharia dos materiais (UFPI)  
E mail: samueljonatas99@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo desta pesquisa é analisar a influência da reutilização da ardósia ao substituí-la como agregado graúdo na dosagem do concreto para demonstrar suas variações na trabalhabilidade, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistência à compressão demonstrando se é viável ou não utilizá-lo. Para isso foram reaproveitados a ardósia que é uma rocha metamórfica geralmente com característica muito resistente, que são utilizadas na fabricação de tampas de sinucas

e que dificilmente são reaproveitadas. O método utilizado nesta pesquisa foi apresentar comparativos por meio de ensaios de consistência, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistências à compressão das dosagens do concreto com utilização de brita 2 em comparação com dosagens com a rocha ardósia nos percentuais de 25 %, 50 %, 75 % e 100 % em relação a quantidade de agregado gráúdo utilizado no concreto convencional. Os ensaios realizados para tal fim, foram: Determinação da Abrasão “Los Angeles” (NBR MN 51/01), Massa específica e Absorção de água (NBR NM 53/09), Slump test (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18). Os resultados dos ensaios foram satisfatórios para a dosagem de 50 % de brita e 50 % de ardósia, obtendo uma resistência média para 3 corpos de prova de 32,61MPa em comparação com o concreto convencional que obteve uma resistência média para mesma quantidade de 31,97MPa, um aumento na resistência relativamente pequena, mas que demonstra que é possível utilizá-lo nesse percentual. Nos demais ensaios notou-se uma proximidade de resultados, isso nos leva a concluir que a ardósia pode ser usada em conjunto com a brita para assim garantir a estabilidade em sua resistência e dando um destino sustentável a esse material, podendo até mesmo influenciar no preço final do concreto. Como sugestão para trabalhos futuros pode-se incluir a esta pesquisa a caracterização dos tipos de pedra ardósias existentes na região a fim de verificar possíveis diferenças, preço de região em região, podendo incluir sua aplicabilidade na construção civil.

**PALAVRA-CHAVE:** Concreto; Ardósia; Reutilização; Ensaios mecânicos; Sustentabilidade.

**ABSTRACT:** The objective of this research is to analyze the influence of sludge reuse on replacing it as a large aggregate in the concrete dosage to demonstrate its variations in workability, surface abrasion, specific mass, water absorption and compressive strength, demonstrating whether it is feasible or not it. For this, the slate, which is a metamorphic rock generally with a very resistant characteristic, is used for the manufacture of sinook lids and is hardly reused. The method used in this research was to present comparative tests of consistency, surface abrasion, specific mass, water absorption and compressive strength of the dosages of the concrete with the use of crushed stone 2 in comparison to dosages with slate rock in the percentages of 25 % , 50 %, 75 % and 100 % relative to the amount of bulk aggregate used in conventional concrete. The tests performed for this purpose were: Determination of Los Angeles Abrasion (NBR MN 51/01), Specific Gravity and Water Absorption (NBR NM 53/09), Slump test (NBR NM 67/98) and Compression of cylindrical specimens (NBR 5739/18). The results of the tests were satisfactory for the dosage of 50 % of gravel and 50 % of slate, obtaining an average resistance for 3 specimens of 32.61MPa in comparison with the conventional concrete that obtained a mean resistance for the same amount of 31, 97MPa, a relatively small increase in strength but demonstrates that it is possible to use it in this percentage. In the other tests it was observed a close proximity of results, which leads us to conclude that the slate can be used in conjunction with the gravel in order to guarantee stability in its resistance and giving a sustainable destination to this material, and may even influence the final price of concrete. As a suggestion for future work, it is possible to include to this research the characterization of the types of slate stone existing in the region in order to verify possible differences, region price in region, and may include its applicability in civil construction.

**KEYWORDS:** Concrete; Slate; Reuse; Mechanical tests; Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 TEMA

O concreto de cimento Portland é o mais essencial dos componentes estruturais na construção civil atualmente. Mesmo a sua descoberta estando recente em relação aos materiais que fazem parte de estruturas na construção, pode ser considerada uma das descobertas mais importantes da história da construção civil, como também da humanidade. No Brasil, como em outros países, o concreto tem um papel muito importante, sendo o principal e mais utilizado dos materiais na obra, sendo, até mesmo, o segundo produto mais consumido no mundo, depois da água. (ANDRADE; HELENE, 2010).

Sobre os materiais desse concreto, é constituído por três componentes básico: cimento Portland, agregados e água, podendo também adicionar outros materiais, como a finalidade de manter as mesmas propriedades, ou até mesmo melhorá-las, como também desenvolver novas propriedades especiais. (BORJA, 2011). Sendo, que os agregados como a brita e areia não influenciam na reação química entre água/cimento, e sim, para diminuir a quantidade do cimento no concreto, por ser um material mais caro em relação aos outros componentes. Hoje os agregados representam cerca à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto (PAULA et al., 2018).

O concreto consiste na mistura de cimento, água, areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). Onde os três primeiros elementos formam uma pasta, que por sua vez envolve o agregado graúdo, resultando em um composto capaz de suportar maiores esforços mecânicos nas mais variadas formas geométricas, além disso, como a brita é uma rocha, e esse material não pode ser encontrado na maioria das regiões, acaba tornando-se mais caro nos locais onde essa matéria prima é bem distante (SILVA, 2016).

Com isso, pesquisadores estão se esforçando para encontrar materiais que possam substituir a brita e, que não influenciam na reação água/cimento e nas suas propriedades mecânicas, e sim, no seu preço final, além disso, as pesquisas estão encaminhando para materiais reciclados (PINHEIRO, 2003).

Dentre todos os setores produtivos, a construção civil é considerada a maior geradora de resíduos sólidos, ocasionando graves problemas urbanos com a disposição dos resíduos sólidos da construção. Dessa forma, observou-se em uma

empresa que fabrica e reforma sinucas, que a pedra utilizada no tampão da sinuca quando já não tinha o objetivo de ser utilizada era descartada como rejeito no próprio local onde fica a empresa.

Com isso, verificou-se que a pedra passando por um processo de trituração poderia ser utilizada no concreto, portanto, foi feito um processo de trituração manual, para que essa pedra pudesse ter as mesmas características geométricas que a brita. Os ensaios foram: Determinação da Abrasão “Los Angeles” (NBR 6465), Massa específica e Absorção de água (NBR NM 53:2003), Slump test (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18).

A ardósia é classificada como rocha metamórfica de baixo grau de metamorfismo, de composição geológica similar à composição das argilas (homogênea e de textura afanítica - textura de uma massa constituída por cristais de pequena dimensão e sem forma definida), apresenta minerais lamelares, ou seja, tabulares, em forma de tablete originário da rocha sedimentar inicial, que se exhibe com as faces lisas situadas em ângulos retos com relação às fontes de pressão atuante, devido à formação em condições de alta pressão.

Essa rotação dos minerais lamelares origina a clivagem ardosiana, que se apresenta como a tendência natural das ardósias a se partirem em superfícies planas. É uma rocha de alto grau de dureza (8,5 de dureza na escala de Mohs) e variando entre as cores pretas, verde, cinza escuro, vermelha e ferrugem (SILVA, 2015).

As ardósias são amplamente utilizadas na construção civil devido as suas propriedades físicas, tais como a clivagem preferencial que facilita a obtenção de placas (apesar da dificuldade em se obter placas de ardósia com espessuras menores que dois centímetros), alto grau de dureza, baixa porosidade, alta resistência mecânica e por serem constituídas de minerais resistentes ao intemperismo, além de apresentarem baixo custo.

São usadas principalmente para material de revestimento em jardins, mesas, pisos, degraus, soleiras, bancadas, tampos para bilhar, dentre outras utilidades. O Brasil se destaca, atualmente, como o segundo maior produtor e exportador mundial de ardósia (o primeiro maior produtor mundial é a Espanha), sendo que 90% da produção são provenientes do estado de Minas Gerais, onde está localizada a maior reserva de ardósia do mundo (mais especificamente, na região central do estado), frequentemente denominada de “Província de ardósia” (SILVA, 2015).

Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é analisar a influência da reutilização da ardósia ao substituí-la como agregado graúdo na dosagem do concreto para demonstrar suas variações na trabalhabilidade, abrasão superficial, massa específica, absorção de água e resistência à compressão demonstrando se é viável ou não o utilizar.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo experimental foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CP II Z 32, agregado miúdo (areia), agregado graúdo britado (brita 02 – com dimensão máxima de 50 mm) e pedra rochosa Ardósia, que foi encontrada como resíduos de tampos de sinuca em montadoras desse produto.

Para realização das análises foram feitos alguns ensaios, como o de Abrasão “Los Angeles” (NBR MN 51/01), Massa específica e Absorção da água (NBR NM 53/09), Slump test (NBR NM 67/98) e Compressão de corpos-de-prova cilíndricos (NBR 5739/18).

Figura 01: Agregados graúdos separados conforme a granulometria.



Fonte: autores

Figura 2: Processo de saturação dos agregados graúdos.



Fonte: autores

## 2.1 ENSAIO DE ABRASÃO

O ensaio é realizado inicialmente com a lavagem das duas amostras retirando as impurezas presentes nos materiais, em seguida, levado a estufa com à temperatura entre 105°C e 110°C até se verificar a constância de peso. Depois de seco os agregados foram peneirados e quarteados as diferentes porções. Determinou-se a graduação que seria utilizada no ensaio de acordo com a tabela 01.

Tabela 01: Carga Abrasiva.

| Graduação | Número de esferas | Massa de carga (g) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| A         | 12                | 5000 ± 25          |
| B         | 11                | 4584 ± 25          |
| C         | 8                 | 3330 ± 20          |
| D         | 6                 | 2500 ± 15          |
| E         | 12                | 5000 ± 25          |
| F         | 12                | 5000 ± 25          |
| G         | 12                | 5000 ± 25          |

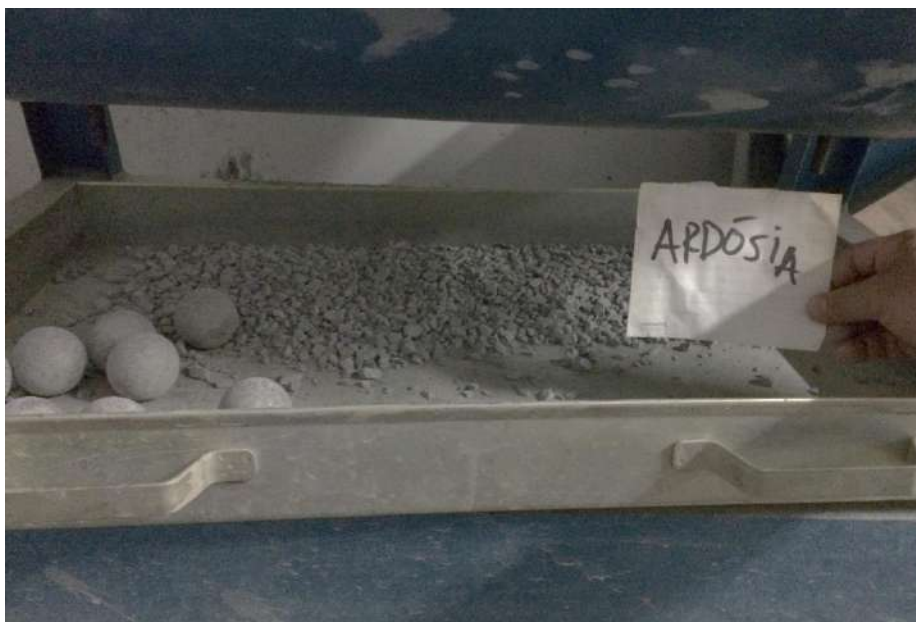
Fonte: NBR NM 51/2001.

O ensaio foi realizado de acordo com a graduação C, com 8 esferas e utilizando-se a massa de carga 3330g. Faz-se girar o tambor com velocidade de 30 a



33 rpm até completar 500 rotações. Em seguida foi retirado o material do tambor e fez-se passar a amostra na peneira de 1,7 mm, rejeitando-se o material passante. Depois disso o material retido na peneira foi lavado e em seguida seco na estufa a temperatura entre 105° C e 110° C durante 3h, e posteriormente, foi determinado a massa da amostra seca.

Figura 03: Agregado graúdo (ardósia) após retirada do tambor.



## 2.2 ENSAIO DA MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para o ensaio de determinação da massa específica dos agregados graúdos, que primeiro foi separado 400g de cada agregado, tanto brita, como ardósia, as amostras foram peneiradas e todo material passante na peneira de 4,75 mm foi descartado, lavou-se completamente os agregados graúdo para remover o pó ou outro material da superfície.

Em seguida, as amostras foram levadas a estufa para secarem em uma temperatura entre 105° C e 110° C, depois de seco foi deixado esfriar por umas 2h, logo após, os dois materiais foram colocados cada uma em uma proveta volumétrica com água por um período de 24h, depois retirados da proveta e envolvidos em um pano para que toda a água visível fosse retirada e depois pesada. Conforme a NBR NM 53/2003, determinou-se as massas específicas da brita e da ardósia utilizando a seguinte fórmula:

$d$  = massa específica do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m = massa ao ar da amostra seca, em gramas;

ms = massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas; ma = massa em água da amostra, em gramas.

Para determinação da absorção de água das amostras utilizou-se a seguinte fórmula:

A = absorção de água, em porcentagem;

ms= massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

m = massa ao ar da amostra seca, em gramas.

### 2.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA

Antes da moldagem dos corpos de prova foram feitos os ensaios de abatimento Slump test (NBR NM 67/98) para os cinco ensaios de acordo com a tabela 02, e então, o concreto utilizado no abatimento era descartado. Assim o concreto restante era feito a moldagem de 3 corpos de provas cilíndrico para idade de 28 dias para se ter uma média nos resultados quanto ao rompimento.

Tabela 02: Determinação das amostras para os ensaios de massa específica, absorção de água, rompimento e slump test.

| Ensaio                  | Cimento (kg) | Agregado Miúdo (kg) | Brita (kg) | Ardósia (kg) | Água (L) | Abatimento (cm) |
|-------------------------|--------------|---------------------|------------|--------------|----------|-----------------|
| 100% brita              | 5,0          | 7,0                 | 9,5        | –            | 2,0      | 23              |
| 75% brita e 25% ardósia | 5,0          | 7,0                 | 7,13       | 2,37         | 2,0      | 23,5            |
| 50% brita e 50% ardósia | 5,0          | 7,0                 | 4,75       | 4,75         | 2,0      | 23,8            |
| 25% brita e 75% ardósia | 5,0          | 7,0                 | 2,37       | 7,13         | 2,2      | 21,5            |
| 100% ardósia            | 5,0          | 7,0                 | –          | 9,5          | 2,2      | 22,5            |

Fonte: autores

As dimensões dos corpos de prova cilíndrico utilizado no ensaio foi com diâmetro de 100 mm de acordo com a tabela 1 do item 4.1.2.2 da NBR 5738. Além disso, na hora de moldagem o número de camadas no molde foi diminuído para a metade, por conta de o abatimento ser superior a 160 mm de acordo com a tabela 3 do item 7.4.1.3, nesse caso o número de camada foi para 1. Os ensaios para moldagem foram feitos de acordo com a porcentagem da tabela 3:

Antes de o concreto ser colocado nos moldes, o mesmo foi lubrificado para facilitar a retirada do concreto. Após a moldagem, foi colocado em uma superfície

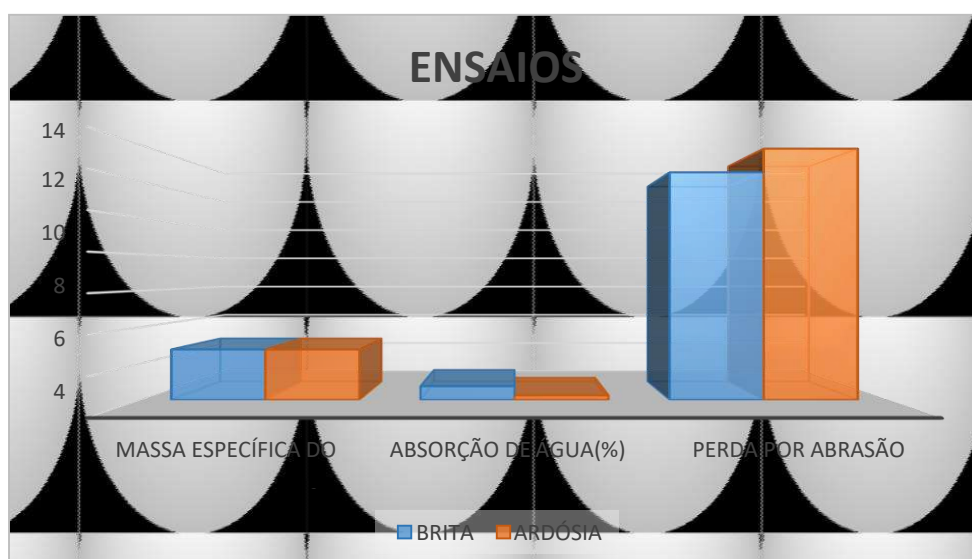
horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que poderia interferir no concreto. Esperado as 24 horas previsto no item 8.1.1 os corpos de provas foram submetidos a cura por imersão em um tanque de água dentro do laboratório com temperatura de acordo 8.2.3.

Esperado os 28 dias para a cura, os corpos de prova foram retirados dos moldes e rompidos, porém, antes do rompimento a superfície das bandejas e dos corpos de provas foi limpa pra não haver interferências nos resultados obtidos. O tempo de desmoldagem para o ensaio de rompimento dos corpos de prova foi de acordo com a tabela 2 da NBR 5739.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A massa específica é intrínseca à porosidade do material. Os valores da massa específica para os materiais de Brita e Ardósia apresentaram uma igualdade de 2,77 g/cm<sup>3</sup>, em função da dificuldade de homogeneização deste produto com características pulverulentas. Quanto a absorção de água apresentou uma variação de 0,5 %, a brita 0,75 % e a ardósia 0,25 % de absorção, resultado significativo, pois a ardósia apresentou uma baixa absorção, fator importante para caracterização da resistência do concreto. O ensaio de perda por abrasão “Los Angeles” a brita apresentou uma perda de 12,5 % e a ardósia com 13,8 %, valor onde apresenta uma pequena variação de desgaste desses materiais.

Gráfico 01: Gráfico do ensaio de absorção de água, massa específica e abrasão dos corpos de prova, de acordo com a tabela 02.

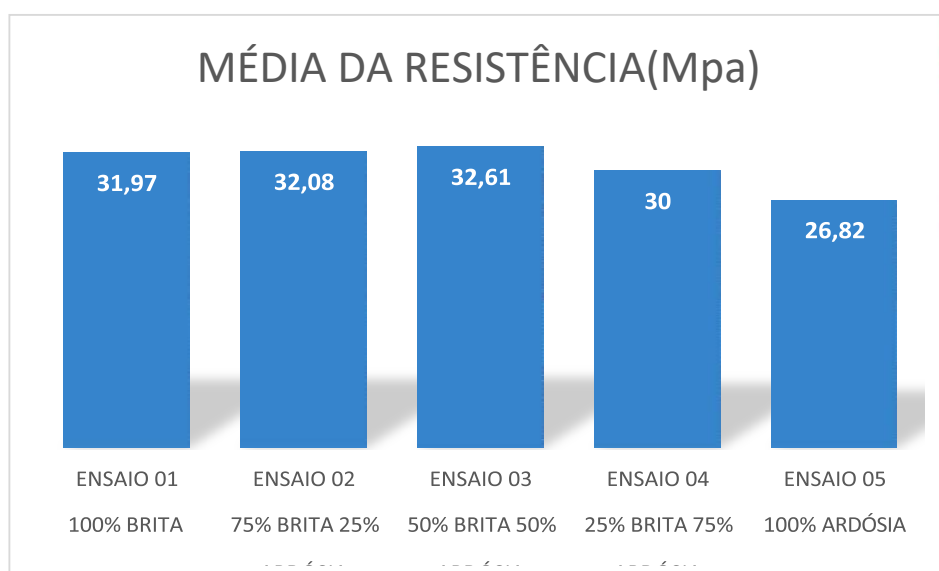


Fonte: Autores.

Obedecendo ao controle de qualidade na realização dos ensaios de verificação de resistência à compressão dos corpos de prova foram obtidos os resultados apresentados no gráfico da figura, dos ensaios de compressão, considerando a média dos resultados em cada moldagem no ensaio 1 (100 % brita 2), ensaio 2 (75 % brita 2 e 25 % ardósia), ensaio 3 (50 % brita 2 e 50 % ardósia) ensaio 4 (25 % brita e 75 % ardósia) ensaio 5 (100 % ardósia).

Os resultados dos ensaios foram satisfatórios para a dosagem de 50% de brita e 50 % de ardósia, obtendo uma resistência média para 3 corpos de prova de 32,61 MPa em comparação com o concreto convencional que obteve uma resistência média para mesma quantidade de 31,97 MPa, um aumento na resistência relativamente pequena, mas que demonstra que é possível utilizá-lo nesse percentual.

Gráfico 02: Gráfico das resistências médias à compressão dos corpos de prova.



#### 4. CONCLUSÃO

Nos ensaios notou-se uma proximidade de resultados, isso nos leva a concluir que a ardósia pode ser usada em conjunto com a brita para assim garantir a estabilidade em sua resistência e dando um destino sustentável a esse material, podendo até mesmo influenciar no preço final do concreto. Como sugestão para trabalhos futuros pode-se incluir a esta pesquisa a caracterização dos tipos de pedra ardósias existentes na região a fim de verificar possíveis diferenças, preço de região em região, podendo incluir sua aplicabilidade na construção civil.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão “Los Angeles”**. NBR NM 51. Rio de Janeiro 2001.

\_. Agregado graúdo – **Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. NBR NM 53. Rio de Janeiro 2003.

\_. Concreto – **Ensaio de Compressão de corpos de prova cilíndricos**. NBR 5739. Rio de Janeiro 2018.

BORJA, E. V. **Efeito da adição de argila expandida e adição mineral na formulação de concreto estruturais leves auto adensáveis**. Minas Gerais. 2011. Belo Horizonte.

COSTA, A. G.B. **Utilização de Resíduos Cerâmicos da Cidade de Porto Velho na Produção de Concretos**, 2017. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Tecnologia. Manaus, Amazonas.

COSTA, M. M.; CRUZ, E. F.; PALHARES, L. B. *et al.* **Adição de Rejeitos de Extração de Ardósia em Concreto**. Minas Gerais. 2013. Belo Horizonte.

LAVERDE A.; KIRCHHEIM P. A.; GUIMARÃES C. T. A. *et al.* **Concreto com cimento Portland: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 3. ed. São Paulo: 2017.

MEHTA, P.K. E MONTEIRO, P.J.M.: **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2ª Edição. Nicole P. Hasparyk. Editora IBRACON. São Paulo. 2014.

PAULA, J. R. A. L.; SANTOS, M. F.; BRAGA, A. de P.*et al.* Estudo comparativo das propriedades físicas e mecânicas entre o concreto convencional utilizando brita 0 e seixo rolado da cidade de Manaus-Am. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**. Manaus, v. 4, n. 15, p. 97-102, 2018.

PINHEIRO, W. G. **Utilização do Resíduo da Extração da Pedra Mineira como Agregado no Concreto**. 2003. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, São Paulo.

SILVA, M. A. P. **Influência das características morfológicas de britas graníticas e gnáissicas na resistência à compressão do concreto**. Dissertação (Mestrado) □ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife.

SILVA, R. Propostas de Aproveitamento de Resíduos de Ardósia da Cidade de Pompéu, Minas Gerais. **Revista Intercâmbio**, v.6, p. 86-95, 2015.

# CAPÍTULO 21

A BIOGEOGRAFIA, PROPAGAÇÃO E USOS AMBIENTAIS DA *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* WILLD.

## **Antônio Pereira Júnior**

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado Do Pará, Rodovia Pa 125, S/N, Angelin,  
Paragominas/Pará  
Endereço: Rodovia PA 125, s/n. bairro Angelim, Paragominas, Brasil.  
E-mail: antonio.junior@uepa.br

## **Samilly Santana da Costa**

Concluinte do curso de Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado Do Pará, Rodovia Pa 125, S/N, Angelin,  
Paragominas/Pará  
Endereço: Rodovia PA 125, s/n. bairro Angelim, Paragominas, Brasil.  
E-mail: samillysantana6@gmail.com

## **Henriqueta da Conceição Brito Nunes**

Mestra em Agronomia pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado Do Pará, Rodovia Pa 125, S/N, Angelin,  
Paragominas/Pará  
Endereço: Rodovia PA 125, s/n. bairro Angelim, Paragominas, Brasil.  
E-mail: quetanunes@gmail.com

## **Eliane Francisca de Almeida**

Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado Do Pará, Rodovia Pa 125, S/N, Angelin,  
Paragominas/Pará  
E-mail: elliane23@gmail.com

**RESUMO:** A biogeografia se correlaciona com a propagação de espécies vegetais, especialmente em regiões onde o clima é tropical. O objetivo dessa pesquisa foi correlacionar a biogeografia com as propagações por estaquia e o uso ambiental da espécie *Bougainvillea spectabilis* Willd. O método utilizado foi o dedutivo, e a pesquisa tem abrangência quantiquantitativa, natureza e técnica observativa. Os dados obtidos e analisados indicaram que os estudos biogeográficos são escassos para três regiões brasileiras (norte, nordeste e sul). Em relação aos tipos de propagações, os métodos por estaquia (2 = 3,27 %), e *in vitro* (1 = 1,63 %, são os mais utilizados; quanto aos substratos: areia vermelha, areia grossa, vermiculita, solo com húmus de minhoca (*Lumbricus* spp.) e caule de babaçu, apresentaram similaridades quanto ao uso (1,63 %). Em relação ao uso ambiental, os dados indicaram que houve quatro aplicações. O uso mais frequente foi a arborização urbana (8, 19 %), em seguida, como inibidores de fitopatogênicos (3,27 %), inseticidas naturais (1,63 %) e a geração de energia solar (1,63 %). Logo, a biogeografia ainda não é pesquisada com frequência, bem como o método de propagação que, até hoje, só duas maneiras são

utilizadas, mas, a aplicabilidade ambiental mostrou-se bem variada, mas, distante da biogeografia.

**PALAVRAS-CHAVES:** Reprodução vegetal; Localização geográfica; Meio Ambiente.

**ABSTRACT:** A biogeography correlates with the spread of plant species, especially in regions where the climate is tropical. The objective of this research was to correlate a biogeography with propagation by cuttings and environmental use of the species *Bougainvillea spectabilis* Willd. The method used was deductive, and a research has quantitative scope, nature and observational technique. The data obtained and analyzed indicate the biogeographic studies that are scarce for three Brazilian regions (north, northeast and south). In relation to the types of propagation, the cuttings (2 = 3.27 %) and in vitro (1 = 1.63 %) methods are the most used; as for the substrates: red sand, coarse sand, vermiculite, soil with humus earthworm (*Lumbricus* spp.) and babassu stem, in relation to environmental use (1.63 %). In relation to environmental use, the data indicate that there were four applications. The most frequent use was urban afforestation (8,19 %), followed by phytopathogenic inhibitors (3.27 %), natural insecticides (1.63 %) and solar energy generation (1.63 %). Therefore, biogeography is still not frequently researched, as well as the propagation method that, until today, only two ways are used, but an environmental application proved to be quite varied, but far from biogeography.

**KEYWORDS:** Vegetable reproduction; Geographic location; Environment.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da distribuição das plantas e animais está sob a responsabilidade da Biogeografia. Esse estudo envolve o agrupamento, as relações com outros elementos do mundo físico e humano, bem como as repartições, modificações na relação causa-efeito, os aspectos geográficos, o biótopo e as biocenoses que eles constituem (DANSERAU, 1949; ELHAI, 1965; LEMÉE, 1968; MARTONNE, 1954; TROPMAIR, 2012).

Historicamente, a descoberta da *Bougainvillea* foi ao acaso, pois, o Conde militar francês chamado Louis Antoine Bougainville, aportou em Florianópolis – SC, em 1767, para reabastecer os navios que estavam sob o comando dele, e com os quais pretendia dar a volta ao mundo. Enquanto esperava o reabastecimento dos navios, o Conde fez inúmeras incursões à floresta local e, sem querer, encontrou a trepadeira que, atualmente, tem o gênero denominado como *Bougainvillea* em



homenagem a esse militar. Após descoberta, esse Gênero foi levado para o Rio de Janeiro e Europa (BUENO, 2012).

Geograficamente, a *Bougainvillea* concentra-se na região Neotropical do Novo Mundo e na região árida ocidental da América do Norte (MARCHIORETTO; LIPPERT; SILVA, 2011). Tem grande ocorrência no Brasil: região norte (Amazonas e Pará); nordeste (Bahia, Ceará), Centro-oeste (Distrito Federal, Mato Grosso do Sul) e Sudeste (São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo) e Sul, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina (FLORA DO BRASIL, 2018).

A propagação vegetativa apresenta inúmeras vantagens quando comparada a propagação por meio de sementes. Isso se deve ao fato da técnica ser considerada de baixo custo, simples e rápida, além de produzir um grande número de mudas em um curto espaço de tempo, ao passo que as mudas se apresentam uniforme, com as mesmas características da planta matriz, reduzem o período de juvenilidade delas (MOURA; SALLA; LIMA, 2015).

Uma das maneiras de propagação com sucesso, é por estaquia (MONTEGUTI et al., 2008), em plantas ornamentais como, por exemplo, a buganvília (*Bougainvillea spectabilis* Willd). Isso é decorrente de um conjunto de fatores externos e internos. Entre os fatores internos, cita-se a variabilidade genética, as condições fisiológicas, a idade da planta-mãe, o tipo de estaca e o estado de desenvolvimento em que são colhidas. E como fatores externos, citam-se as condições ambientais a que as estacas são submetidas e o substrato utilizado.

Tal método de propagação vegetativa, é um tipo de reprodução assexuada de plantas que consiste no plantio de pequenas estruturas denominadas “estacas”. Elas podem ser tanto do caule, quanto de raízes ou folhas, e são cultivadas para obtenção de novas plantas com as mesmas características das matrizes. A propagação vegetativa por meio de estaquia, é uma das técnicas mais utilizadas na área de plantas ornamentais (SILVA; RODRIGUES; LUCENA, 2017)

Inúmeras são as espécies vegetais que podem ser reproduzidas por estaquia, dentre elas, destaca-se a buganvília, uma espécie brasileira, cujas denominações variam (primavera, ceboleiro, três-marias ou flor-de-papel) intrarregiões. Trata-se de uma espécie rústica, trepadeira com flores de coloração atrativa variadas (tons de branco, laranja, vermelho, amarelo e roxo). Possui tronco protegido por fortes espinhos que ramificam todos os anos em rebentos. Ela cresce de forma desordenada, E pode chegar a 9 m de altura. As flores verdadeiras são os pequenos



tubos amarelos e brancos que se encontram envolvidos em três brácteas fundidas ou folhas modificadas que são responsáveis pelo seu aspecto colorido (COSTA et al., 2015). Os substratos para a reprodução da *B. spectabilis*, podem apresentar composições diferentes: caule decomposto de babaçu (*Orbignya phalerata*); vermiculita de granulometria fina; mistura de perfila e turfa, etc. (CRUZ, 2017; HILL, 1996; MOURA et al., 2015).

Atualmente, os problemas com as arborizações urbanas são crescentes e resultantes do crescimento desordenado das áreas urbanizadas porque as vegetações perdem espaços para o soerguimento de unidades arquitetônicas horizontais e verticais, sejam de uso residência, comercial ou mista, e a ausência das arborizações conduz a um desconforto de bem-estar dos moradores e das pessoas que transitam no mesmo (MACHADO; SILVA; PEREIRA, 2016).

Com o advento da era “desenvolvimentista” e da explosão imobiliária na década de 60 houve a perda dos jardins privados e a impermeabilização do solo e o patrimônio das áreas verdes das cidades ficaram cada vez mais restritos à arborização de ruas, praças, parques e maciços florestais. Pode-se acrescentar a compactação e baixa fertilidade do solo resultantes dos processos de movimentação de terra para urbanização de loteamentos. De maneira semelhante, o processo de evolução da ocupação e uso do solo urbano, ocorreu na grande maioria das cidades brasileiras (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

Para mitigar tais problemas, o emprego correto da arborização no ambiente construído além de proporcionar o equilíbrio do microclima local, ameniza a incidência da radiação solar direto nas superfícies, evita o aquecimento excessivo dos materiais, assim como atua como atenuador da temperatura do ar, com o aumento da umidade relativa, recarga dos recursos hídricos, conservação da fauna, entre outras variáveis (SILVA et al., 2014).

Consequentemente, a escolha da árvore certa para o lugar certo sem se perder nos objetivos do planejador e nem atropelar as funções ou o papel que a árvore desempenha no meio urbano. É fazer o uso de critérios técnico-científicos para o estabelecimento da arborização nos estágios de curto, médio e longo prazo. Muitos projetos se baseiam em métodos puramente empíricos, desprovidos de um conhecimento real do assunto, e isso causa um grande número de problemas nas redes de distribuição de energia elétrica, telefônica, calçadas, sistemas de abastecimento de água e esgoto, além de problemas relacionados à saúde pública,

causando muitas despesas para o poder público como serviços de manutenção, substituição e remoção (PAGLIARI; DORIGON, 2013).

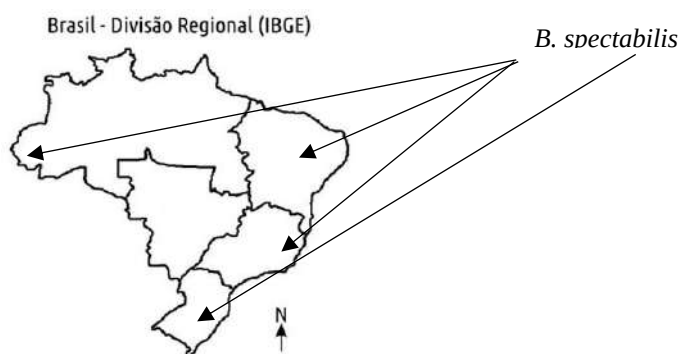
Por todos esses problemas, a biogeografia, a propagação e uso ambiental da *Bougainvillea* devem ser estudados porque esse vegetal apresenta pouco conhecimento inerente a esses três temas, o que justifica essa pesquisa e incrementa a relevância da mesma, pois, a pesquisa irá gerar dados que permitirão tais ações, além de conduzir ao objetivo que é correlacionar a biogeografia, os meios de propagação e os usos ambientais do gênero *Bougainvillea*.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 A BIOGEOGRAFIA

O Brasil é privilegiado e contemplado com a presença do gênero *Bougainvillea* nas cinco regiões geográficas (Figura 01).

Figura 01: As curvas normais de dispersão foram produzidas a partir dos dados coletados pelo monitoramento de recalque.



Fonte: IBGE, 2009.

Na Região Norte (Porto Velho – AC) há ocorrência de *B. spectabilis*. Lá, durante o período chuvoso, essa espécie é atacada, a nível das folhas, pelo fungo *Passarola bougainvillea* (Muntañola) Castañeda e Braun. No Nordeste (Natal – RN), a espécie predominante na área urbana é a *B. spectabilis* (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2013; LOPES et al., 2005)

Na região Sudeste (Rio de Janeiro- RJ), foram estudadas oito espécies (*Boerhavia diffusa* L., *Bougainvillea glabra* Choisy, *B. spectabilis* Willd. *Guapira obtusata* (Jacq.) Little, *G. opposita* (Vell.) Reitz, *G. pernambucensis* (Casar.) Lund. *Leucaster caniflorus* (Mart.) Choisy e *Mirabilis jalapa* L.), a partir da análise do pólen

dessas espécies. Finalmente, no Sul (Curitiba – PR; Porto Alegre - RS), em um fragmento de floresta ripária, há ocorrência de espécies com dosséis intolerantes à sombra (*B. spectabilis*), cuja média de altura foi igual a 8.8 m e diâmetro equivalente a 14,8m (BIACHINI et al., 2010; SOUZA; MENDONÇA; GONÇALVES-ESTEVEES, 2010)

### 3.2 A FAMÍLIA NYCTAGINACEAE, O GÊNERO *BOUGAINVILLEA* E A ESPÉCIE *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* WILLD.

No Brasil, o primeiro membro da Família Nyctaginaceae descoberto, pertence ao gênero *Bougainvillea*, em 1798, por Carl Ludwig Willdenow (1765 – 1812), um botânico alemão. As folhas são largas e ovaladas, apresentam hastes peludas, com ondulações nas bordas. As brácteas podem apresentar, colorações vermelhas (Figura 2A), rosa (Figura 2B) púrpura (Figura 2C), amarela (Figura 2D), e branca (Figura 2E) como posições acima ou abaixo, nos galhos, com flores pequenas, os espinhos são grandes e podem ser curvados. O crescimento tem hábito denso, sazonal, após o verão ou período seco (KOBAYASHI; McCONNELL; GRIFFS, 2007).

Figura 02 - A) brácteas vermelhas; B) brácteas rosas; C) brácteas lilás; D) brácteas amarelas; E) brácteas brancas.



Fonte: Tripathi, Singh e Roy, 2016.

*Bougainvillea* é um arbusto escandesciente sul-americano de crescimento vigoroso (até cinco metros de altura) e altamente escalável, com alto crescimento na Índia, e é favorecido por suas atraentes flores brácteas coloridas. As Nyctaginaceae, comumente denominadas “flores das quatro” porque um dos gêneros (*Mirabilis*), abre suas flores as quatro da tarde, estas, são conhecidas há muito tempo, como um dos principais grupos de famílias de Caryophyllales (Centrospermae) com base na presença de pigmentos de betalaína, placentação livre central, elementos do tubo peneiro do tipo p e presença de perisperme, assim como evidências moleculares (TRIPATHI; SINGH; ROY, 2016).

Quanto a espécie *B. spectabilis* Willd. Esta espécie é conhecida também como primavera, três-marias, tapirica, roseira-do-mato. A coloração, vermelha, laranja e rosa está localizada nas brácteas, uma espécie de folhas modificadas, e não na sua flor como de costume. O sucesso na Europa aconteceu pelo fato dela ser uma caducifólia, planta que se adapta a climas distintos.

### 3.1 MEIOS DE PROPAGAÇÃO

Dentre as técnicas de propagação desse vegetal, a estaquia tem se destacado, pelo método *in vitro*. Esse tipo de propagação, é também denominada de micropropagação, é uma das técnicas empregadas na cultura de tecidos vegetais. De início, pequenos fragmentos de tecido vivo, chamados explantes, são isolados de uma planta, desinfetados e cultivados assepticamente por períodos indefinidos em um meio de cultura apropriado.

O objetivo é obter uma nova planta idêntica à original, ou seja, realizar uma clonagem vegetal. Para que variedades sejam micropropagadas eficientemente faz-se necessário, primeiramente, o estabelecimento de protocolos de desinfestação dos explantes, a elaboração de meios nutritivos específicos e demais condições ideais de cultivo *in vitro* (CRUZ, 2017; FOSCHINI, 2017; MEIRELES et al., 2018).

Quanto ao hormônio rizogênico para enraizamento de estacas dessa espécie, os usos são diversos como, por exemplo, ácido indolbutírico ( $C_{12}H_{13}NO_2$ ), extratos de folhas e tubérculos do vegetal cujo nome popular é tiririca (*Cyperus rotundus* L.). Outro ácido, o naftalenoacético ( $C_{12}H_{10}O_2$ ), também é estimulante em raízes com gênese no caule e é utilizado em estaquias de *Bougainvillea* (COSTA et al., 2015; FANTI, 2008; SARZI, PIVETTA, 2005; MOURA; SALLA; LIMA, 2015).

### 3.2 SUBSTRATOS

A percentagem de desenvolvimento das estacas de bungavília e, em geral, pequena e pode estar associado ao substrato usado. Outras deficiências no substrato, como baixos teores de ferro (Fe), clorose, interfere no crescimento da planta, especialmente quando a fonte não oferta nitrogênio (N). Outros tipos de substratos são: caule decomposto de babaçu (*Orbignya speciosa*), areia (vermelha ou grossa) associada outros substratos (Ex.: palha de carnaúba - *Copernicia cerifera* Mart.) intemperizada ou vermicompostos, apresentam bons resultados no pegamento das estacas, ou areia, solo com humos de minhoca, os resultados para o pegamento apresentam bom desenvolvimento da estaquia (BROSCHAT, 1995; MEIRELES et al, 2018; SILVA et al., 2005)

### 3.2 USOS AMBIENTAIS

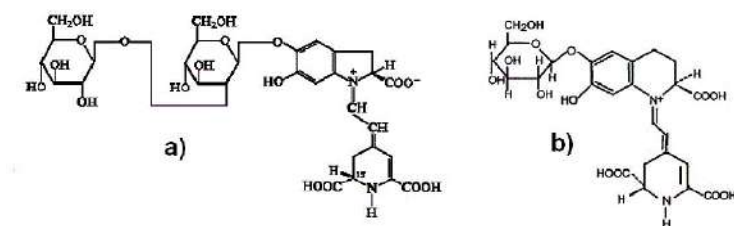
O gênero *Bougainvillea* tem grande utilização na arborização urbana, seja em canteiro, praças ou residências, tanto em áreas tropicais como subtropicais, devido à natureza de sua resistência, bem como a exigência mínima de água e cuidados necessários à manutenção (JAIN et al., 2014; MENEZES et al., 2015; PIRES et al., 2010). Devido a espessura caular, a espécie *Bougainvillea spectabilis* ou primavera, tem sido utilizada como quebra-ventos, especialmente em processos de citricultura (FEICHTENBERGER; SPÓSITO, 2004).

Ambientalmente, a *B. spectabilis* (rainha púrpura) é recomendado para uso em sebes, jardim plantio de contêineres e cestas suspensas, possui textura média, mistura-se facilmente em jardins, mas sempre pode ser equilibrada com o uso de plantas mais finas ou mais grosseiras para uma composição eficaz, requer manutenção ocasional e pode ser removida a qualquer momento. É uma boa escolha para atrair borboletas para o quintal, pois não tem características negativas significativas (CARVALINHO et al., 2017).

Quanto as ações fotoquímicas, os extratos foliares podem, quando usados isoladamente ou combinados com outros tipos (Ex.: *Mirabilis jalapa* L.), ser utilizados como inibidores de fitopatógenos de solo do gênero *Pythium* e *Rhizoctonia solani* que causam perdas de até 100% do cultivo de alface (*Lactuca sativa*), e esse extrato tem se mostrado eficaz também na cultura de tomates orgânicos (AZEVEDO FILHO et al., 2011; BAPTISTA et al., 2007).

Na função de inseticida natural, esse gênero é seguro tanto para operadores como quando meio ambiente, além de tornarem-se, no futuro, uma nova perspectiva para o desenvolvimento agrário e a conservação ambiental (DIETRICH et al., 2011). Outra utilidade ambiental, é quanto à sensibilidade dos pigmentos fotossintéticos (Figura 03) para geração de energia por células solares sensíveis a cores, embora os estudos ainda estejam nos estágios iniciais (HERNANDEZ-MARTINEZ et al., 2011).

Figura 03 – Estrutura química da *Bougainvillea*: a) betanidina; b) betaina.



Fonte: Hernandez-Martinez et al. (2011).

Vários são os usos do extrato de *Bougainvillea*, com destaque para a redução do diabetes e, em camundongos, doses superiores a 32 mg/kg, são letais. O extrato de *Bougainvillea spp.* (Nyctaginaceae) podem ser aplicados em espécies de lepidópteros-praga, incluindo *H. armigera*, porque contém metabólitos secundários como terpenos, flavonoides, alcaloides e taninos (BATES; JONES; BAILEY, 2000; CARVALINHO et al., 2017).

Quanto ao uso humano, pode ser empregado como fitoterápico, pois, a espécie *B. spectabilis*, é utilizada tradicionalmente como antibacteriano, antidiarreico, como redutora da acidez estomacal; em infusão, diminui a tosse e alivia as infecções pulmonares. No processo de biorremediação, ela pode absorver e adsorver metais pesados, no solo ou no ar, em áreas residenciais ou industriais, em especial quando houver metais pesados como o Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Chumbo (Pb), o primeiro, por ser imóvel, é adsorvido pela rizosfera dessa planta, e o zinco tende a concentrar-se nas folhas (DELA CRUZ et al., 2013; HILGERT; HIGUERA; KRISTENSEN, 2010; JUSON; MARTINEZ; CHING, 2016).

Elas podem ser utilizadas como protetoras para Lages cimentícias (Figura 4a), em praças públicas (Figura 4b) e em vias (fluxo veicular em um só sentido, sem semáforos) ou arteriais (fluxo veicular no mesmo sentido ou sentidos opostos, separados por semáforos) dos subsistemas urbanos (Figura 4c), e em rodovias, a *B. spectabilis* mostra-se sensível as variações atmosféricas provocadas pelo intenso fluxo veicular, onde, a nível foliar, apresenta tendência a diminuição da clorofila total, ácido ascórbico e pH do extrato foliar, com isso, o Índice de Tolerância da Poluição do Ar (Sigla em inglês: APTI), decresce (DEEPALAKSHIM et al., 2013).

Figura 04 – Presença de *B. spectabilis* em: A) Proteção de Lages de concreto; B) em logradouros públicos. C) via do subsistem urbano na Índia.



Fontes: Kobayashi, McCommel e Griffis, 2007; Paz-Alberto, 2016.

#### 4. METODOLOGIA

O método utilizado foi o dedutivo (MATIAS-PEREIRA, 2016) porque partiu-se de duas premissas verdadeiras: (1) o Gênero *Bougainvillea* apresenta diversidade geografia associada a temperatura local; (2) os usos ambientais ainda são pouco conhecidos. Como, nesse método, a conclusão também é verdadeira, tem-se que é necessário incrementar esses conhecimentos sobre o gênero objeto dessa pesquisa.

Em relação a abrangência, natureza e técnica (SAKAMOTO; SILVEIRA, 2014), a abrangência é qualitativa; natureza observativa e técnica foi a documental, cujo levantamento de dados, situou-se entre 2008 a 2018, com uso de pesquisas pioneiras delineadas com os objetivos dessa pesquisa. Esse recorte temporal justifica-se pela dificuldade de encontrar estudos mais recentes no Brasil.

O levantamento de dados envolveu consultas a *links* eletrônico abertos ao público: Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO); *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, Flora do Brasil e Instituto Brasileira de Geografia e Estatística – Biblioteca Digital).

Para a discussão dessa pesquisa, o roteiro será: biogeografia, meios de propagação e usos urbanos. Isso para facilitar a estrutura do artigo, o que melhora a leitura e a compreensão acerca do assunto explorado.

#### 5. DISCUSSÕES

Foram pré-selecionadas 81 literaturas, sendo que 63 literaturas serviram de referência para o trabalho, e 18 não estavam relacionadas diretamente com a biogeografia, a propagação e o uso ambiental da *Bougainvillea spectabilis* (Tabela 01). Ressalta-se que a distribuição das literaturas estão classificadas entre artigos, dissertações e livros.

Tabela 01 – Literatura selecionadas e os tipos de publicações utilizadas nesta pesquisa.

| NACIONAIS |        |              |        |        |        | INTERNACIONAIS |        |        |        |
|-----------|--------|--------------|--------|--------|--------|----------------|--------|--------|--------|
| Artigos   |        | Dissertações |        | Livros |        | Artigos        |        | Livros |        |
| Fi        | Fr (%) | Fi           | Fr (%) | Fi     | Fr (%) | Fi             | Fr (%) | Fi     | Fr (%) |
| 36        | 57,0   | 2            | 3,2    | 3      | 4,8    | 20             | 31,7   | 2      | 3,3    |

Fonte: autores (2018)



Em relação a biogeografia do Gênero *Bougainvillea*, no Brasil, os dados obtidos e analisados indicaram que, na região Norte, há pouca pesquisa (1 = 1,63 %). Embora seja uma região de clima tropical, onde esse gênero tem boa disseminação, no estado do Acre (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2008). Lá, o clima é equatorial úmido, com temperatura média anual entre 22° C a 26° C. Como se trata de parte da Floresta Amazônica, onde há exuberância e diversidade de flora, mostra que há necessidade de incentivar a pesquisa sobre esse gênero.

Como a temperatura ideal para esse gênero situa-se entre 16° C a 38° C, os estudos ainda são escassos nesse estado. Nesse caso, o estudo realizado em Porto Velho – AC (NECHET; HALFELD-VIEIRA, 2008), foi a verificação do ataque de fungos específicos na área foliar da *Bougainvillea*, com base na taxa pluviométrica ocorrente naquele estado (2000 a 2500 mm/ano).

Em relação a região Nordeste, os dados obtidos sobre a *B. spectabilis* também indicaram baixo número de pesquisas (1 = 1,58 %), além de outras espécies da Família Nyctaginaceae não é o fator temperatura que impede as pesquisas porque nela, ocorrem três tipos de climas: tropical, equatorial úmido e semiárido, com temperatura anual entre 20° C a 28° C, mas pode oscilar abaixo de 20° C em regiões da Chapada Diamantina e Planalto da Borborema, e as taxas de precipitação anual, média, oscila entre 200 a 2300 mm (LOPES et al., 2005),

Outro dado analisado quanto a biogeografia da *Bougainvillea*, no caso da região nordeste, indicou que, a relação dela com o tipo de solo se deve as variações climáticas e de relevo (1 = 1,58 %), pois, eles apresentam tipos de rochas e conformações do relevo diferentes: Latossolos = 29,5; Neossolos = 24,0 %; Argissolos = 16,7 %; Luvisolos = 8,7 %; Planossolos = 7,3 %; Plintossolos = 6,3 %; Cambissolos = 3,4 %; outros = 3,2 %; Águas e Dunas = 0,09 % (MARQUES et al., 2014).

Na região Sudeste, constituída por três estados: Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo, os dados obtidos indicaram que apenas no Rio de Janeiro (1 = 1,58 %), já tem conhecimento sobre o Gênero *Bougainvillea* e da espécie *B. spectabilis*. Isso ocorreu devido ao estudo acerca dos pólenes delas (SOUZA; MENDONÇA; GONÇALVES-ESTEVES, 2010).

Porém, nesse estudo, o número de indivíduos dessa espécie, foi baixa (1). Embora a área da pesquisa tenha sido de restinga, típica do litoral brasileiro. Nesse local a temperatura é mais elevada devido a intensidade da radiação solar, o que favorece a proliferação da espécie. Outro fator pode ser o tipo de solo, com fisionomias



secas e úmidas, onde nas secas formam-se terrenos arenosos que permitem a composição arbustiva com até cinco metros de altura. Logo, é importante que as pesquisas sobre essa espécie sejam aprofundadas para que se tenha entendimentos sobre a relação da *B. spectabilis* com o solo e o ar em área de restinga.

Já em Viçosa - MG, o gênero *Bougainvillea* está presente, mas a espécie estudada foi a da espécie *Bougainvillea glabra* Choise (1 – 1,58 %), lá, denominada de primavera, cujos pólenes contribuem para a produção de mel (*Appis melífera* L.) a partir do atrativo colorido das brácteas (MODRO et al., 2011). Mas, não há estudos sobre *B. spectabilis*.

Em relação ao clima, essa região tem a predominância do clima tropical no litoral, com temperatura alta e duas estações bem definidas (verão chuvoso e inverso seco). Lá, devido a variação de temperatura entre 20° C a 25° C, há possibilidade de ocorrência e mais estudos sobre a *Bougainvillea* nessa região.

Na última região analisada, a Sul, já houve estudo (BIACHINI et al., 2010) sobre a espécie objeto dessa pesquisa, onde espécies com dosséis tolerantes a sombra, dentre elas a *Bougainvillea*, com nichos e locais específicos de ocorrência o que é um importante fator para a comunidade arbustiva (1 = 1,58 %). Mas, no recorte temporal analisado, não foram encontrados mais estudos e pesquisas realizadas com a *Bougainvillea*, por isso, outro fator pode ser a existência de quatro estações definidas, bem como o relevo. Isso interfere na luminosidade porque as brácteas são liberadas quando há luminosidade suficiente.

Quanto aos meios de propagação, os dados indicaram que há dois métodos mais utilizados: estaquia (COSTA et al., 2015; CRUZ, 2017) e *in vitro* (FOSCHINI, 2017). Para estimulação da raiz, a análise dos dados indicou a utilização de hormônios rizogênicos sintéticos: ácido indolbutírico (COSTA et al., 2015; KOBAYASHI; McCONNELL; GRIFFIS, 2007), ácido naftalenoacético (MOURA; SALLA; LIMA, 2015), naturais como o tiririca (*Cyperus rotundus* L.) e a auxina e os carboidratos.

Para o meio de propagação o substrato também difere, pois, nos dados obtidos eles variaram: composto do caule de babaçu (1= 1,58 %) (CRUZ, 2017), se o substrato contiver areia vermelha, areia grossa, um composto com partes iguais desses dois tipos de areia, onde se podem acrescentar palha de carnaúba intemperizada ou vermicomposto que associado a areia grossa (1 = 1,58 %), o enraizamento apresenta maior porcentagem quando comparado aos demais (BROSCHAT, 1998; SILVA et al., 2005).

Porém, não somente o hormônio rizogênico é o fator limitante para o crescimento da raiz porque fatores como a variabilidade genética, as condições fisiológicas e a idade da planta matriz, o tipo de estaca, à época do ano em que são coletadas, as condições ambientais a que são submetidas após a estaquia (MONTEGUTI et al., 2008).

Para o **uso ambiental**, os dados obtidos indicaram que, o conhecimento acerca da *Bougainvillea* está mais amplo. Arborização urbana é o uso mais frequente (5 = 7,93 %), como quebra-ventos (1 = 1,58 %); aplicação em sebes, jardins (1 = 1,58 %); inibidores fitopatogênicos (2 = 3,17 %); inseticidas naturais (1,58 %); geração de energia solar (1 = 1,58 %).

Quanto ao processo de arborização urbana, independentemente do uso, ou seja, como sebe, cerca viva, logradouros públicos, a *B. spectabilis*, pode contribuir para a melhoria da qualidade do ar (DEEPALAKSHIM et al., 2013). Além disso, ela requer pouca manutenção (JAIN et al., 2014; KOBAYASHI; McCONNELL; GRIFFIS, 2007; MENEZES et al., 2015; PIRES et al., 2010).

Na agricultura, ela é útil como quebra-ventos e, com isso, há uma diminuição da perda no processo produtivo (FEICHTENBERGER; SPÓSITO, 2004). Além disso, as brácteas coloridas e a oferta de pólen, tornam essa espécie muito importante para a manutenção da diversidade biológica (CARVALINHO et al., 2017), além de contribuir na produção de produtos florestais não madeireiros como, por exemplo, o mel (MODRO et al., 2011).

Quanto a essa contribuição de *B. spectabilis*, ela pode ser um fator de equilíbrio e recuperação, dentre tantos outros, da biodiversidade das abelhas devido ao *Colony Collapse Disorder* (CDC), em português, Síndrome do Desaparecimento das abelhas, o que, em países essencialmente agrícolas, como o Brasil, causará prejuízos econômicos graves, associado a grave extinção de uma espécie essencialmente polinizadora.

No aspecto da produção agrícola, os dados indicaram que o extrato vegetal da *Bougainvillea*, quando utilizados isolados ou com outros compostos químicos são eficazes no combate a fitopatógenos (AZEVEDO FILHO et al., 2011; BAPTISTA et al., 2007), como inseticida (DIETRICH et al., 2011). Como o uso de praguicidas e inseticidas químicos são extremamente contaminantes, os solos, os rios e ar atmosférico receberão menor concentração de metais pesados e outros elementos químicos componentes dos defensivos agrícolas.

Em relação à economia, quando o produto aplicado é de natureza orgânica, o custo-benefício deve ser levado em conta porque os consumidores terão um produto de qualidade e ambientalmente correto.

Outra aplicação ambiental, está relacionada com a aplicação dos extratos em produção de placas fotovoltaicas (HERNANDEZ-MARTINEZ et al., 2011). Mesmo que os estudos acerca dessa aplicação ainda estejam em fase preliminar, elas devem ser aprofundadas porque os dados preliminares indicaram que o extrato das betacianinas tornam sensíveis o óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) e de índio (ITO), mostrou uma eficiência energética equivaleu a 0,48 % com densidade de corrente igual a 2.29 mA/cm<sup>2</sup>.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAL

A correlação da biogeografia do gênero *Bougainvillea* está mais efetiva na região sudeste, norte, nordeste e sul, porém, não houve estudos na região centro-oeste. Os meios de propagação desse gênero estão associados ao incremento das pesquisas sobre a disseminação, seja qual for o método, bem como incentivar as aplicações ambientais que ora estão em andamento, além disso, o favorecimento ao processo produtivo agrícola como quebra-vento, inibidores de fitopatógenos, inseticida natural ou energia fotovoltaica, promoverá uma relação de equilíbrio homem-natureza, melhoramento na qualidade dos produtos finais e diminuição no preço final deles, além da essencial contribuição para a manutenção de espécies polinizadoras responsáveis pela disseminação de espécies vegetais no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO FILHO, J. A et al. Efeito da aplicação de maravilha (*Mirabilis jalapa* L.), primavera (*Bougainvillea spectabilis* L.) e isolados de *Trichoderma* na produção de alface. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 13, p. 612 – 618, 2011.
- BATES, S. H., JONES, R. B.; BAILEY C. J. Insulin-like effect of pinitol. **British Journal of Pharmacology**, v. 130, n.8, p. 1944-1998, 2000
- BATTISTA, M. J. et al. Eficiência da solarização e bioformigação do solo no controle da murcha-bacteriana do tomateiro no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 933 – 930, 2007.
- BIACHINI, E. B.; GARCIA, C. C.; PIMENTA, J. A.; TOREZAN, J. M. D. Slope variation and population structure of tree species from different ecological groups in South Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 3, p. 643 – 652, 2010.
- BROSCHAT, T. K. Nitrogen source affects growth and quality of *Bougainvillea*. **Hortechology**, v. 8, n. 3, 346 – 348, 1998.
- BUENO, E. **Brasil: uma história de cinco séculos de um país em construção**. Rio de Janeiro: Leya, 2012. 480 p.
- CARVALINHO, D. T.; et al. Toxidade de extratos de *Anadenanthera macrocarpa* (Fabaceae: Mimosoideae) e *Bougainvillea buttiana* (Nyctaginaceae) para lepidópteros-praga. **Biotemas**, v. 30, n. 2, p. 15 – 24. 2017.
- COSTA, E. M.; LOSS, A.; PEREIRA, H. P. N.; ALMEIDA, J. F. Enraizamento de estacas de *Bougainvillea spectabilis* Willd. Com o uso de ácido indolbutírico. **Acta. Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 221 – 226, 2015. Disponível em: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/42970/52978](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/42970/52978)> DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.42970>.
- CRUZ, A. C. **Caule e composto de babaçu como substrato alternativo na propagação por estaquia da *Bougainvillea spectabilis* Willd sob doses de ácido indolbutírico**. 2017. 32 f. Monografia (Bacharel em Agronomia). Universidade Federal do Maranhão. 2017. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/1403/1/AgnesCruz.pdf>. > Acesso em: 15 set. 2018.
- DANSERAU, P. Introdução à Biogeografia. **Revista Brasileira de Geografia**, v.11, n. 1, pp. 1-85, jan. / mar.1949.
- DEEPALAKSHMI, A. P.; RAMAKRISHNAIAH, H.; RAMACHANDRA, Y. L.; RADHIKA, R, N. Roadside Plants as Bio-indicators of Urban Air Pollution. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 3, n. 3, p. 10 – 14, mar. / apr. 2013.
- DELA CRUZ, K. A. M.; BURGOS, S. D. G.; GLORIA, A. A. J.; VENTURA, K. M. D.; SOLIDUM, J. Comparison of lead absorption ability on *Bougainvillea* (*Bougainvillea spectabilis* L.) leave in two cities in Metro Manila, Philippines. **Internationa Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatcs**, v. 3, n. 3, may. P. 192 – 195, may. 2013.
- DIETRICH, F et al. Utilização de inseticidas botânicos na agricultura orgânica de Arroio do Meio/RS. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 17, n. 2-4, p. 251 – 255, 2011.

ELHAI, H. **Biogeographie**. Paris: Masson 1965

FANTI, F. P. **Aplicação de extratos de folhas e tubérculos de *Cyperus rotundus* L. (CYPERACEAE) e de auxinas sintéticas na estaquia caular de *Duranta repens* L. (VERBENACEAE)**. 2008. 69 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal do Paraná. 2008

FEICHTENBERGER, E.; SPÓSITO, M. B. Doenças fúngicas dos citros: manejo integrado. **Sustentabilidade**, p. 44 – 47, 2004.

FLORA DO BRASIL. ***Bougainvillea spectabilis* Will.** Disponível em: <[http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=1&idsFilhosAlgas=%5B2%5D&idsFilhosFungos=%5B1%2C11%2C10%5D&lingua=&grupo=5&genero=Bougainvillea&especie=spectabilis&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP\\_VAR&opcoesBusca=TODO\\_OS\\_NO MES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica](http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=1&idsFilhosAlgas=%5B2%5D&idsFilhosFungos=%5B1%2C11%2C10%5D&lingua=&grupo=5&genero=Bougainvillea&especie=spectabilis&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODO&origem=TODO&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceanica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODO&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcoesBusca=TODO_OS_NO MES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica)>. Acesso em: 21 set. 2018.

FOSQCHINI, J. C. **Formação de um banco ativo de germoplasma, seleção de acessos e propagação vegetativa de *Bougainvillea***. 2017. Dissertação. 89 p. (Mestrado em Produção vegetal e bioprocessos associados. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Agrárias. Araras –SP, 2017.

HERNANDEZ-MARTINEZ, A. R. et al. New dye-sensitized solar cells obtained from extracted bracts of *Bougainvillea glabra* e *spectabilis* Betalain Pigments by different purification processes. **International Journal Molecular Science**, n. 12, p. 5565 – 5576, 2011.

HILGERT N.; HIGUERA M.; KRISTENSEN M. La medicina herbolaria en el contexto urbano. Estudio de caso en un barrio de la ciudad de Tandil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y aromáticas**, v.9, n.3, p.177-190. 2010

HILL, L. **Segredos da propagação de plantas**. São Paulo: Nobel, 1996.

JAIN, R.; JANAKIRAM, T.; SWAROOP, K.; KUMAWAT, G.L. Inducing dwarfing in *Bougainvillea* for urban and peri-urban landscaping. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURE & HORTICULTURE**. 3. 2014. Hyderabad International Convention Center. India.

JUSON, A. E. D. S.; MARTINEZ, M. K. M.; CHING, J. A. Accumulation and distribution of heavy metal in *Leucaena leucocephala* Lam. and *Bougainvillea spectabilis* Will. PLANTS SYSTEMS. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, v.4, n. p. 1 – 6. 2016.

KOBAIASHY, K. D.; McCONNELL, J.; GRIFFS, J. Bougainvillea. **Ornamental and Flowers**, oct. 2007. Disponível em: <<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/2959>>. Acesso em; 06 out.2018.

LEMÉE, G. **Précis de Biogéographie**. Paris: Masson, 1967. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=248372>>. Acesso em: 07 out.2018.

LOPES, V.; CASTRO, A. C. R.; SILVA, S. S. L.; MONTARROYOS, A. V. V. Plantas utilizadas no paisagismo no litoral do Nordeste. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 19, n. 1, p. 25 – 32, 2013

MACHADO, C.; SILVA, M.C.; PEREIRA, A. I. A ausência de arborização urbana no bairro de São João em Araguaína – TO. **Revista Tocantinense de Geografia**, n. 8, p. 140 – 159. 2016. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/geografia/article/download/.../8861/>. Acesso em: 15 set.2018.

MARCHIORETTO, M. S.; LIPPERT, A. P. U.; SILVA, V. L. A família Nyctaginaceae Juss. no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Botânica**, n. 62, p. 129 – 162, 2011.

MARQUES, F. A et al. Solos do Nordeste. Embrapa Solos, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>. Acesso em: 07 out.2018.

MARTONNE. E. **Biogeografia. Panorama da Geografia**, v. 2 Lisboa: Cosmos, 1954.  
MATIAS PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2016.  
MEIRELES, R. O. et al. Propagação de *Bougainvillea spectabilis* Willd, espécie autóctone com potencial ornamental. **Golden Research Thoughts**, v. 7, n. 8. p. 1. – 11. 2018.

MENEZES, H. E. et al. Espécies arbustivas selecionadas para o paisagismo no semiárido paraibano. **Ambiência**, v. 11, n. 1, p. 175 – 195, 2015.

MODRO, A. F. H.; MESSAGE, D.; LUZ, C. F. P.; MEIRA NETO, J. A. A. Flora de importância polinífera para *Appis melífera* (L.) na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n.5, p. 1145 – 1153, 2011.

MONTEGUTTI, D et al. Enraizamento de estacas lenhosas de porta–enxertos de videira com uso de fertilizante orgânico. **Scientia agraria**, v. n. 1, p. 99 – 103. 2008.

MOURA, A.P. C.; SALLA, V. P.; LIMA, D. M. Enraizamento de estacas de *Bougainvillea* com concentrações de ácido naftalenoacético. **Scientia agrícola**, v. 16, n. 12, p. 57 – 61, 2015.

NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Ocorrência de *Passalora Bougainvillea* (Muntañola) Castañeda & Braun associado à *Bougainvillea spectabilis* Willd. Em Boa Vista, Roraima. **Acta Amazonica**, v.38, n. 3, p. 585 – 588, 2008.

PAGLIARI, S. C.; DORIGON, E. B. Arborização urbana: importância das espécies adequadas. **Unoesc & Ciência**. V. 4, n. 2, p. 139 – 148. 2013.

PIRES, N. A. M. T et al. A arborização urbana do município de Goiandira/GO – caracterização qualiquantitativa e propostas de manejo. **Revsbau**, v. 5, n. 3, 185 – 205, 2010.

PAZ-ALBERTO, A. M. **Phytoremediation: a green technology to remove pollutants for soil and water conservation**. 2016. Disponível em: < [http://www.searca.org/phocadownload/lectures/2016\\_2017\\_Annie\\_Melinda\\_Paz\\_Alberto.pdf](http://www.searca.org/phocadownload/lectures/2016_2017_Annie_Melinda_Paz_Alberto.pdf) >. Acesso em: 06 out. 2018.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. F. Arborização urbana. **Boletim Acadêmico. Série Arborização Urbana**. Jaboticabal, 2002. Disponível em:

[http://www.uesb.br/flower/alunos/pdfs/arborizacao\\_urbana%20Khatia.pdf](http://www.uesb.br/flower/alunos/pdfs/arborizacao_urbana%20Khatia.pdf) Acesso em: 15 set. 2018.

SAKAMOTO, C. K.; SILVIERA, I. O. **Como fazer projetos de Iniciação Científica**. São Paulo: Paulus, 2014.

SARZI, I.; PIVETTA, K. F. L. Efeito das estações do ano e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de variedades de miniroseira (*Rosa* spp.). **Científica**, v. 332, n. 1, p. 62 – 68, 2005.

SILVA, K. M. B.; SILVA, P. S. L.; SILVA, E. A. B. ; SILVA, P. I. B. Substrate Effects on the Rooting Response of Bougainvillea Stem Cuttings. **Revista Brasileira de Horticultura**, v. 1, n. 1, p. 74 – 78, 2005.

SILVA, R. F. L.; RODRIGUES, J. S.; LUCENA, M. F. A. Avaliação das espécies vegetais utilizadas na arborização em canteiros e praças de Tuparetama, Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 1, p. 132 – 141. 2017.

SILVA, W. D.; FARIA, F. R. G.; SALCEDO, R. F. B.; CONSTANTINO, N. R. T. Arborização urbana em áreas comerciais. 2014. Disponível em: <[https://www.usp.br/nutau/anais\\_nutau2014/trabalhos/Nova%20pasta/silva\\_wiltonds.pdf](https://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/Nova%20pasta/silva_wiltonds.pdf)>. Acesso em: 07 out.2018.

SOUZA, M. A.; MENDONÇA, C. B. F.; GONÇALVES-ESTEVES, V. Palinologia de espécies de Nyctaginaceae Juss., ocorrentes nas restingas do estado do Rio de Janeiro. **Acta Botânica Brasiliensis**, v. 24, n. 1, p. 104 – 110, 2010.

TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro: Technical Books, 2012

TRIPATHI, S.; SINGH, S.; ROY, R. K. Pollen morphology of *Bougainvillea* (Nyctaginaceae): a popular ornamental plant of tropical and sub-tropical gardens of the world. **Review on Paleobotany and Palynology**, n. 239, p. 31 -46, 2017.

# CAPÍTULO 22

## URBANISMO SUSTENTÁVEL PARA A ÁREA CENTRAL DE NITERÓI/RJ.

### **Elaine Garrido Vazquez**

Doutor em Engenharia de Civil pela COPPE/UFRJ

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica

Endereço: Av. Athos da Silveira, 149 CT - Bloco A, 2º andar - Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: elaine@poli.ufrj.br

### **Daniele Bento Ruas**

Mestre em Engenharia de Urbana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica

Endereço: Av. Athos da Silveira, 149 CT - Bloco A, 2º andar - Cidade Universitária, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: danieleruas@poli.ufrj.br

### **Lais Amaral Alves**

Mestre em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ

Instituição: CEFET/UFRJ

Endereço: Campus Maracanã - Av Maracanã, 229, Maracanã, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

E-mail: lais.alves@cefet-rj.br

**RESUMO:** No intuito de demonstrar a aplicação das premissas relacionadas à engenharia urbana foi desenvolvida uma metodologia de análise a partir dos parâmetros de urbanismo sustentável de Douglas Farr. Como estudo de caso, foi escolhida a cidade de Niterói, por meio de revisão crítica do modelo aplicado no Plano Estratégico 2013-2033 e do Plano de Revitalização da Área Central. Espera-se ainda que as revisões bibliográficas e diretrizes apresentadas neste trabalho possam servir tanto de fomento para novas ações de planejamento urbano sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento Urbano, Urbanismo Sustentável e Infraestrutura Verde.

**ABSTRACT:** In order to demonstrate the application of the premises related to urban engineering, an analysis methodology was developed based on the parameters of sustainable urbanism of Douglas Farr. As a case study, the city of Niterói was chosen, through a critical review of the model applied in the Strategic Plan 2013-2033 and the Plan of Revitalization of the Central Area. It is hoped that the bibliographic reviews and guidelines presented in this paper may serve as a basis for new actions for sustainable urban planning.

**KEYWORDS:** Urban Planning, Sustainable Urban Planning and Green Infrastructure.



**RESUMEN:** Con el fin de demostrar la aplicación de las premisas relacionadas a la ingeniería urbana se desarrolló una metodología de análisis a partir de los parámetros de urbanismo sostenible de Douglas Farr. Como estudio de caso, fue elegida la ciudad de Niterói, por medio de una revisión crítica del modelo aplicado en el Plan Estratégico 2013-2033 y del Plan de Revitalización del Área Central. Se espera que las revisiones bibliográficas y directrices presentadas en este trabajo puedan servir tanto de fomento para nuevas acciones de planificación urbana sostenible.

**PALABRAS-CLAVE:** Planificación Urbana, Urbanismo Sostenible e Infraestructura Verde.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização, que num sentido mais amplo significa a conversão de terras em ambientes urbanos, é um processo ou um fato irreversível. No início do século XX apenas dez por cento da humanidade residia em áreas urbanas. Verifica-se hoje que metade vive em cidades.

As consequências ambientais, ou os impactos negativos sobre o meio ambiente mais evidentes deste crescimento, incluem: a invasão e destruição dos habitats naturais; a ocupação crescente de solos produtivos; a redução da biodiversidade nativa; a degradação da paisagem; o aumento das superfícies impermeáveis; o aumento e concentrado consumo energético dos recursos naturais que resultam, em igualmente grande produção, resíduos e poluição; e o isolamento dos seres humanos da natureza. Esta evolução, e a emergente consciência ambientalista e ecológica, tornam a ecologia urbana um tema fundamental e a questão da ecologia o desafio para as cidades do século XXI (Gomes, 2009, p.40).

As cidades não são um espaço estritamente físico, mas a soma deste com o espaço social e ecológico, e nós seres humanos fazemos parte integrante da natureza e esta deve relacionar-se com a cidade de forma simbiótica. O urbanismo sustentável chama atenção para a oportunidade enorme de redesenhar o ambiente construído de uma maneira que sustente uma maior qualidade de vida e promova o estudo de vida saudável (...) (Farr, 2013, p.13).

Nos Estados Unidos o urbanismo sustentável deriva de três movimentos de reforma do final do século XX que passaram a ressaltar a integração dos sistemas humanos e naturais, o movimento do 'crescimento urbano inteligente', 'o novo

urbanismo' e 'construções sustentáveis (USGBC – United State Green Building Council)', que adota padrões construtivos do Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Apesar de interesses em comum na reforma econômica, social e ambiental, diferem em sua história, abordagem e foco. Farr (2013, p.14) tenta unir esses três movimentos importantes e entrelaçá-los em uma filosofia de desenho urbano que permita e crie ambientes humanos realmente.

Farr (2013) descreve parâmetros emergentes para o urbanismo sustentável que são mobilidade, caminhabilidade, uso do solo misto, compacto e denso, biofilia e edificações e infraestrutura de alto desempenho energético e de recursos naturais, além de considerar o projeto integrado. Este tema também é complementado sobre o que Ahern (1995) expõe sobre elementos de gestão do paisagismo ecológico sustentável.

Esse artigo reafirma a importância do planejamento e projetos urbanos atrelados a infraestrutura de forma sustentável. Essas infraestruturas comumente têm sido chamadas de infraestrutura verde e são novas abordagens à conservação da biodiversidade ao reforçar a coerência e resiliência dos ecossistemas, contribuindo simultaneamente para a adaptação às alterações climáticas e reduzindo a vulnerabilidade da ocorrência de catástrofes naturais.

O objeto de estudo se concentrou na análise da Área Central da Cidade de Niterói, a partir da revisão crítica do modelo aplicado no Plano Estratégico 2013-2033 e do Plano de Revitalização da Área Central, na tentativa de integração de seu desenho urbano aos sistemas naturais. Será apresentada uma proposta de requalificação urbano-paisagística integrando áreas públicas com usuário através da infraestrutura verde.

## **2. MÉTODO**

O desenvolvimento da pesquisa teve como base dados de conceituação e fundamentação a partir de referenciais urbanos existentes. Representativamente foi escolhida a cidade de Niterói tendo por base parâmetros já estudados por alguns autores, usando técnicas de infraestrutura verde e ecologia da paisagem. Foram analisados o plano estratégico para Niterói (2013-2033), dados estatísticos e censitários, legislações e mapas urbanísticos, aproximando a investigação quanto a análise dos instrumentos urbanos e ambientais que enfrentam a mobilização do mercado especulativo, análise dos impactos no uso do solo e preservação ambiental

e consolidação dos dados a partir da elaboração dos mapas de estudo da área. Foi assim desenvolvida a metodologia de análise a partir dos parâmetros de urbanismo sustentável de Douglas Farr para sua aplicação como experiência facilitadora da análise para outros núcleos urbanos. Foram analisados alguns parâmetros emergentes para o urbanismo sustentável como vias orientadas a pedestres e rede integrada, completude e biofilia.

### **3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Niterói é uma das mais antigas cidades brasileiras, fundada em 22 de novembro de 1573. Está localizada na Mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro e Microrregião Rio de Janeiro (IBGE, 2008), tendo os municípios de São Gonçalo, Maricá e Rio de Janeiro como limítrofes. Dista da capital carioca em 10,9 km está localizada com referência ao Brasil e ao Estado do Rio de Janeiro. Possui área de 133,916 km<sup>2</sup>, com uma população de 487.470 habitantes segundo o Censo IBGE 2014, sendo a 6ª cidade mais populosa do Estado.

A densidade habitacional é de 3.640,80 hab./km<sup>2</sup>. Tem altitude de 2m e Clima Tropical, pertence ao Bioma da Mata Atlântica e se situa no fuso horário UTC-3. Seus indicadores sociais estão bem colocados no Brasil, tem IDHM de 0,837, segundo o IBGE 2010, sendo o maior Índice de Desenvolvimento Humano do Estado do Rio de Janeiro e o 3º maior do Brasil o que garante o 7º lugar das melhores cidades brasileiras para se viver, segundo a ONU (2015).

O Plano Estratégico, “A Niterói que queremos”, para vinte anos compreendendo 2013 a 2033 orientado pela Prefeitura de Niterói numa parceria governo-sociedade civil se desenvolveu ao longo de 12 meses, com participação de mais de 7000 pessoas. O critério de escolha da área de estudo foi feito a partir da visão geral do Plano Urbanístico 2013-2033 de Niterói. Desta maneira o recorte de estudo ampliado se deu na Região do Centro que é composta por sete bairros sendo cinco recortado e dois completos: Centro (completo), Morro do Estado (completo), Boa Viagem (em parte), São Domingos (em parte), Ponta D’Areia (em parte), Gragoatá (em parte) e São Lourenço (em parte).

Esta área foi novamente delimitada pelo projeto de lei 143/2013 e prevê projeto urbano de revitalização por Operação Urbana Consorciada (OUC), totalizando área de 3,2 km<sup>2</sup>, com intervenções físicas e urbanísticas. A OUC, é uma forma de Parceria Público Privada (PPP), prevista no Estatuto das Cidades desde 2001, que fomenta o

investimento da iniciativa privada concedendo contrapartidas pelo setor público. A seguir são apresentados os resultados da análise de desenvolvimento sustentável para promoção da qualidade de vida e ambiental aplicando-se os principais parâmetros de urbanismo sustentável de Farr (2013) e os fundamentos de infraestrutura verde, sobre o projeto apresentado.

Em relação a análise do parâmetro de vias orientadas a pedestres e rede integrada os projetos devem permitir o deslocamento seguro e confortável tanto para pedestres, ciclistas e motoristas. Farr (2013) dita alguns parâmetros para esta estratégia de rede integrada como perímetro máximo padrão de uma quadra de 450 metros, com um lado de quadra ininterrupto de no máximo 140 metros e ruas em intervalos de no máximo 180 metros entre cruzamentos. Estes parâmetros são atendidos no perímetro com exceção de algumas poucas quadras de topografia acidentada ou que ultrapassam em poucos metros os valores elencados. Já quanto ao desenho urbano privilegiar o percurso a pé e então incluir provisões para automóveis, caminhões e veículos de emergência mantendo a ‘velocidade de projeto’ inferior a 40 km por hora, nesta orientação para o pedestre, não fica claro no projeto esta diretriz.

Em relação a análise do parâmetro de vias orientadas a pedestres e rede integrada observa-se que em alguns trechos do desenho urbano que dito orientado para a mobilidade e priorizando pedestre, privilegia também o transporte motorizado. A tendência mundial é de esvaziar o transporte motorizado por automóveis nos grandes centros urbanos, a exemplo de Londres: *In London, successive Mayors have launched initiatives both to encourage cycling (e.g. a bicycle sharing system) and to discourage driving (e.g. the introduction of a ‘congestion charge’ for cars entering central London). Nationally, initiatives have included the publication of an Active Travel Bill in Wales and an Active Travel Strategy for the UK (Welsh Government 2012).*

Desta forma entende-se que o projeto, apesar de intensificar o uso do transporte público, fica a dever uma solução melhor focada no pedestre. O plano estabelece que as ruas para pedestres tenham uma faixa de circulação de veículos, de modo que o trecho selecionado para restrição ao uso de pedestres não está contemplado como vias exclusivas. Vias locais contam com uma ou duas faixas de rolagem, determinadas por meio de haver ou não ciclovias ou ciclofaixas no conjunto. Não são determinadas as dimensões de larguras de vias e passeios, fundamentais à mobilidade almejada.

Os alargamentos dos passeios devem ser generosos de tal modo que se entenda no desenho urbano qual meio está em foco, e não um paliativo demonstrando algo belo, porém não totalmente eficiente. Neste caso a retirada dos estacionamentos poderia garantir ciclovia e passeio alargado de maneira generosa ao pedestre e ainda baias para estacionamento transitório, de carga de descarga e/ou embarque e desembarque, já que no centro da cidade é uma constante, e retirando os estacionamentos laterais ocasionaria redução de uma pista com essas paradas que são hoje já são recorrentes.

As ciclovias e ciclofaixas estão demarcadas na Figura 08, com inexistência de ciclovias internas ao plano, considerando o compartilhamento de vias em ciclofaixas opção principal. As ciclovias e ciclofaixas não fazem percursos fechados prejudicando a continuidade e entendimento dos mesmos. Existem também pontos de bicicletários e de bicicletas compartilhadas por aluguel, uma característica mundial contemporânea, facilitando o acesso ao transporte ciclovitário. A guarda da bicicleta também objeto de interesse, devendo então o projeto detalhar o mobiliário que deve ser coberto, evitando danos de intempéries.

Figura 08 – Ciclovias e ciclofaixas.



Fonte: EIV (2013)

Em relação ao parâmetro da completude, Farr (2013, p.32) elabora o funcionamento de um bairro completo, que para tal deve satisfazer as necessidades de curto prazo, diárias e a longo prazo, ao longo da vida, possibilitando opções de vida saudável. Reforça a ideia de bairro misto, com grande variedade de: usos do solo, tipos de edificação e tipos de moradia e comércio. Além do comércio variado e diferentes usos do solo que incluem centro cívico, praça, dentre outros, com um desenho urbano bem elaborado, completo e detalhado em seus pormenores como acessibilidade retoma-se a ideia do caminhar a pé, e não o uso do veículo próprio para o dia a dia.

Portanto, para qualificar um bairro completo devemos atender ao uso misto, com grande variedade de: usos do solo, tipos de edificação e tipos de moradia e comércio. Além disso, a saúde pública é garantida com deslocamentos a pé. Para tal devem-se enumerar os destinos e suas distâncias para este deslocamento. O critério utilizado por Farr (2013) foi elaborado pela Criterion Planners para áreas dependentes de automóveis com até 200 hectares, o que atende aproximadamente a área da OUC de 320 hectares, embora não atenda as especificidades de bairros menores (16 a 80 ha) elaborados para pedestres.

Então a completude para o bairro completo é resultante da equação de número de destinos acessíveis a pé, multiplicado pelo equilíbrio proporcional da área de todos os destinos acessíveis a pé no raio de um pedestre (400 m), atingindo níveis percentuais de insuficiente até excelente. Para completar esses cálculos com base no percurso a pé são identificadas as atrações que se encontram em uma vizinhança de distâncias entre 400 e 800 m para pedestres.

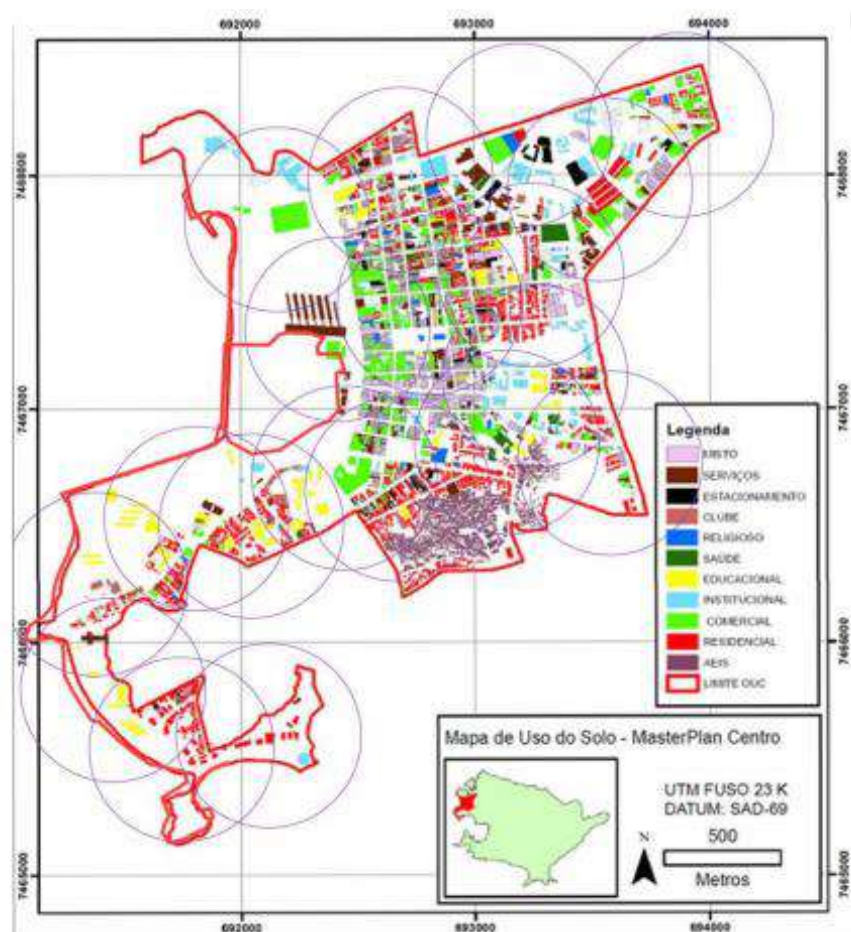
Traçando raios entre elas e suas conexões mapeando aqueles agrupamentos onde os raios não excedem 400 m temos a massa crítica. O uso ponderado é o equilíbrio proporcional dos usos do solo ocupados no raio de um pedestre da massa crítica, por área, expresso em uma escala de zero (baixo) a um (alto). (Farr, 2013, p.127).

Na

Figura 09 são pontuados alguns destinos acessíveis a pé em raios de 400m de modo a criar área de massa crítica (número de destinos que atendem a esta proximidade). São identificados percentual de diferentes usos presentes na OUC de mais de 70 % qualificando a completude como excelente. Contabilizados 18 destinos na massa crítica de área igual a OUC, 3200 m<sup>2</sup>. Com as informações obtidas não é

possível contabilizar o número de usos únicos dos destinos à pé (banco, creche, centro cívico/comunitário, loja de conveniência, cabelereiro, clube ou equipamento coberto de recreação comunitária, lavanderia, biblioteca, habitações com espaços de trabalho, consultórios médicos e odontológicos, parque, farmácia, local para culto, delegacia e posto de bombeiro, agência de correio, restaurante, escola, lar para idosos, sistemas de automóveis compartilhados, supermercado, terceiro lugar, loja na estação de transporte de massa) e os cálculos finais de completude ficam comprometidos, entendendo pela quantificação estimada que também se encontre com padrões de excelência nos níveis de completude.

Figura 09 – Massa crítica (pontuados somente alguns destinos acessíveis a pé em raios de 400m ed modo a criar área de massa crítica).



Fonte: Adaptado de EIV (2013)

Para Farr (2013) o parâmetro da biofilia considera o amor dos homens pela natureza com base na interdependência intrínseca entre os seres humanos e na

natureza. Tem sido usado para demonstrar o quanto a natureza, a cidade e o ser humano são dependentes um do outro para o desenvolvimento de um todo saudável. Foi um termo difundido no livro de Edward Osborne Wilson, pela *Harvard University Press* em 1984, como uma tendência natural de atentar às coisas vivas.

Seguindo o princípio de rede, interconexão e pluralidade contidos na visão holística da engenharia urbana e aplicados à cidade, entende-se biofilia como a combinação de aspectos físicos, psicológicos, sociais, artísticos sociais, dentre outros relacionados à vida e além da natureza.

Nos assentamentos convencionais há a supressão da natureza e a maioria das pessoas vive sem o contato diário com sistemas naturais, não sabem de onde vem a água, a energia, dentre outros e não tem ideia para onde são destinados seus resíduos. Nesta conceituação de alguns elementos como espaços abertos, escuridão pública e a produção de alimentos devem ser contemplados na escala do bairro.

Em relação aos espaços abertos, a área em estudo apresenta áreas de preservação, porém muitas foram descaracterizadas ao longo dos últimos 10 anos para fins de especulação imobiliária, soma-se a isso o fato da cidade de Niterói não contar com grandes espaços de convivência. Os estudos quanto a integração com a natureza limita-se ao plantio árvores e manutenção de canteiros. A criação de praças restringe-se ao número de duas e o restante a requalificação dos projetos das praças existentes, com retirada de gradil, novos pavimentos e mobiliário urbano. A referência de parque urbano na cidade é o Campo de São Bento, localizado em Icaraí. Seguindo a descrição de Farr (2013) se faz uma correspondência com o plano analisado, apresentados em itens no quadro 01.



Quadro 01: Espaços abertos atendimento ou não aos parâmetros de biofilia, segundo Farr (2013).

| Diretrizes para espaços abertos                                                                                                                          | Atende/Não atende (Plano da OUC)                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Os parques com espaços abertos de alta qualidade devem estar a uma distância que possa ser percorrida a pé em até três minutos de cada uma das moradias. | Não acontece desta forma, deixando grande área descoberta de parques ou praças.                                                                                                                                                                                                   |
| A área mínima do parque deve ser de 650m <sup>2</sup> .                                                                                                  | Contempla e possui mais de um grande parque na área analisada, apesar desta não estar inserida no contexto de bairros menores elaborado com foco no pedestre.                                                                                                                     |
| O tamanho médio mínimo de todos os parques de bairro deve ser 2 mil m <sup>2</sup> .                                                                     | Não atende.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Todos os parques devem ser limitados em pelo menos dois de seus lados por vias públicas.                                                                 | Não acontece, pois temos relevos acidentados com parques nas elevações e a orla marítima como maiores parques locais.                                                                                                                                                             |
| Os parques podem ser cercados e fechados à noite, caso seja necessário, por questões de segurança.                                                       | Esta premissa cai em desuso para criação de permanência, uso constante das áreas públicas menores evitando a insegurança local. Deste modo as praças serão livres de seus atuais gradis. Já os parques como descreve o item não são mencionados se manterão ou não esta premissa. |

Em relação a escuridão pública é preciso que o projeto garanta um certo nível de segurança através de atividades, comércio noturno e a iluminação externa. Em muitos casos o exagero e continuidade lumínica com mau direcionamento leva ao desperdício energético e aumento do efeito de brilho celeste, reduzindo a visibilidade das estrelas. Além disso, também tem efeitos nocivos na fauna e flora podendo provocar distúrbios nos ritmos circadianos e estes levando a insônia e outras desordens do sono. A escuridão pública trata do uso de iluminação pública onde é mais eficiente, segundo Farr (2013, p.171) locais como zonas de conflitos potenciais entre veículo e pedestres, fachadas e elementos de orientação das pessoas.

Em relação a análise do projeto é descrito no RIV (2013) que haverá uma nova sinalização viária, iluminação pública e mobiliário urbano (lixeiras, totens e painéis informativos, bancos de praças, bicicletários, dentre outros) complementarão o processo de revitalização da região. Apesar do Sistema de Iluminação Urbana que deverá ser todo remodelado nenhuma proposta sobre escuridão pública é explicitada. Apenas é descrita a implantação de um novo posteamento totalmente substituído com uso de luminárias modernas e econômicas.

A produção de alimentos pode ser dividida em duas escalas locais, individual e de bairro. A individual abarca coberturas verdes, hortas e estufas caseiras e a produção na escala de bairro abarca jardim, pomar, estufa comunitários, agricultura urbana, jardins 'comestíveis', fazendas comunitárias. Como resultado e benefícios podemos enumerar os econômicos - a criação de empregos e mercados

autossustentáveis, ambientais - economia no consumo de energia, água e ar mais limpos e recuperação do solo e comunitário - segurança dos alimentos, melhoria da saúde pública, embelezamento dos bairros e reforço dos vínculos entre as pessoas e a terra. Farr (2013) também enumera os estudos de caso de sucesso norte americanos no tema quanto à produção de alimentos e do acesso a estes.

Os exemplos se referem a produção de alimentos na escala comunitária utilizando-se do pomar urbano, jardim escolar, horta de mercado e agricultura urbana. Em relação a análise do projeto percebe-se que a produção de alimentos não é contemplada. O projeto perde muito em qualidade quando não aborda o assunto. A recuperação e transformação do social está com a PMN (Prefeitura Municipal de Niterói) e esta poderia associar a agricultura urbana como forma de reabilitação de áreas degradadas e inserção social e econômica de parte da população de rua com práticas de trabalho comunitária, além da própria comunidade de baixa renda. Os produtores poderiam estabelecer parcerias com os inúmeros restaurantes existentes e montar cooperativas de trabalho.

#### **4. CONCLUSÕES**

A infraestrutura verde também contribui para a criação de uma economia sustentável ao manter os serviços dos ecossistemas e ao mitigar os efeitos adversos das infraestruturas do transporte e energia, e do desenvolvimento econômico em geral.

Como foi observado Niterói tem contexto atual de crescimento através de projetos urbanos desenvolvidos por políticas públicas com participação popular em consultas públicas até mesmo inovadoras. De modo que modificações de Leis Urbanísticas do território elaboradas ou reafirmadas quando do processo participativo de criação do Plano Urbano Regional (PUR) levam a descrença de parte da população local no projeto e principalmente, no ato de sua implantação, como também numa manutenção de características da cidade e na permanência ou alteração do quadro político de acordo com a relevância de suas obras (construções) públicas.

No Plano de Revitalização da Área Central a sustentabilidade urbana reduz-se ao discurso eloquente do transporte, da pedestrialização da área e do desenvolvimento econômico e social. Estes não são alinhados ao desenvolvimento e equilíbrio com o meio ambiente e não preveem a integração de seu desenho urbano aos sistemas naturais que eleve a qualidade ambiental e mantenha a expressão do

lugar e ambiência urbana. As premissas do urbanismo sustentável como movimento de reforma do desenho urbano voltado às pessoas não são alcançadas em sua totalidade. O tratamento da área não chega à requalificação urbano-paisagística, não conectar áreas livres e verdes, não propõe continuidade espacial e conectividade funcional na paisagem urbana.

O aumento da qualidade de vida neste sentido não é alcançado. A criação de uma cidade que possa ser promovida em troca de financiamento, como um produto, pode criar oportunidades de desenvolvimento econômico, porém as edificações de enormes proporções previstas no projeto consomem energia e recursos naturais, sendo altas fontes emissoras de carbono e geradoras de resíduos, e sua estética globalizada torna a paisagem descaracterizada e homogeneizada. Mesmo com a positividade da proposta de projeto baseado no transporte, na mobilidade, constata-se que a qualidade dos ambientes não é determinada somente pelo desenho urbano. A visão do espaço urbano e deve ultrapassar o físico para o espaço relativo do social integrado aos recursos ecológicos. A visão holística de projeto onde nós seres humanos fazemos parte integrante da natureza e esta deve relacionar-se com a cidade de forma simbiótica reconectando o ser humano habitante da cidade aos ciclos ecológicos do qual faz parte.

A infraestrutura verde deve ser multifuncional e fazer parte do projeto em escala local em todos os sistemas, tanto naturais quanto antrópicos, prevendo medidas que não foram vistas no projeto principalmente no que tange o fechamento dos ciclos de entradas e saídas de energia e matéria prima. O projeto deve integrar os seis sistemas de infraestrutura verde (geológico, hidrológico, biológico, social e circulatório) e mimetizar a paisagem natural. O contato visual e tátil com os processos e fluxos das águas e da biodiversidade usuários os reconecta à natureza e cria o senso de pertencimento e cuidado com o ambiente.

A proposta não promove a conectividade das áreas verdes urbanas, ecológica, social e formalmente. Os fragmentos de vegetação deveriam ser interconectados para manter a funcionalidade do sistema biológico. Lugares vivos e multifuncionais deveriam se tornar uma premissa para o projeto urbano dedicado às pessoas, possibilitando ambientes mais agradáveis e atraentes e reconectando o ser humano a seus ciclos. Consequentemente poderiam gerar melhorias na qualidade de vida e bem estar, de modo que a população residente pudesse absorver, vivenciar e fazer parte da cidade.

## REFERÊNCIAS

AHERN, Jack. Green infrastructure for cities: The spatial dimension. Landscape and urban planning, 1995. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=2jueYwAAAAJ&hl=en>, 2013.

AHERN, J. (2007). Green infrastructure for cities: the spatial dimension. In V. Novotny, & P. Brown (Eds.), Cities of the future towards integrated sustainable water and landscape management. London, UK: IWA Publishing.

BENEDICT, M. A., & MCMAHON, E. T. (2002). Green infrastructure: Smart conservation for the 21st century. Washington, D.C: Sprawl Watch Clearing House. Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). Green infrastructure: Linking landscapes and communities. Washington: Island Press.

FARR, Douglas; tradução SALVATERRA, Alexandre. Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a natureza. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GOODMAN A, BRAND C, OGILVIE D (2012) Associations of health, physical activity and weight status with motorised travel and transport carbon dioxide emissions: a cross-sectional, observational study. Environmental Health 11: 52. 9.

WOODCOCK J, ALDRED R (2008) Cars, corporations, and commodities: consequences for the social determinants of health. Emerg Themes Epidemiol 5: 4.

GOMES, Rogério Paulo A.M.S., Ecobairro, um conceito para o desenho urbano. 2009 Evaluating various criteria for determining diversity of urbanMixed Land Use via GIS (Case Study: neighborhoods and districts of Tehran Municipality No.7) Gh. Javadi; M. Taleai; M. Karim Regional and Urban Studies and Research, 01 January 2013, Vol.4(16), pp.23-46.

HARGROVES, K. AND SMITH, M. (2005), The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century, The Natural Edge Project, Earthscan, London.

Jill, G. Mixed use in theory and practice: Canadian experience with implementing a planning principle. J. Am. Plann. Assoc. 2002, 68, 71–84.

MELL, I. C. (2008). Green Infrastructure: concepts and planning. FORUM, 8, 69e80.

MELL, I. C., HENNEBERRY, J., HEHL-LANGE, S., & KESKIN, B. (2013). Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK. Urban Forestry & Urban Greening, 12 (3), 296e306.

Miller, N.A.; Miller, J. Defining Mixed-Use Development. Available online: [http://designforhealth.net/wp-content/uploads/2012/12/DPmixed\\_use.pdf](http://designforhealth.net/wp-content/uploads/2012/12/DPmixed_use.pdf) (accessed on 12 March 2014).

RABL A, DE NAZELLE A (2012) Benefits of shift from car to active transport. Transport Policy 19: 121–131.

(**Biophilic urbanism**: contributions to holistic urban greening for urban renewal Reeve, Angela Chenoweth ; Desha, Cheryl ; Hargreaves, Doug ; Hargroves, Karlson Smart and Sustainable Built Environment, 21 September 2015, Vol.4(2), pp.215-233.

Biophilic urbanism: contributions to holistic urban greening for urban renewal Angela Chenoweth Reeve, Cheryl Desha and Doug Hargreaves Science and Engineering Faculty, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, and Karlson Hargroves Curtin University Sustainability Policy Institute, Curtin University, Perth, Australia.

SCHAFFLER, A., & SWILLING, M. (2013). Valuing green infrastructure in an urban environment under pressure e the Johannesburg case. *Ecological Economics*, 86, 246e257.

Stormwater Management Guidance Manual, Philadelphia Water Department publishing, City of Philadelphia, pp. 89-200, 2010.

UNITED NATIONS (2014), "World urbanization prospects: the 2014 revision, highlights", Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Welsh Government (2012) White Paper: Consultation on Active Travel (Wales) Bill. Cardiff: Transport Policy and Legislation, Welsh Government.

WONG, N., TAN, A., TAN, P., SIA, A., & WONG, N. (2010). Perception studies of vertical greenery systems in Singapore. *Journal of Urban Planning and Development*, 136(4), 330 e 338.

# CAPÍTULO 23

## TESAURO DO REGISTRO CIVIL DAS PESSOAS NATURAIS.

### **Débora Fabiana Freire Pereira**

Graduanda em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Santa Catarina  
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário da UFSC, Trindade, Florianópolis - SC, Brasil  
E-mail: dfreire.ppgas@gmail.com

### **Edna Vera Lucia de Sousa**

Graduanda em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Santa Catarina  
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina  
Endereço: Servidão Bertolina Felicidade de Souza, 200, Barra da Lagoa,  
Florianópolis/SC, Brasil (CEP 88061-245)  
E-mail: ednaveralucia@gmail.com

### **Heloisa Costa**

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário da UFSC, Trindade, Florianópolis - SC, Brasil  
E-mail: helocosta7@hotmail.com

### **Ana Claudia Perpetuo de Oliveira da Silva**

Doutorado em Ciência da Informação  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário da UFSC, Trindade, Florianópolis - SC, Brasil  
E-mail: anacpo72@gmail.com

**RESUMO:** O presente estudo tem por objetivo elaborar uma versão preliminar de um Tesauro Brasileiro de Registro Civil das Pessoas Naturais e disponibilizá-lo para uso das Serventias, de forma a facilitar o acesso as informações técnicas atribuídas a este Ofício, e ainda contribuir para a aquisição do conhecimento pelo profissional do Registro Civil. Para tanto, foi realizada uma pesquisa aplicada junto ao acervo de registros da Escriwania de Paz da Barra da Lagoa, em Florianópolis, Santa Catarina, à qual um dos Ofícios atribuídos é o registro civil, e nos sítios do Planalto e das Associações dos Registradores de Pessoas Naturais. Utiliza-se como material bibliográfico e objeto de análise deste estudo Leis, o Código Civil Brasileiro, Circulares e Provimentos, emitidas pelo Poder Legislativo, Superior Tribunal Federal, Tribunal de Justiça de Santa Catarina, Conselho Nacional de Justiça, bem como autores referências da Ciência da Informação. Considera-se que o acervo do cartório de Barra da Lagoa, as referidas obras e sítios serviram de base para identificação dos termos e suas definições, que foram classificados em três categorias: processos, elementos e documentos. O tesauro engloba o registro de 78 termos e suas definições, as ligações e as relações provenientes das ligações entre os conceitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tesauro do Registro Civil das Pessoas Naturais. Recuperação da informação. Linguagem documentária. Organização da Informação.

**ABSTRACT:** The present study has as its main point to elaborate a preliminary version of a Brazilian Thesaurus for Civilian Registry of Individuals and make it available for the registries in order to facilitate access to their attributed technical information, and even contribute to the acquisition of knowledge by the Civilian Registry professional. Within this purpose, an applied research was made through the collection of records from the Barra da Lagoa's Peace Writing in Florianópolis, Santa Catarina, whose assigned Office is the civilian registry, and the presidential sites and associations of loggers Individuals. The research uses as its bibliographical material and object of analysis the Brazilian Civil Code, Laws, circulars and Items, issued by the Legislature, Supreme Court, Federal Court of Santa Catarina, National Council of Justice, and authors references of information science. It considers that the registry collection of Barra da Lagoa, its previous works and sites were the basis for identification of terms and their definitions, which were classified into three categories: processes, elements, and documents. The thesaurus includes the record of 78 terms and their definitions as well as the links, and descendant relations between connections and concepts.

**KEYWORDS:** Thesaurus of Civil Registry of Individuals. Information recovery. Documentary language. Organization of Information.

## 1. INTRODUÇÃO

O Registro Civil das Pessoas Naturais (RCPN) tem se destacado na sociedade por ser uma entidade idônea no armazenamento e guarda das informações pessoais concernentes à vida civil do cidadão – desde o nascimento, passando pelo casamento até o óbito.

Os conteúdos pertinentes ao exercício da atividade do registro civil são pinçados das diversas Leis e Normas, emitidas e regulamentados pelo Poder Público. A internet é uma ferramenta extremamente favorável e indispensável ao acesso e recuperação dos conteúdos legais, porém, não é suficiente para o propósito da atividade de registro, uma vez que as informações estão espalhadas na rede, nos inumerados sistemas dos órgãos emissores. Para que a recuperação destes conteúdos contribua para a eficiência na prática dos atos pelos serventuários, contribuindo para a autonomia do profissional, é necessária a concepção de um sistema organizado para consultas, permitindo acesso aos significados e referenciando as Leis, respectivos a este campo específico do conhecimento.

Assim, estudou-se de forma preliminar a elaboração de um Tesauro atribuído ao RCPN. A construção do Tesauro objetiva a estruturação dos conteúdos por meio de um processo que se inicia pela identificação e análise dos termos, com o intuito de representar esses conteúdos de forma padronizada e unívoca, sob regras explícitas

para a sua utilização. A estrutura do Tesauro, compreende a organização, de forma didática, de um conjunto de termos utilizado pelos profissionais das Serventias Extrajudiciais do RCPN, no exercício de sua atividade fim, representando os conceitos e as relações hierárquicas, equivalentes e associativas entre eles.

Seguindo a proposta de classificação de Piedade (1977), os 78 termos identificados foram divididos em três categorias: processos, elementos e documentos. “As categorias, são, portanto, as grandes classes, os grande tipos de fenômenos presentes no conhecimento em geral ou um de suas partes” (PIEADADE, 1977, p. 14). Sendo assim, o Tesauro do RCPN foi elaborado para ser um instrumento de controle de vocabulário de múltiplo acesso e recuperação da informação dos conceitos relacionados aos atos do registro civil, tendo como público alvo, principalmente, os profissionais atuantes no RCPN, bem como outros profissionais interessados nesta área do conhecimento.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O conhecimento está em constante transformação e crescimento. A partir de processos cognitivos, identificamos, relacionamos e classificamos a informação que, uma vez interpretada, se transforma em conhecimento.

### **2.1 AS LINGUAGENS DOCUMENTÁRIAS E TESAUROS**

A prática da linguagem é marcada por uma tendência natural da humanidade na busca por compreender, gerir e ordenar as coisas, criando uma estrutura capaz de explicá-las. As linguagens documentárias surgem como canal de comunicação entre a linguagem natural e o usuário, tornando-se importantes ferramentas de organização e distribuição de informação.

As linguagens documentárias mais conhecidas são o tesauro e os sistemas de classificação bibliográfica. São linguagens artificiais por não resultarem de um processo evolutivo, e por necessitarem de regras explícitas para seu uso. [...] O uso de palavras na indexação/recuperação é inadequado pela ambigüidade que elas carregam. Neste ponto começa a artificialidade da linguagem documentária: a partir de alguns princípios, escolhe-se uma determinada palavra ou expressão para representar um único conceito, ou idéia. Quando isto se dá, tem-se então, não mais uma ‘palavra’ mas um ‘termo’. (GOMES, 1990, p. 15)

As terminologias demonstram a relevância dos sistemas simbólicos, pois buscam facilitar a recuperação da informação nos contextos documentários, os quais



são imprescindíveis para interligar a informação ao seu público. Trata da análise, síntese e representação da informação, com o objetivo de recuperá-la e disseminá-la. Cintra et al. (2002) esclarece que:

[...] com o crescimento do conhecimento científico e tecnológico, houve dificuldades para armazenar e recuperar informações. A solução foi encontrada com uma mudança do enfoque e da conceituação da recuperação da informação. Com efeito, foi abandonada a perspectiva preferencial de recuperação bibliográfica e normalização classificatória e descritiva, buscando-se a construção de linguagens próprias. (CINTRA et al., 2002, p. 33)

Tornando, assim, a recuperação da informação um fator relevante, visto que compreende a legitimação de termos utilizados nas demandas de pesquisa e informação, com o propósito de fornecer aos usuários os documentos que lhes sejam interessantes.

O termo “thesaurus” tem origem no grego e latim e significa tesouro. A expressão se tornou conhecida com a publicação do dicionário “Thesaurus of English word and phrases”, de Peter Mark Roget, em 1852, em Londres (Inglaterra). O dicionário se diferenciava dos demais pelo fato de conter uma organização de acordo com os significados dos termos. Também estabeleceu a relação dos termos entre si através dos seus significados.

Segundo a UNESCO (1973), o Tesouro deve conter a função de agir como uma ferramenta de controle terminológico, com intuito de traduzir a linguagem natural contida nos documentos, dos indexadores ou dos usuários em uma linguagem do sistema. Quanto a sua estrutura, deve ser um vocabulário controlado e dinâmico, relacionando semanticamente os conceitos de uma área específica do saber.

A categorização, respaldada na teoria de classificação facetada de Ranganathan, vem auxiliar na elaboração do tesouro, pois fornece uma base para agrupar conceitos da mesma natureza, permitindo o entendimento sobre os conceitos e a forma como os relacionamentos entre eles estão organizados. Nessa etapa, Campos e Gomes (2006), sinalizam que a classificação em categorias orienta na identificação dos termos. É um exercício que estabelece bases para a seleção dos termos nos documentos de onde ele são listados.

## 2.2 REGISTRO CIVIL DAS PESSOAS NATURAIS DO BRASIL: SUA HISTÓRIA

O RCPN tem como atribuição principal a produção, guarda e manutenção dos registros de nascimento, casamento, óbitos e emissão das certidões dos respectivos

registros. Além disso, possuem atribuições menos difundidas, como a adoção convencional e socioafetiva, reconhecimento de paternidade, casamento religioso com efeito civil, conversão de união estável em casamento e cancelamento de registros; averbações e anotações de emancipação, interdição e tutela, união estável, casamento, divórcio e óbito; alteração de nome e de gênero.

Conforme Santos (2006), no Brasil a atividade foi exercida inicialmente pela Igreja Católica durante o período colonial e início do período imperial, por ser a religião oficial da época. Os assentos de batismos, casamentos e óbitos eram registrados nos livros paroquiais. Com os processos de abolição da escravatura e imigração, a sociedade brasileira passou a professar outras religiões, motivo pelo qual o sistema de registro paroquial deixou de ser satisfatório.

A Lei 1.144, de 11 de setembro de 1861, e o Regulamento 3.069, de 17 de abril de 1863, criaram o registro de nascimento, casamento e óbitos para pessoas não católicas. A Lei 1.829 de 9 de setembro de 1870 estabelece o Registro Civil das Pessoas Naturais, e passa a ser executada em 1.874. Com o surgimento da República, a sociedade passou a assimilar a obrigatoriedade do registro civil. A Lei 8.935/1994 regulamentou o artigo 236 da Constituição Federal de 1988, em que as atividades do RCPN passam a serem exercidas por delegação do Poder Público, por meio de concurso público (BRASIL, 1994).

Segundo Rodrigues (2018), os avanços tecnológicos do século XXI têm permitido à entidade a integração dos dados em nível nacional, em um esforço conjunto entre associações estaduais, para que o cidadão tenha acesso aos seus registros de qualquer parte do país, por meio da base de dados Central de Informações do Registro Civil<sup>1</sup> (CRC) e do Sistema Nacional de Informação do Registro Civil<sup>2</sup> (SIRC), recebendo o documento desejado no balcão do cartório mais próximo de si ou de sua preferência. Ainda, legaliza documentos para serem enviados

---

<sup>1</sup> **CRC - Portal Oficial dos Cartórios de Registro Civil das Pessoas Naturais**, instituída pelo Provimento nº 46 do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), e que congrega toda a base de dados de nascimentos, casamentos, óbitos, emancipações, ausências e interdições, permitindo a localização de assentos em tempo real e a solicitação de certidões eletrônicas e digitais entre cartórios e entre cartórios e Poder Judiciário.

<sup>2</sup> **SIRC - Sistema Nacional de Informações de Registro Civil**, moderniza a captação e o tratamento dos dados dos registros civis de nascimento, casamento, óbito e natimortos.

ao exterior, através da Apostila de Haia<sup>3</sup>, favorecendo as demandas de reconhecimento de cidadania de descendentes dos imigrantes europeus.

Em 2017, reconhecido como Ofício da Cidadania<sup>4</sup>, tem como papel social levar cidadania às comunidades, possibilitando acesso à informação e garantindo a segurança dos dados pessoais. Estreitando os laços com o cidadão brasileiro, o Registro Civil passará a emitir os mais diversos documentos pessoais e de identidade, em convênio com as autoridades emitentes, como Secretarias de Estado Segurança Pública, Delegacias do Trabalho e Polícia Federal. A emissão do Cadastro de Pessoas Físicas (CPF) junto aos registros de nascimentos é um exemplo do já bem sucedido convênio com a Receita Federal desde dezembro de 2015.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O procedimento metodológico utilizado nesta pesquisa foi exploratório documental, sendo uma pesquisa bibliográfica e aplicada, de acordo com Kauark, Manhães e Medeiros (2010). Buscou-se, junto ao acervo da Escrivania de Barra da Lagoa em Florianópolis/SC, da qual uma das autoras é funcionária, identificar os termos usuais da atividade, principalmente nos Livros de Registros, na Declaração de Nascido Vivo (DNV), na Declaração de Óbito (DO), nos Ofícios e Mandados de Averbações e nos processos de Habilitação de Casamento.

Em seguida, foi feita busca na internet, em especial nas Leis disponíveis no sítio do Planalto, por mais termos e significados, que não tivessem sido abrangidos e pudessem ampliar e complementar a pesquisa. Em ato contínuo, foram relacionadas as Leis nas quais os termos e seus significados são referenciados.

#### **3.1 COLETA, ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DOS TERMOS**

Após a coleta e análise descritas nos procedimentos metodológicos, apresentam-se os termos com significados que expressam um ato, que caracterizam e modificam as características de um indivíduo ou que geram um documento. A partir de então, foram classificados em categorias, conceituados de acordo com seu significado, e relacionados entre si. “A definição do termo é importante, na medida em

---

<sup>3</sup> **DECRETO Nº 8.660, DE 29 DE JANEIRO DE 2016** Promulga a Convenção sobre a Eliminação da Exigência de Legalização de Documentos Públicos Estrangeiros, firmada pela República Federativa do Brasil, em Haia, em 5 de outubro de 1961.

<sup>4</sup> **LEI Nº 13.484, DE 26 DE SETEMBRO DE 2017. § 3º** Os ofícios do registro civil das pessoas naturais são considerados ofícios da cidadania e estão autorizados a prestar outros serviços remunerados, na forma prevista em convênio, em credenciamento ou em matrícula com órgãos públicos e entidades interessadas.

que ela fornece as características do conceito que vão permitir seu agrupamento e indicar as relações” (GOMES, 1999, p. 25). As categorias representam “[...] aspectos particulares de uma determinada área do conhecimento, sob as quais se agrupam os termos em classes e subclasses” (GOMES, 1999, p. 36). Sendo assim, o Plano de Classificação desses termos elencados foi organizado em três categorias: processos, elementos e documentos.

A categoria Processos é constituída pelos termos que caracterizam procedimentos ou atos que alteram o registro civil da pessoa natural. Elementos é a categoria que se constitui dos termos que significam os requisitos ou informações qualitativas, a chamada qualificação de cada indivíduo/pessoa. Documentos é a categoria de cujo os termos representam a informação fisicamente, constitui-se dos documentos que viabilizam os processo ou que são emitidos ao final destes.

### 3.1.1 ORGANIZAÇÃO SISTEMÁTICA

Baseado em Gomes (1999), a Organização Sistemática do Tesauro do RCPN, visa organizar os termos segundo suas categorias, demonstrando suas associações de forma explícita, evidenciando suas relações hierárquicas, no sentido genérico/específico e laterais, conforme especificidades dos atos praticados pelos serventuários. O esquema abaixo representa a relação sistemática do ato classificado como casamento.

Casamento;

Anulação de casamento;

Cerimônia de casamento;

    Casamento coletivo;

    Casamento no cartório/cerimônia civil;

    Casamento em diligência/fora do cartório;

    Casamento religioso;

    Juiz de paz;

Certidão de casamento;

Habilitação de casamento;

    Proclamas;

        Certidão de habilitação;

        Edital de proclamas;

        Regime de bens;

- Comunhão parcial de bens;
- Comunhão universal de bens;
- Participação final nos aquestos;
- Separação obrigatória de bens;
- Separação total de bens;
- Pacto antenupcial;
- Registro de casamento;
  - Casamento em cartório;
  - Casamento homoafetivo;
  - Casamento nuncupativo;
  - Casamento religioso com efeito civil;
  - Conversão de união estável em casamento;
  - União estável;
- Comunicação de casamento.

Assim, a classificação é um processo cognitivo pelo qual se identifica os termos, separando ou agrupando os elementos de um determinado sistema conforme as suas diferenças ou semelhanças. Também se distingue os relacionamentos entre eles, associando-os de acordo com as suas funções.

### 3.1.2 ORGANIZAÇÃO ALFABÉTICA

Em contrapartida a Organização Alfabética norteia o usuário para o termos desejado, mostrando suas relações com outros termos, controlando os sinônimos, normatizando os termos, eliminando ambiguidades, de acordo com o exemplo a seguir:

Casamento:

- TG Registro civil das pessoas naturais
- TE Anulação de casamento
- TEP Cerimônia de casamento
  - Certidão de casamento
  - Habilitação de casamento
  - Registro de casamento
- TR Nascimento
  - Óbito

Casamento civil:

TG Registro de casamento

TR Casamento homoafetivo  
 Casamento nuncupativo  
 Casamento religioso com efeito civil  
 Conversão de união estável em casamento

UP Casamento civil  
 Casamento em diligência

TG Cerimônia de casamento

UP Casamento fora do cartório

TR Casamento coletivo  
 Casamento no cartório/cerimônia civil.  
 Casamento religioso  
 Juiz de paz

Casamento homoafetivo:

TG Registro de casamento

TR Casamento em cartório/civil  
 Casamento nuncupativo  
 Casamento religioso com efeito civil  
 Conversão de união estável em casamento

Casamento religioso com efeito civil:

TG Registro de casamento

UP Casamento civil

TR Casamento em cartório  
 Casamento homoafetivo  
 Casamento nuncupativo

Conversão de união estável em casamento:

Cerimônia de casamento

TG Casamento

TE Casamento coletivo  
 Casamento no cartório  
 Casamento em diligência  
 Casamento religioso

TEP Juiz de paz

|    |                          |
|----|--------------------------|
| TR | Anulação de casamento    |
|    | Certidão de casamento    |
|    | Comunicação de casamento |
|    | Habilitação de casamento |
|    | Tegistro de casamento    |
| UP | Cerimônia civil          |

Dessa maneira, termo definido para nomear um conceito também pode ser denominado descritor, e deve ser entendido como aquela palavra ou grupo de palavras que nomeia um referente. Os princípios de classificação permitem a apresentação sistemática dos termos, por meio de um relacionamento lógico, no qual fica evidente a organização do conceito da área do tesouro, exatamente como ocorre numa tabela de classificação.

Conforme Gomes (1984), os Sinais relacionados com a função do descritor são os seguintes, mantendo respectivamente a ordem: NA – Nota de Alcance, UP – Usado Para, TGM – Termo Genérico Maior, TG – Termo Geral, TE – Termo Específico, TEP – Termo Específico Partitivo, TR – Termo Relacionado, USE – Use.

#### **4. MOTIVAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DO TESAURO**

O conceito de conhecimento foi alterado por conta do uso dos computadores e da informática aplicada aos processos informativos-documentários, fazendo com que a recuperação da informação seja tratada como resposta aos objetivos inerentes à construção de sistemas e modelos que envolvem a representação, o armazenamento, a busca e o acesso às informações que são relevantes para a questão pretendida pelo usuário humano.

Segundo Torres e Almeida (2015, p. 1):

Tem-se como premissa que a especificidade da Ciência da Informação é atuar como mediadora entre a informação e o indivíduo, este, um usuário ativo ou potencial da informação. Para que a mediação da informação possa ocorrer, possibilitando a apropriação da informação por parte do indivíduo, exigem-se dois requisitos: que a informação esteja registrada na forma de documentos e que estes documentos tenham sido organizados.

O armazenamento dos dados pessoais, assim como a busca e a recuperação dessas informações, estão apoiados nos sistemas informatizados. A tecnologia da informação tem um papel fundamental na gestão dessas informações, pois agiliza os

processos de comunicação entre a entidade detentora dos dados e o cidadão. O resultado das práticas dos atos é a criação do conhecimento, conforme Costa, Leite e Tavares (2018, p. 26):

O tratamento a ser dado a esses acervos e o ato de tornar disponíveis serviços e produtos deles resultantes fazem parte das preocupações da gestão da informação. Por sua vez, os efeitos ou benefícios dos resultados obtidos, isto é, a criação de conhecimento a partir da informação obtida e assimilada, sua aplicação nos melhores cursos de ação (inteligência), e seu compartilhamento em ambientes e comunidades específicas são o foco da gestão do conhecimento.

A elaboração de um Tesauro para o RCPN vem da necessidade de organizar a informação recorrente na prática das atividades do RCPN, com o propósito de ser um canal de comunicação entre o serventário e as informações, facilitando o acesso e a recuperação dos conteúdos técnicos atribuídos a este Ofício. Por conseguinte, também contribui para a disseminação do conhecimento ao oferecer aos profissionais do RCPN uma fonte de informação de acesso rápido e prático para o desenvolvimento das atividades cotidianas.

De acordo com Beluche (2008, p. 116):

[...] para que o conhecimento produzido por um enunciador, transformado em informação através das Linguagens Documentárias, cumpra seu "ciclo", ou seja, retorne à esfera da circulação, é preciso que essa informação seja novamente transformada em conhecimento através da possibilidade de seu acesso.

Dessa forma, os dados pessoais armazenadas nos acervos de registros são bens ricos em significado, visto que incorporam, nas informações pessoais, um conjunto de características de um indivíduo que o difere dos demais.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O Tesauro preliminar para o Registro Civil das Pessoas Naturais baseou-se nos conteúdos técnicos das práticas e normas exercidas pelos cartórios regidas pelo Poder Judiciário. Considerando o Brasil um país continental, e a diversidade das regiões geográficas, buscou-se termos gerais, embasados nos conteúdos pertinentes à área jurídica. Mas, possivelmente foram privilegiados os termos mais usuais na região onde foi realizada a pesquisa. Nesse sentido, pode haver diferença na linguagem natural entre as regiões distintas, que afetem o uso de um determinado termo, que nesta pesquisa foi considerado sinônimo.



Embora inicialmente compreendeu-se como usuários finais os profissionais das Serventias Extrajudiciais que tem por Ofício o Registro Civil das Pessoas Naturais, percebe-se que profissionais de outras áreas do conhecimento também poderão consultar o tesauro para acessar e recuperar informação dos conceitos relacionados aos atos praticados pelos Cartórios, como advogados e até mesmo a população em geral.

Considerando a necessidade de validação da estrutura apresentada, dos termos elencados, dos relacionamentos e associações estabelecidas, pretende-se disponibilizar a versão preliminar do Tesauro Brasileiro de Registro Civil das Pessoas Naturais ao Cartório da Barra da Lagoa. Para as adequações necessárias, essa disponibilização será feita na web, por meio do Thesa Semantic Thesaurus, de autoria de Rene Faustino Gabriel Junior e Rita do Carmo Ferreira Laipelt, disponível on-line através da plataforma da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Sugere-se ainda, que após a validação a versão final do Tesauro seja disponibilizada às demais Serventias através do sistema integrado dos cartórios de registro civil, o CRC Nacional.

Cabe ressaltar que considera-se necessária a constante atualização e revisão do documento, tendo em vista a possível ausência de algum termo e a inserção de novos termos, que se configuram ao longo do trabalho realizado no cartório.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 3.069, de 17 de abril de 1863.** Regula o registro dos casamentos, nascimentos e obitos das pessoas que professarem religião diferente da do Estado. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-3069-17-abril-1863-555008-publicacaooriginal-74026-pe.html> Acesso em: 02 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 1.144, de 11 de setembro de 1861.** Faz extensivo os efeitos civis dos casamentos, celebrados na forma das leis do império, aos das pessoas que professarem religião diferente da do Estado, e determina que sejam regulados ao registro e provas destes casamentos e dos nascimentos e obitos das ditas pessoas, bem como as condições necessárias para que os Pastores de religiões toleradas possam praticar actos que produzam efeitos civis.. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1824-1899/decreto-1144-11-setembro-1861-555517-publicacaooriginal-74767-pl.html>. Acesso em: 02 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 1.829 de 9 de setembro de 1870.** Sanciona o Decreto da Assembléa Geral que manda proceder ao recenseamento da população do Império. Disponível em: <http://legis.senado.leg.br/norma/543582/publicacao/15631205> Acesso em: 03 maio 2019.

BRASIL. **Lei nº 8.935, de 18 de novembro de 1994.** Regulamenta o art. 236 da Constituição Federal, dispondo sobre serviços notariais e de registro. (Lei dos cartórios). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8935.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8935.htm). Acesso em: 03 maio 2019.

BELUCHE, Renato. Terminologia e linguagem documentária: uma perspectiva histórica. **Biblos.** Rio Grande, v. 22, n. 2, p. 115-121. 2008. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/biblos/article/view/966/432>. Acesso em: 15 maio 2019.

CAMPOS, Maria Luiza Almeida; GOMES, Hagar Espanha. Metodologia de elaboração de tesauro conceitual: a categorização como princípio norteador. **Perspect. ciênc. inf.**, Belo Horizonte, v.11 n.3, p. 348-359, set./dez. 2006. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/273/66>. Acesso em: 15 maio 2019.

CINTRA, Ana Maria Marques; TÁLAMO, Maria de Fátima Gonçalves Moreira; LARA, Marilda Lopes Ginez de; KOBASHI, Nair Yumiko. **Para entender as linguagens documentárias.** 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Polis, 2002. 96 p.

COSTA, Sely Maria de Souza; LEITE, Fernando César Lima; TAVARES, Rosemeire Barbosa (orgs.). **Comunicação da informação, gestão da informação e gestão do conhecimento.** Brasília, DF: Ibict, 2018. 415 p. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/123456789/1071/2/Comunica%C3%A7%C3%A3o%20da%20Informa%C3%A7%C3%A3o%2C%20gest%C3%A3o%20da%20informa%C3%A7%C3%A3o%20e%20gest%C3%A3o%20do%20conhecimento%20%5Barquivo%20atual%5D.pdf>. Acesso em 16 maio 2019.

GOMES, Hagar Espanha (coord.). **Diretrizes para elaboração de tesauro monolíngues.** Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, 1984. 70 p.

GOMES, Hagar Espanha (coord.). **Manual de elaboração de tesouros monolíngues.** Brasília, DF: Programa Nacional de Bibliotecas das Instituições de Ensino Superior, 1990. 78 p.

PIEDADE, Maria Antonieta Requião. **Introdução à teoria de classificação.** Rio de Janeiro: Livraria Interciência, 1977. 190 p.

RODRIGUES, Liane Alves. Central de informações do registro civil das pessoas naturais - CRC nacional: benefícios deste portal e suas funcionalidades. *In*: SANTOS, Mauro Cesar dos (coord.). **Direito notarial e registros públicos**: na perspectiva da advocacia. São Paulo, SP: Letras Jurídicas, 2018. v. 2. cap. 7, p. 179-192.

SANTOS, Reinaldo Velloso dos. Registro Civil das Pessoas Naturais. Porto Alegre: Safe, 2006. Disponível em:  
<http://reinaldovelloso.not.br/resources/Registro%20Civil%20das%20Pessoas%20Naturais.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

UNESCO. **Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri**. Paris: UNESCO, 1973. 37 p. Disponível em:  
[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000004973\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000004973_spa). Acesso em: 10 maio 2019.

TORRES, Simone; ALMEIDA, Mauricio. Classificação: uma operação inerente às linguagens documentárias? **Revista da Informação**. [S.l.], v. 16, n.2, 2015. p.1-13. Disponível em:  
<http://www.brapci.inf.br/index.php/res/download/45924>. Acesso em: 25 maio 2019.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metodologia de Pesquisa**: um guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88 p. Disponível em:  
<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/713/1/Metodologia%20da%20Pesquisa.pdf>. Acesso em: 18 abril.

## CAPÍTULO 24

### AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ADITIVOS NO CONCRETO PERMEÁVEL PARA PERMITIR MISTURA E TRANSPORTE EM CAMINHÃO BETONEIRA.

#### **Luciana Nascimento Lins**

Orientadora graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2002) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (2006).

Instituição: UniCEUB

Endereço: SEPN 707/907 - Campus Universitário, Asa Norte, Brasília/DF

CEP: 70790-075

E-mail: professoralucianalins@gmail.com

#### **Ana Gabriela de Oliveira Barreto**

Pesquisadora graduada em Engenharia Civil pelo UniCEUB (2018).

Instituição: UniCEUB

Endereço: SEPN 707/907 - Campus Universitário, Asa Norte, Brasília/DF

CEP: 70790-075

E-mail: gabrielabarreto@sempreceub.com

**RESUMO:** A tecnologia para pavimentos permeáveis carece de estudos aprofundados, uma vez que esse tipo de revestimento trás consigo inúmeros benefícios principalmente no quesito de sustentabilidade, como por exemplo a capacidade de percolação da água através de seus poros, o que evita o acúmulo de lâmina d'água em sua superfície, a possível recarga de lençóis freáticos, a filtragem prévia de sedimentos indesejáveis no solo, dentre outros. O estudo visa o transporte do concreto permeável em seu estado fresco através de caminhão betoneira. Para realizar esse transporte foram analisadas algumas combinações entre diferentes aditivos e o uso isolado de cada um, e foram cumpridos os ensaios sugeridos pela norma NBR 16416:2015 Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimento. Foi aproveitado de pesquisas anteriores parâmetros como traço utilizado, faixa granulométrica de agregados e o tipo de cimento utilizado por Teixeira (2017). Os resultados obtidos demonstraram que é possível produzir concreto permeável com diferentes usos a partir da mesma composição, variando somente o tipo de aditivo utilizado, contudo ainda não foi possível determinar se o transporte é viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, pavimento permeável, aditivos.

**ABSTRACT:** The technology used in pervious concrete lacks in depth studies, since this type of coating brings with it many benefits, especially in terms of sustainability, for an example the ability of water to percolate through its pores, which prevents the accumulations of water depth on its surface, the possible recharge of groundwater, the previous filtration of undesirable sediments in the soil, among others. This article aims to transport pervious concrete in fresh state by concrete mixer truck. To carry out this transport, some combinations between different additives and their isolated use were

analyzed, and the test suggested by NBR 16416: 2015 Permeable Concrete Pavements – Requirements and procedure were performed. It was taken from previous researches parameters such as trace used, aggregate, particle size range and the type of cement used by Teixeira (2017). The results showed that it is possible to produce permeable concrete with different uses from the same composition, varying only the type of additive used, but it has not been possible to determine if the transport is viable.

**KEY WORDS:** Sustainability, pervious pavement, additive

## 1. INTRODUÇÃO

A alta taxa de impermeabilização do solo nunca foi tão discutida como atualmente. Um dos fatores que compõe o aumento dessa taxa é a ocupação do solo de forma desorientada. O acréscimo dessa taxa tornou-se um fator contribuinte para a ineficácia dos sistemas de drenagem urbana, não só no Brasil, como no mundo. (BARRETO, 2018). Brasília, dentre outras cidades mundiais, tem grandes casos de inundações e alagamentos, possivelmente essas ocorrências são causadas pela ausência de estrutura de drenagem adequada no pavimento.

Uma possível solução para essa adversidade seria o aumento do tempo de percolação da água pluvial na infiltração do solo. Com isso, surge a ideia da criação de um concreto poroso, onde os vazios têm a capacidade de drenar a lâmina d'água, oriundas de uma série de fatores sendo o principal a chuva. É importante que esse tipo de pavimento tenha resistência à carga proveniente de veículos leves, pedestres e afins. (SILVA, PASSOS, 2015).

Os pavimentos permeáveis podem reduzir a velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária de pequenos volumes na superfície do revestimento e a infiltração de parte das águas pluviais. Esse tipo de revestimento quando combinado com uma estrutura porosa de base e sub-base tem resultados mais satisfatórios do que a aplicação de uma camada de CPA (camada porosa de atrito), por exemplo (VIRGILIIS, 2009).

O concreto permeável possui uma série de benefícios ao meio ambiente, a reutilização da água drenada é um bom exemplo. Após o processo de reuso é possível recarregar lençóis freáticos, aumentando a captação de águas pluviais e probabilidade de redução de enchentes e alagamentos na área onde esse fora implantado.

Com a manutenção adequada, a vida útil do pavimento de concreto permeável pode chegar até 20 anos (BENIGNO 2012). Contudo, acredita-se que há uma

necessidade de estudos mais aprofundados e pesquisas nessa área para essa confirmação de que a partir da diminuição de lâmina d'água, seria possível ocasionar em uma redução de problemas oriundos da ineficácia da drenagem urbana. Bem como gerar uma economia para o estado, no que tange manutenção do pavimento e do sistema de drenagem.

O objetivo da pesquisa foi buscar uma melhora na trabalhabilidade do concreto permeável aditivado, através de combinações entre alguns aditivos como polifuncionais ou estabilizadores, para permitir o transporte e lançamento *in loco* com o uso do caminhão betoneira.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

A ocupação desordenada ocorrida no Brasil gerou diversas adversidades quando relacionada à drenagem urbana. A impermeabilização do solo, por exemplo, está cada vez mais comum nas cidades ocasionando na dificuldade de percolação da água nas camadas do solo, acarretando em um acréscimo de volume de água na superfície. Como consequência, o tempo de ocorrência de picos de vazão será diminuído e ocasionará inundações. (OLIVEIRA E SILVA, 2016)

Segundo Aluísio Canholi (2014), a falta de planejamento para a macrodrenagem é o principal responsável pela situação crítica em que vivemos hoje. Em função da ineficácia da macrodrenagem, o acúmulo de água pluvial pode causar numerosas consequências não só sociais, conforme já citado, mas também ambientais, como erosões, aumento de risco de desabamento, dentre outras (ONO, BALBO & CARGNIN, 2017).

O coeficiente de escoamento varia de acordo com a relevância da precipitação, ou seja, é a relação entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado. Portanto, é possível concluir que quando maior o coeficiente de escoamento menor a capacidade de infiltração (TUCCI, 2000).

Analisando a tabela 01 é notório que em zonas com edificações muito densas, 95 % da água precipitada não é drenada superficialmente. Áreas com alto índice de impermeabilização se enquadram nessa categoria também.

Tabela 06 - Valores de "c" adotados pela Prefeitura Municipal de São Paulo.

| Zonas |                                              | Coefficiente de escoamento |
|-------|----------------------------------------------|----------------------------|
| 1     | de edificação muito densa                    | 0,70 a 0,95                |
| 2     | de edificação não muito densa                | 0,60 a 0,70                |
| 3     | de edificações com poucas superfícies livres | 0,50 a 0,60                |
| 4     | de edificações com muitas superfícies livres | 0,25 a 0,50                |
| 5     | de subúrbios com alguma edificação           | 0,10 a 0,25                |
| 6     | de matas, parques e campos de esportes       | 0,05 a 0,20                |

Fonte: WILKEN, 1978.

Após estudos, foi possível destacar que pavimentos feitos de concreto permeável, possuem coeficientes de escoamento inferiores a 5 %, em alguns casos, a drenagem da água foi completa, e ainda mantém a área útil do local. (MARCHONI, SILVA E MAYOR, 2011). Assim, conclui-se que o concreto permeável além de ser uma solução para correção de disfunções provenientes da falta de planejamento de drenagem urbana atua também como uma medida de prevenção desses (BARRETO, 2018).

Ainda que haja registros do uso de concreto com a taxa de agregado graúdo superior, ou somente o uso deste, desde o pós-guerra a comunidade acadêmica vem se mostrando interessada no assunto há alguns anos. Com o objetivo de reduzir ou até sanar, as dificuldades de drenagem urbana, constitui-se esse material especial, denominado Concreto Permeável (SCHEWETZ et al, 2014).

A principal diferença entre o concreto convencional e o permeável é a sua finalidade. O intuito da produção do concreto drenante é justamente para escoar a lâmina d'água da superfície. A partir dessa drenagem de água, é possível realizar diversos procedimentos com esta, dentre eles recarregar aquíferos subterrâneos.

De acordo com estudos recentes da EPA (*U.S Environmental Protection Agency*) o concreto permeável ao ser usado em pavimentações, reduz consideravelmente os itens de poluição difusa oriunda de óleos e outras substâncias encontradas nas pistas de tráfego.

O concreto permeável foi definido em três categorias as quais são: Concreto permeável hidráulico, definido com baixa resistência mecânica e elevada condutividade hidráulica, para fins não estruturais; Concreto permeável normal, com resistências e condutividade hidráulica intermediárias, podendo ser utilizado em estacionamentos e calçadas; Concreto permeável estrutural, esse possui uma elevada resistência mecânica e baixa permeabilidade, característica essa proveniente do baixo uso de agregado miúdo na composição, a partir de sua elevada resistência mecânica, esse pode ser utilizado em lugares que possuam tráfego de veículos pesados (DELLATE E CLEARLY, 2006).

Os materiais usados para a fabricação do concreto permeável são os mesmos utilizados no concreto convencional. Contudo, para esse tipo de pavimento é necessário um elevado índice de vazios, logo a concentração de agregado graúdo é superior ao concreto tradicional e ainda existe a redução do uso de agregado miúdo, ou de acordo com Batezini (2013) é possível de realizar o traço sem a utilização de finos.

Após uma análise de estudos realizados, chegou-se a uma proporção adequada para a produção do concreto permeável. É possível verificar essa proporção na tabela 02 Entretanto, manteve-se o mesmo consumo e traço utilizado por Barreto (2018), conforme a tabela 03

Tabela 07: Consumo e proporções típicas de materiais para a produção de concreto permeável.

| <b>Materiais</b>                                          | <b>Consumo/proporção</b> |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------|
| Ligante hidráulico (cimento) [kg/m³]                      | 270                      |
| Agregado graúdo [kg/m³]                                   | 1.190 a 1700             |
| Relação a/c em massa                                      | 0,27 a 0,34              |
| Relação cimento/agregado em massa                         | 1:4 a 1:4,5              |
| Relação agreg. Miúdo/agreg. Graúdo em massa (areia-brita) | 0 a 1:1                  |

Fonte: NETO, 2015.



Tabela 08 - Consumo e proporções de materiais utilizados para a produção de concreto permeável.

| <b><i>Materiais</i></b>         | Ligante hidráulico (cimento) [kg/m³] | Agregado miúdo [kg/m³] | Agregado graúdo (brita 0 e 1) [kg/m³] | Relação a/c em massa | Relação cimento/agregado em massa |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| <b><i>Consumo/proporção</i></b> | 336                                  | 215,04                 | 1128,96                               | 0,27 a 0,35          | 01:04                             |

Fonte: BARRETO, 2018.

Na hora da escolha do cimento a ser utilizado, deve-se atentar ao meio no qual será aplicado. Em função de sua alta taxa de permeabilidade, acredita-se que o uso de cimentos compostos seja eficaz para a produção do concreto permeável (BARRETO, 2018).

Contudo, a NBR 5733 (ABNT, 1991) define que o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI) como um aglomerante hidráulico com resistência inicial elevada, quando comparado com os demais tipos. Essa característica permite uma agilidade maior na desforma da peça moldada. Com potencial para atingir resistências de até 26,0 MPa com um dia de idade, e chegando até 53,0 MPa com 28 dias, esse tipo de cimento está sendo altamente utilizado na construção civil (TEIXEIRA, 2017).

O alto ganho de resistência inicial nesse tipo de cimento é garantido através de sua elevada pureza e finura. Além dessa característica, esse tem a capacidade de reduzir o efeito de rápida perda de água por intermédio da maior velocidade de reação desse aglomerante (CADORE et al, 2016).

Um dos fatores preponderantes para a produção de concreto permeável é evitar a colmatção dos vazios. O agregado miúdo por sua vez, tem grande responsabilidade nesse preenchimento, deve-se reduzir ou até mesmo eliminar, esse componente dado sua relação inversamente proporcional com o índice de vazios.

É importante frisar que ao reduzir esse componente, há uma queda na resistência mecânica do produto final. Por isso a importância e análise de caso a caso. Com uma graduação uniforme para o concreto drenante o agregado graúdo não deve ultrapassar o diâmetro de 19 mm. Verificou-se, na literatura, que existe uma relação direta entre o tamanho do diâmetro do agregado e a rugosidade do concreto (MARIANO, 2014).

Podem ser utilizados agregados de formas redondas ou angulares, contudo, agregados redondos ocasionam em concretos com maiores resistências (TENNIS et al., 2004). No concreto permeável, a relação água cimento é um fator fundamental para garantir a qualidade e a trabalhabilidade do mesmo. O erro dessa relação pode ocorrer em duas formas diferentes. A super dosagem carrega consigo a queda excessiva da resistência mecânica. E a dosagem mínima ocasiona em uma mistura seca, sem trabalhabilidade.

Em virtude de a dificuldade de trabalhabilidade pela mistura ser mais heterogênea, a relação água/cimento pode ser fixada entre 0,27 e 0,40 nas misturas (TENNIS et al., 2004). Em virtude da baixa relação água/cimento o uso de aditivos e adições é comum na produção de concreto permeável, para garantir melhores características e propriedades do produto final.

O concreto permeável possui características distintas em seu estado fresco e endurecido. Seu controle tecnológico deve ser constantemente e arduamente controlado, em função de sua dificuldade de execução. As misturas de concreto permeável são caracterizadas no estado fresco por apresentarem alta consistência, com resultados de abatimento de tronco de cone (slump) variando de 0 a 20 mm podendo, em alguns casos, chegar até 50mm (TENNIS et al., 2004).

A experiência com misturas de concreto permeável torna-se um fator fundamental para o controle de produção, considerando que os critérios utilizados para a avaliação são basicamente tátil-visuais (NETO, 2015). Outro critério que pode ser utilizado, também, é a avaliação da massa unitária, representada por 70 % da massa unitária de concretos convencionais (BATEZINI, 2013).

No estado endurecido, serão avaliados aspectos dos concretos permeáveis quanto ao coeficiente de permeabilidade, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, conforme a norma de Pavimentos Permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos, NBR 16.416 (ABNT, 2015). Os valores de referência estão apresentados nas tabelas 04 e 05.

Tabela 09 - Determinação do coeficiente de permeabilidade

| Tipo de revestimento                                 | Método de Ensaio          |          | Coeficiente de permeabilidade do pavimento recém construído m/s |
|------------------------------------------------------|---------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                      | Local de avaliação        |          |                                                                 |
|                                                      | Em laboratório            | Em campo |                                                                 |
| Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas) | Anexo A                   | Anexo A  | > 10 <sup>-3</sup>                                              |
| Peça de concreto permeável                           | ABNT NBR 13292 ou Anexo A |          |                                                                 |
| Placa de concreto permeável                          |                           |          |                                                                 |
| Concreto permeável moldado no local                  |                           |          |                                                                 |

Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

Tabela 05 - Resistência mecânica e espessura mínima do revestimento permeável

| Tipo de revestimento                                 | Tipo de solicitação  | Espessura mínima (mm) | Resistência mecânica característica (MPa) | Método de ensaio |
|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------|
| Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas) | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 35,0 <sup>a</sup>                       | ABNT NBR 9781    |
|                                                      | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Peça de concreto permeável                           | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 20,0 <sup>a</sup>                       |                  |
|                                                      | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Placa de concreto permeável                          | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 2,0 <sup>b</sup>                        | ABNT NBR 15805   |
|                                                      | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Concreto permeável moldado no local                  | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 1,0 <sup>c</sup>                        | ABNT NBR 12142   |
|                                                      | Tráfego leve         | 100,0                 | ≥ 2,0 <sup>c</sup>                        |                  |

<sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.

<sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.

<sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

Serão analisados também aspectos referentes à massa específica e índices de vazios, de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2015). Apesar de uma grande divergência entre os autores, a NBR 16416 (ABNT, 2015) estabelece que o valor mínimo especificado em projeto deve ser de  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Calcula-se o índice de vazios de acordo com o concreto convencional, utilizando a mesma equação.

Mariano (2014) descreve que existem dois tipos de caracterização a partir do índice de vazios. As peças produzidas com índice de vazios inferiores a 15 % são determinadas como materiais de baixa porosidade, entretanto quando se tem valores superiores de 30 % são definidos como matérias de alta porosidade.

Segundo a NBR 16416 (ABNT, 2015) o coeficiente de permeabilidade (K) institui a velocidade que a água é capaz de infiltrar no solo, por meio dos poros de

concreto permeável. Esse deve ser maior que  $10^{-3}$  m/s e pode ser apontado em m/s, cm/s ou mm/h.

A NBR 16416 (ABNT, 2015) define requisitos mínimos para ensaios realizados nas peças de concreto permeável, e também o coeficiente de permeabilidade (K). Esses requisitos podem ser observados na tabela 06.

Tabela 010- Requisitos mínimos para concretos permeáveis.

| Tipo de revestimento                                 | Método de Ensaio          |          | Coeficiente de permeabilidade do pavimento recém construído m/s |
|------------------------------------------------------|---------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                      | Local de avaliação        |          |                                                                 |
|                                                      | Em laboratório            | Em campo |                                                                 |
| Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas) | Anexo A                   | Anexo A  | > 10 <sup>-3</sup>                                              |
| Peça de concreto permeável                           | ABNT NBR 13292 ou Anexo A |          |                                                                 |
| Placa de concreto permeável                          |                           |          |                                                                 |
| Concreto permeável moldado no local                  |                           |          |                                                                 |

Fonte: NBR 16416 (ABNT, 2015).

De acordo com a tabela acima, a determinação do coeficiente de permeabilidade K, para concretos moldados no local, pode ser realizado a partir da NBR 13292 – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Esse ensaio foi adaptado para o uso de corpos de prova ao invés de solos granulares. Para a realização, as faces laterais do corpo de prova foram vedadas com bentonita para garantir o curso da água ao longo do comprimento do corpo de prova.

Em consequência da adaptação, alguns equipamentos, materiais e etapas de execução não foram realizados, contudo manteve-se a integridade do ensaio. De acordo com a NBR 13292:1995 para a execução do ensaio de permeabilidade é imprescindível os seguintes equipamentos: Permeâmetro; Reservatório com filtro; Funil; Bomba de vácuo; Tubos manométricos; Balanças; Barra de calibração; Reservatório de água; Termômetro; Cronômetro; Proveta de vidro.

Para a realização deste ensaio, a NBR 13292 recomenda que o equipamento seja calibrado anteriormente a realização do ensaio.

I. Com as válvulas abertas aguardar a estabilização de cargas. Medir e registrar a carga H (diferenças nos níveis dos tubos manométricos) a temperatura

T o tempo t e o volume percolado neste tempo Q (exatidões 0,1cm, 0,1°C, 1s e 2cm³, respectivamente);

II. Deve-se aumentar a carga de 0,5cm em 0,5 cm e repetir o processo descrito anteriormente, a fim de estabelecer adequadamente a região do fluxo laminar, na qual a velocidade ( $v=Q/St$ ) é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico ( $i = H/L$ ). Quando o regime deixa de ser laminar, ou seja, a relação entre a velocidade e o gradiente deixou de ser linear, os incrementos de carga podem ser realizados de 1 cm em 1cm;

III. Finalizando o ensaio, deve-se drenar o corpo de prova e verificar, visualmente se ele apresenta-se homogêneo e isotrópico em suas características;

Utiliza-se a equação abaixo, para fins de cálculo:

$$k = \left( \frac{V \cdot L}{c \cdot A \cdot t} \right)$$

*Equação 1- Coeficiente de permeabilidade a partir da NBR 16416.*

Onde:

k é a condutividade hidráulica (cm/s)

V é o volume de água coletado (cm³)

L é o comprimento do corpo de prova (cm)

c corresponde a carga hidráulica (cm)

A é a área da seção transversal da amostra (cm²)

t é o tempo decorrido para a coleta da água (s)

Entretanto, esse mesmo coeficiente pode ser determinado a partir do Anexo A da NBR 16416 - Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos.

De acordo com o Anexo A da NBR 16416, 2015 para a execução do ensaio é imprescindível o uso dos seguintes equipamentos: Anel de infiltração: cilíndrico com diâmetro de  $(300 \pm 10)$  mm e altura de 50 mm. Internamente o cilindro deve ter duas linhas de referência com distâncias de 10 mm e 15 mm em relação à face inferior do anel. O material deve ser resistente à água, com rigidez suficiente para não deformar quando cheio; Balança com resolução de 0,1 g; Recipiente com volume mínimo de

20L, que permita o derramamento controlado do volume de água; Cronômetro com resolução de 0,1 s; Massa de calafetar; Água limpa.

Para a execução do ensaio deve-se ser feita uma limpeza do pavimento varrendo o lixo, sedimentos e outros materiais que não estejam aderidos ao pavimento. A NBR 16416:2015 orienta que o anel de infiltração deve ser posicionado no local do ensaio e vedado na parte em contato com o pavimento com massa de calafetar, para evitar vazamentos. Devem-se seguir os seguintes procedimentos para execução do ensaio:

I. Iniciar o ensaio em até 2 min depois da execução da pré-molhagem;

II. Despejar a água no anel de infiltração com velocidade suficiente para manter o nível da água entre as duas marcações do anel (10 mm a 15 mm);

III. Marcar o intervalo de tempo acionando o cronômetro assim que a água atingir a superfície do pavimento permeável e parar o cronômetro quando não houver mais água livre na superfície do mesmo. Registrar o tempo com exatidão de 0,1 s.

IV. O volume de água do ensaio é determinado em função do tempo de pré-molhagem, conforme tabela 07.

Tabela 011- Relação tempo e massa de água.

| Tempo de pré-molhagem<br>s | Massa de água para o ensaio<br>kg |
|----------------------------|-----------------------------------|
| ≤ 30                       | 18 ± 0,05                         |
| > 30                       | 3,60 ± 0,05                       |

Fonte: ABNT, 2015.

Para o cálculo do coeficiente de permeabilidade, utiliza-se a seguinte equação:

$$k = \frac{C \cdot m}{(d^2 \cdot t)}$$

*Equação 2- Coeficiente de permeabilidade a partir da NBR 16416*

Onde:

k é o coeficiente de permeabilidade ( $\text{mm}/\text{h}$ )

m é a massa de água infiltrada (kg)

d é o diâmetro interno do cilindro de infiltração (mm)

t é o tempo necessário para toda a água percolar (s)

C é o fator de conversão de unidades do sistema SI, corresponde a 4 583 666 000.

A resistência à tração é um fator primordial na produção de concreto permeável a ser moldado no local. Os requisitos necessários podem ser observados na tabela 08.

Tabela 012 – Requisitos mínimos para resistência mecânica e espessura do concreto permeável.

| Tipo de revestimento                                                                     | Tipo de solicitação  | Espessura mínima (mm) | Resistência mecânica característica (MPa) | Método de ensaio |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------|
| Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)                                     | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 35,0 <sup>a</sup>                       | ABNT NBR 9781    |
|                                                                                          | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Peça de concreto permeável                                                               | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 20,0 <sup>a</sup>                       |                  |
|                                                                                          | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Placa de concreto permeável                                                              | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 2,0 <sup>b</sup>                        | ABNT NBR 15805   |
|                                                                                          | Tráfego leve         | 80,0                  |                                           |                  |
| Concreto permeável moldado no local                                                      | Tráfego de pedestres | 60,0                  | ≥ 1,0 <sup>c</sup>                        | ABNT NBR 12142   |
|                                                                                          | Tráfego leve         | 100,0                 | ≥ 2,0 <sup>c</sup>                        |                  |
| <sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.        |                      |                       |                                           |                  |
| <sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.           |                      |                       |                                           |                  |
| <sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142. |                      |                       |                                           |                  |

Fonte: NBR 16416 (ABNT,2015).

No estado endurecido, devem-se analisar parâmetros referentes à resistência à compressão, tração e massa específica. Contudo, deve-se considerar o índice de vazios, módulo de elasticidade, absorção de água, etc. A resistência à compressão axial define a capacidade de suporte de concreto por unidade de área. A NBR 5739 (ABNT, 2007) determina a metodologia do ensaio, a partir dos corpos de prova, moldados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

A tração na flexão é calculada a partir na NBR 12142, a partir da ruptura do corpo de prova moldado de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Para linha de ruptura dentro do terço médio, utiliza-se a seguinte equação:

$$f_{ct,f} = \frac{F \times l}{b \times d^2}$$

Equação 3 – Cálculo da resistência à tração dentro do terço médio

Onde:

$F_{ct,f}$  = resistência à tração na flexão (Mpa)

F=força de ruptura na prensa (N)

l=distância entre apoios (mm)

b=largura do corpo de prova (mm)

d=altura do corpo de prova (mm)

Já quando a linha de ruptura ocorre fora do terço médio, tem-se:

$$f_{ct,f} = \frac{3 \times F \times a}{b \times d^2}$$

Equação 4: Cálculo da resistência à tração fora do terço médio:

$F_{ct,f}$ =resistência à tração na flexão (Mpa)

F=força de ruptura na prensa (N)

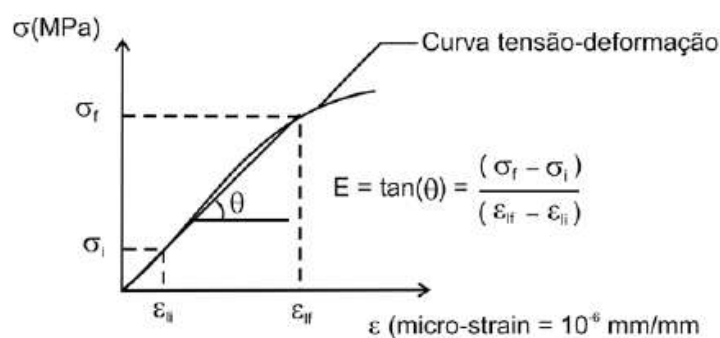
a=distância da linha de ruptura na face tracionada até o extremo mais próximo (mm)

b=largura do corpo de prova (mm)

d=altura do corpo de prova (mm)

O parâmetro é oriundo a partir do gráfico provindo do ensaio descrito na NBR 8522 (ABNT, 2008).

Gráfico 01- Cálculo do Módulo de Elasticidade.



Fonte: PIKANÇO e GHAVAMI, 2006.

A massa específica de um determinado material é a relação entre sua massa (kg) e seu volume ( $m^3$ ). De acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015) o concreto é subdividido em três categorias, quando utilizado massa específica como referência são elas: Leve – menor do que  $2000 \text{ kg/m}^3$ ; Normal – entre  $2000$  e  $2800 \text{ kg/m}^3$ ; Pesado – maior do que  $2800 \text{ kg/m}^3$ .



A NBR 9778 (ABNT, 2009) define o índice de vazios como a reação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra.

$$I_v = \frac{M_{sat} - M_s}{M_{sat} - M_i} \times 100$$

Equação 5- Índice de vazios.

Onde:

$I_v$ :Índice de vazios (%)

$M_{sat}$ :Massa do corpo de prova saturado (g)

$M_s$ :Massa do corpo de prova seco em estufa (g)

$M_i$ :Massa do corpo de prova saturado imerso em água (g)

Em virtude da análise tátil-visual ser um fator preponderante na produção de concreto permeável, o processo de mistura e moldagem de corpos de prova torna-se complexo. Assim todo o procedimento deve ser feito de forma rigorosa e respeitando as normas e a literatura de forma a se atentar para o cobrimento com a argamassa, dos agregados graúdos, para obter resultados satisfatórios. É importante salientar que o processo de adensamento é fundamental para uma boa produção de corpos de prova (BARRETO, 2018).

O método de dosagem mais comum no Brasil é do IPT/EPUSP, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, em virtude de sua eficácia e clareza de execução (HELENE; TERZIAN, 1993). Esse método foi utilizado para a realização das dosagens feitas no estudo de Mariano (2014) para concretos permeáveis. O método tem como objetivo determinar a dosagem dos materiais constituintes do traço, para dada consistência requerida e resistência à compressão ( $f_{ck}$ ) do concreto aos 28 dias (NETO, 2015).

A metodologia adotada para essa pesquisa consiste em ensaios de caracterização de materiais componentes e ensaios das propriedades do concreto no estado fresco e endurecido buscando atingir o objetivo do trabalho que é a obtenção de um concreto permeável trabalhável para produção em caminhão betoneira.

Os ensaios das propriedades do concreto serão realizados partir de um traço piloto, obtido por outros estudos já realizados sobre o assunto. A partir do traço padrão, serão acrescidos três aditivos polifuncionais (P1, P2 e P3), com funções de reduzir a água de amassamento, aumentar tempo de trabalhabilidade, controlar o tempo de pega, aumentar a plastificação, aumentar as resistências inicial e final e

controlar a incorporação do ar no concreto, a combinação dos polifuncionais com o estabilizador (P1C, P2C e P3C) e um aditivo estabilizador (E).

O traço piloto será de 1:0,64:3,36, em massa relação água cimento fixada em 0,35. A tabela X apresenta a legenda com a nomenclatura adotada para a identificação de cada traço.

Tabela 013- Nomenclatura utilizada em cada traço.

| <b>Composição do traço</b> | Traço piloto | Polifuncional 1 | Polifuncional 2 | Polifuncional 3 | Polifuncional 1 + estabilizador | Polifuncional 2 + estabilizador | Polifuncional 3 + estabilizador | Estabilizador |
|----------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
| <b>Nomenclatura</b>        | Padrão       | Poli 1          | Poli 2          | Poli 3          | Poli 1 completo                 | Poli 2 completo                 | Poli 3 completo                 | Estabilizador |
| <b>Sigla</b>               | P            | P1              | P2              | P3              | P1C                             | P2C                             | P3C                             | E             |

Fonte: Adaptado de BARRETO, 2018.

Os procedimentos de mistura, moldagem e ensaios em laboratório para este estudo foram realizados de acordo com as normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Procedimentos especiais adotados, tendo em vista a ausência de parâmetros normativos inclusivos, foram devidamente estudados e estão amparados pela literatura.

Para a realização deste trabalho, o cimento adotado foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI). A escolha deste foi dada a partir de sua alta resistência à compressão (inicial e final), assim é possível reduzir a quantidade de aglomerante no traço objetivando a menor quantidade de finos. Em consequência da redução de cimento, evita-se o preenchimento dos vazios e ainda tende a aumentar a possibilidade de unir as duas características necessárias ao concreto drenante, sendo elas, a resistência à compressão e a permeabilidade.

O agregado gráúdo utilizado foi a brita 0 e brita 1, doadas pelo Grupotecn Sistemas Construtivos localizada no SDMC Lotes 38 a 52, Q 1 - Ceilândia Norte, Brasília – DF. As faixas granulométricas das Britas 0 e 1 são compatíveis com as granulometrias utilizadas em experimentos anteriores.

Para os agregados miúdos foi utilizada areia artificial doada pelo Grupotecn Sistemas Construtivos localizada em SDMC Lotes 38 a 52, Q 1 - Ceilândia Norte, Brasília – DF. Foi verificada a umidade do material e, quando necessário, o traço inicial foi corrigido, em função desse fator. Foi utilizada água de poço do Grupotecn Sistemas Construtivos localizada em SDMC Lotes 38 a 52, Q 1 - Ceilândia Norte, Brasília – DF. Foi utilizado o aditivo polifuncional 1, é utilizado em casos onde há a

necessidade de uma redução de água de amassamento, ou quando um maior tempo de trabalhabilidade seja necessário (BARRETO, 2018).

O aditivo polifuncional 2 também foi utilizado e ocasiona alta plastificação com manutenção prolongada, controle sobre o tempo de pega e maior redução do ar incorporado. Apresenta aumento nas resistências inicial e final (versão com menor incorporador de ar) (BARRETO, 2018).

Ainda tem-se o aditivo polifuncional 3, que é indicado para concretos com cimentos de tempo de pega rápido, e quando se deseja maior plasticidade da mistura com manutenção por período prolongado mesmo sob elevadas temperaturas. Controla o ar incorporado (versão com menor quantidade de incorporador de ar) (BARRETO, 2018).

Por fim o aditivo estabilizador é um aditivo controlador de hidratação produzido para permitir maior controle sob o início de pega do concreto (BARRETO, 2018).

Para a determinação das proporções dos materiais utilizados nas misturas de concreto permeável foram levados em consideração os traços utilizados por Mariano (2014), Neto (2015), Teixeira (2017), Barreto (2018) e as recomendações da literatura para a produção de concretos permeáveis. Foi fixado o traço de 1:0,64:3,36 (proporção, em massa, de cimento para areia e brita, respectivamente) e foi feito experimentos com a relação a/c a partir de critérios tátil-visuais para definir qual seria a melhor relação em cada traço. Essa relação começou com 0,27 e teve seu pico em 0,35.

Uma quantidade maior de água de água, origina a formação de pasta ocasionando a colmatação dos vazios, A tabela 10 informa a relação água cimento utilizada em cada traço.

*Tabela 14- Relação água cimento utilizada.*

| <b>Traço</b>         | P    | P1   | P2   | P3   | P1C  | P2C  | P3C  | E    |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>a/c utilizada</b> | 0,35 | 0,35 | 0,28 | 0,29 | 0,35 | 0,27 | 0,28 | 0,28 |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Ainda de acordo com Barreto (2018), foi fixado o consumo de 0,8 % de aditivo sobre a massa de cimento utilizada.

O procedimento de mistura foi realizado em uma betoneira de 120 litros, e a ordem de mistura e adição dos materiais foi seguida conforme método descrito por

Teixeira (2017) para concretos permeáveis, a qual constatou que tal forma de mistura é bem condizente com a realidade nas concreteiras e usinas de dosagem. Para a realização dos corpos de prova, foram seguidos os passos a seguir:

1. Adicionar o agregado graúdo/miúdo com o cimento;
2. Misturar por cerca de 1 a 2 min;
3. Adicionar uma 1/3 de água;
4. Misturar por 2 min e adicionar o aditivo polifuncional e/ou o aditivo estabilizador;
3. Adicionar o resto da água em conjunto com o aditivo;
4. Misturar continuamente por cerca de 5 a 10 min.

Para a realização dos ensaios foram moldados seis corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm diâmetro e altura respectivamente, para resistência à compressão, determinação do coeficiente de permeabilidade e avaliação de temperatura a partir do uso de termopares. Também foram moldados seis corpos de prova prismáticos de 15x15x50 cm para a determinação de resistência à tração na flexão e quatro placas de 71x71x10 cm para a determinação do coeficiente de permeabilidade.

*Tabela 15- Adensamento nos corpos de prova.*

| <i>Corpo de prova</i>     | Cilíndrico | Prismático              | Placa        |
|---------------------------|------------|-------------------------|--------------|
| <i>Dimensão (cm)</i>      | 10 x 20    | 15 x 15 x 50            | 71 x 71 x 10 |
| <i>Camadas</i>            | 2          | 3                       | 1            |
| <i>Golpes por camadas</i> | 12         | 25; 10 na última camada | 32           |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Após a moldagem, os corpos de prova foram umedecidos para garantir o processo de cura das peças. Entretanto, o corpo de prova utilizado para fazer a análise de temperatura, foi inserido o cabo termopar para a aferição da temperatura e logo após foi coberto com plástico filme, para evitar a perda de água, e foi mantido fora para facilitar o processo de medição desse fator. A figura 01 mostra como ficaram os corpos de prova após desmolde.

Figura 010- Corpos de prova cilíndricos.



Fonte: Arquivo, 2018.

A literatura cita que os corpos de prova só atingem consistência para desforma após 7 dias (NETO,2015). No entanto, foi observado nesta pesquisa que há vários fatores que irão interferir nessa desforma dos corpos de prova, como por exemplo, fatores climáticos, ambientais, aditivos utilizados e o tipo de cimento. Neste estudo, os corpos de prova cilíndricos foram desenformados com dois dias de idade.

Os corpos de prova foram capeados com argamassa de cimento e areia para uniformizar a superfície da peça e validar os ensaios realizados. Os corpos de prova utilizados para os ensaios de permeabilidade foram os únicos a não serem capeados.

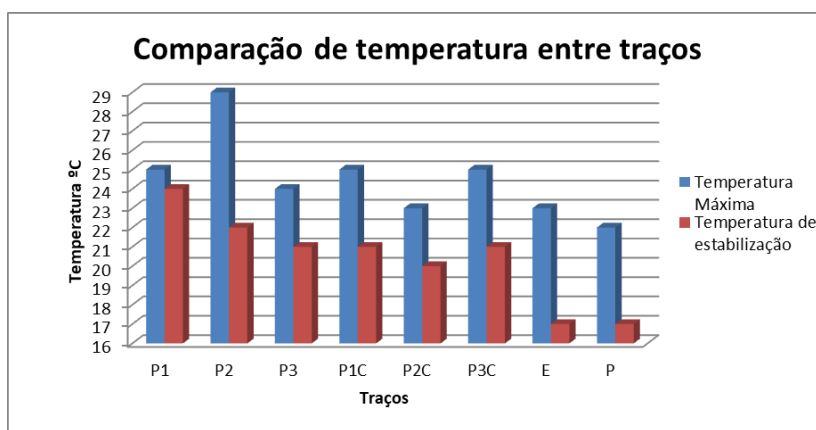
A análise da temperatura foi feita em todos os traços executados, essa se deu em um corpo de prova cilíndrico onde foi alocado um fio de termopar e a aferição foi feita de 30 em 30 minutos, através de um multímetro, até notar uma estabilização de temperatura. Após a estabilização, foram realizadas medições a cada hora em um período total de 24 horas. A tabela 12 e o gráfico 2 demonstram as temperaturas máximas atingidas em cada traço, bem como a temperatura de estabilização.

Tabela 16- Comparativo de temperatura.

| Traço                             | P  | P1 | P2 | P3 | P1C | P2C | P3C | E  |
|-----------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|
| Temperatura máxima (°C)           | 23 | 25 | 29 | 24 | 25  | 23  | 25  | 22 |
| Temperatura de estabilização (°C) | 17 | 24 | 22 | 21 | 21  | 20  | 21  | 17 |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Gráfico 02- Comparação de temperatura.



Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Acredita-se que a relação a/c tem relação diretamente proporcional com a redução de temperatura de pico no concreto em seu estado fresco. Um exemplo é o traço padrão, onde houve uma temperatura menor quando comparado aos traços com aditivos polifuncionais e suas combinações. Analisando caso a caso, foram observados os seguintes comportamentos conforme a tabela 13.

Tabela 17- Análise da temperatura de cada traço.

| Traço                                  | P1/P1C                                                                                      | P2/P2C                                                                                      | P3/P3C                                                                             | E                                                                                                  |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura de pico                    | Não houve diferença com a adição do aditivo estabilizador                                   | Houve redução da temperatura de pico a partir da inserção do aditivo estabilizador          | Houve aumento da temperatura de pico a partir da inserção do aditivo estabilizador | O aditivo estabilizador, como esperado, obteve as menores temperaturas de pico e de estabilização. |
| Tempo de atuação da temperatura máxima | Houve redução do tempo de atuação a partir da inserção do aditivo estabilizador             | Não houve resultados significativos nesse aspecto                                           | Não houve resultados significativos nesse aspecto                                  |                                                                                                    |
| Temperatura de estabilização           | Houve redução da temperatura de estabilização a partir da inserção do aditivo estabilizador | Houve redução da temperatura de estabilização a partir da inserção do aditivo estabilizador | Não houve diferença com a adição do aditivo estabilizador                          |                                                                                                    |

Fonte: Autor, 2018.

Os resultados com o sombreamento verde estão de acordo com o esperado, os em amarelo não contribuíram, pois se mantiveram iguais aos resultados dos traços sem adição de aditivo estabilizador e o resultado em vermelho fugiu do comportamento que era esperado. O controle da temperatura no concreto drenante é importante para controlar e evitar a perda de água no estado fresco. A relação água/cimento é baixa e o aumento de temperatura pode ocasionar em evaporação de água o que prejudica a hidratação do aglomerante.

Foram moldados oito corpos de prova, em formatos prismáticos, com medidas de 15x15x50 cm, sendo um para cada traço, para a idade de 28 dias.

Contudo, por questões técnicas, não foi realizado o ensaio no traço E. A figura 02 corresponde ao ensaio de determinação de resistência à tração na flexão em andamento.

Figura 011- Ensaio de tração em andamento.



Fonte: BARRETO, 2018.

Tabela 18- Resultados do ensaio de tração da flexão.

| <i>Traço</i>             | P   | P1  | P2  | P3  | P1C | P2C | P3C | E |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| <i>Resistência (MPa)</i> | 2,1 | 1,8 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 1,3 | 1,7 | - |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

A NBR 16416 – Pavimentos de concreto permeáveis – requisitos e procedimentos usam como diretriz a resistência de, no mínimo, 1MPa para tráfego de pedestres. Após observar a tabela acima, todos os traços executados estão acima do padrão exigido pela norma. Contudo o traço padrão obteve resultados satisfatórios para receber tráfego leve, respeitando o mínimo de 2 MPa exigido pela norma.

Foram moldados três corpos de prova cilíndricos (10x20 cm) para a realização do ensaio nas idades de 7, 14 e 28 dias. Contudo, durante o desmolde dos corpos de prova, os traços P2C e P1C ainda estavam úmidos (após quatro dias) conforme a figura 03. Acredita-se que a interação dos aditivos combinados, exige uma menor dosagem do estabilizador. Em virtude desse fato, esses traços serão ensaiados apenas com 28 dias de idade.

Figura 012- Traço P2C ao ser desmoldado.



Fonte: BARRETO, 2018.

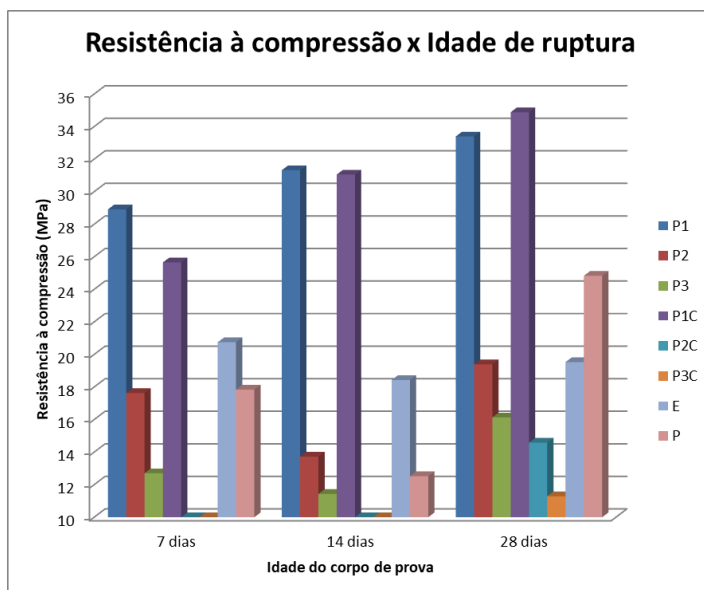
A tabela 15 juntamente com o gráfico 03, sintetizam a relação da resistência à compressão do concreto, nas diferentes idades, quando da adição de diferentes aditivos.

Tabela 19- Análise de resistência à compressão.

| Traço   | P     | P1    | P2    | P3    | P1C   | P2C   | P3C   | E     |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7 dias  | 17,84 | 28,91 | 17,63 | 12,7  | 25,65 | -     | -     | 20,75 |
| 14 dias | 12,52 | 31,32 | 13,72 | 11,43 | 31,05 | -     | -     | 18,43 |
| 28 dias | 24,83 | 33,39 | 19,39 | 16,13 | 34,88 | 14,58 | 11,29 | 19,53 |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Gráfico 03- Comparativo resistência e idade.



Fonte: BARRETO, 2018.



Os resultados que se destacaram foram o alto ganho de resistência entre os traços P1 e P1C. Quanto aos outros traços, notou-se uma queda de resistência na idade intermediária da peça e logo após um incremento desta. Acredita-se que essa variação de resistência deu-se em função do método de adensamento escolhido, dado que houve relatos parecidos em alguns estudos similares.

Por fim, a relevância do uso do aditivo polifuncional 1 para o aumento da resistência à compressão é real e dependendo do caso à ser aplicado, necessária. Para a determinação da massa específica em concretos endurecidos, utiliza-se a relação entre peso seco e volume dos corpos de prova cilíndricos, apresentados em kg/m<sup>3</sup>.

Para a definição da massa específica e índice de vazios, o ensaio começou com a colocação dos corpos de prova na estufa, onde esses permaneceram por 72 horas. Logo após, os corpos de prova foram dispostos em um tanque onde foi preenchido com água no volume correspondente a 1/3 de sua altura e assim permaneceu por quatro horas. Nas quatro horas subsequentes foi adicionado um volume de água correspondente a mais 1/3 da altura do CP, totalizando 2/3. Após as oito horas já realizadas de ensaio, foi adicionado água no reservatório até cobrir os corpos de provas, de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 1987). Os corpos de prova foram pesados quando passadas 72 horas de ensaio.

Tabela 20- Determinação massa específica.

| Traço                                 | P           | P1          | P2          | P3          | P1C         | P2C         | P3C         | E           |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Peso seco (kg)                        | 2,47        | 2,45        | 2,27        | 2,43        | 2,45        | 2,43        | 2,56        | 2,37        |
| Volume da amostra (m <sup>3</sup> )   | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 | 0,001178097 |
| Massa específica (kg/m <sup>3</sup> ) | 2094,16     | 2078,31     | 1927,05     | 2058,67     | 2078,39     | 2060,73     | 2170,25     | 2015,77     |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Todos os resultados apresentados estão acima do mínimo de 1600 kg/m<sup>3</sup> exigido pela NBR 16416. De acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015) determina que para concreto permeável, moldado *in loco*, o coeficiente de permeabilidade pode ser determinado a partir do seu Anexo A, ou através da NBR 13292 (ABNT, 1995). Assim foram realizados ensaios em conformidade com as duas normas. Conquanto, após uma análise da ação do aditivo estabilizador combinado com outros polifuncionais

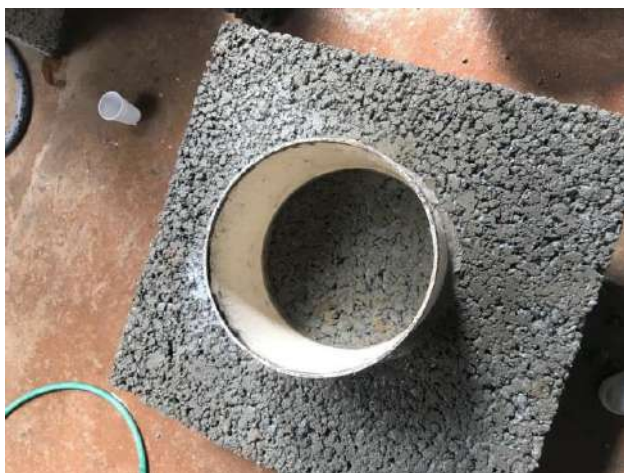
notou-se um retardo na pega dessa composição. Logo para realizar essa confrontação, foram utilizados apenas os traços com a adição de aditivo polifuncional.

Após 20 dias de moldagem, o ensaio de permeabilidade foi realizado nas placas, essas se encontravam secas e foram armazenadas em um local limpo onde não havia poeira. Para a realização desse ensaio, foi necessário um anel de infiltração do 300 mm, nesse foi realizado duas marcas, a primeira com 10 mm e a segunda com 15 mm, usando a placa como referência de altura.

Foi feito uma pré-molhagem na placa com uma mangueira por 30 segundos, e logo em seguida foram adicionados 18 kg de água. Foi respeitada a altura de água no cilindro, entre as duas marcas realizadas, durante todo o ensaio. Desde o início da inserção dessa massa de água, foi marcado o tempo, para cálculos futuros. Esses procedimentos foram realizados nas duas faces da placa e em todas as placas realizadas.

A figura 04 retrata a placa de concreto drenante com o anel de infiltração fixado, pronta para dar continuidade ao ensaio. Para melhor entendimento dos resultados obtidos, foram elaborados a tabela 17 e o gráfico 21.

Figura 013- Placa de concreto drenante.



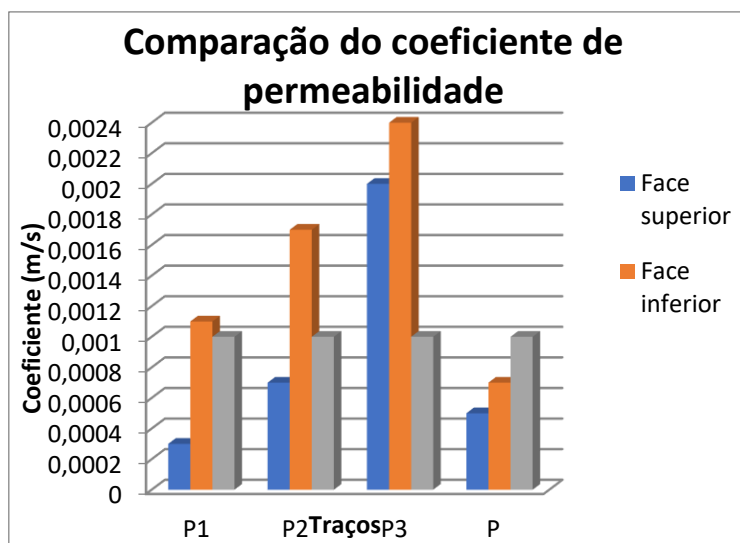
Fonte: BARRETO, 2018.

Tabela 21- Coeficiente de permeabilidade.

| <i>Traço</i>               | P1     | P2     | P3     | P      |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Face Inferior (m/s)</i> | 0,0011 | 0,0017 | 0,0024 | 0,0007 |
| <i>Face superior (m/s)</i> | 0,0003 | 0,0007 | 0,002  | 0,0005 |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Gráfico 04- Comparação do coeficiente de permeabilidade.



Fonte: BARRETO, 2018.

Após uma análise foi verificado que, a priori, somente as faces inferiores dos traços aditivados estariam aptas para o uso, de acordo com a norma. Contudo, as faces superiores ainda possuem uma permeabilidade média ( $K > 0,001 \text{ m/s}$ ) de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015).

Acredita-se que o método utilizado para o adensamento, o uso de soquete despendendo a uma altura de 30 cm das placas não seja o ideal para esse caso, em virtude do baixo resultado de permeabilidade causado nas faces superiores, ocasionados pelo excesso de colmatção de vazios. O traço padrão apresentou os piores resultados, para o ensaio de permeabilidade, ficando inviável o uso desse traço para a produção de concreto drenante. Para a realização desse ensaio foram utilizadas as premissas descritas na NBR 13292 – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante.

Para a execução do ensaio, foi utilizado o permeâmetro de carga constante, onde dispõe de uma base inferior metálica que serviu para acoplar o corpo de prova no aparelho. Com a finalidade de evitar perda de água pela lateral, esse foi vedado com bentonita. Para preencher o vazio criado entre o corpo de prova e as paredes do equipamento, também foi utilizado bentonita no preenchimento. Assim, garantiu-se que a percolação de água se daria somente no sentido perpendicular à superfície do corpo de prova conforme a figura 13. A figura 14 representa o ensaio em andamento.

Figura 014- Revestimento do equipamento com bentonita.



Fonte: BARRETO, 2018.

Figura 015 - Ensaio de permeabilidade em andamento



Fonte: BARRETO, 2018.

Após o revestimento, retirou-se todo o ar presente na mangueira de entrada e saída de água do equipamento. Foi medida a altura do nível de água e foi certificado que essa altura se manteve constante. Logo após houve a liberação do fluxo de água até a saturação completa do corpo de prova, ou seja, até a água percolar por completo ao longo do corpo de prova e sair pelo outro orifício do equipamento. Após a conclusão da saturação, foi aferido o volume de água coletado em um recipiente no período de 20 segundos. Em seguida, o volume de água foi inserido em uma proveta de 1000 ml para verificar a quantidade de água que foi recolhida. Esse procedimento foi repetido por quatro vezes a fim de obter melhores resultados.

A tabela 18 representa a relação dos coeficientes de permeabilidades atingidos de acordo com cada traço.

Tabela 22- Coeficiente permeabilidade de acordo com a NBR 13292.

| Traço              | P1    | P2    | P3     | P      |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|
| Coeficiente (cm/s) | 0,003 | 0,006 | 0,0048 | 0,0079 |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

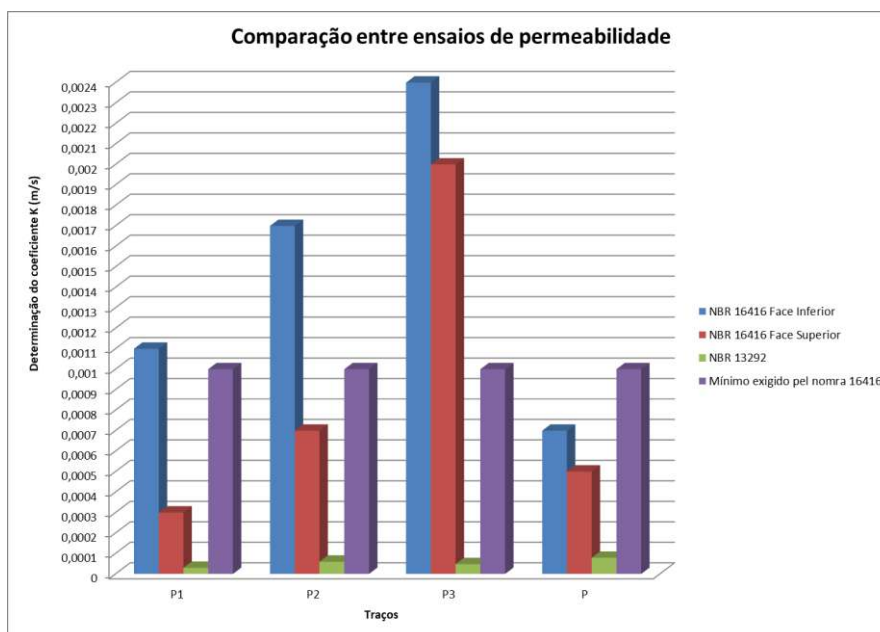
Nota-se que o traço sem consumo de aditivo, traço padrão, obteve o maior resultado na obtenção do coeficiente de permeabilidade. Os resultados foram expressos na unidade cm/s, conforme orientado pela NBR 13292. A tabela 19 e o gráfico 05 resumem os dados obtidos através dos ensaios realizados.

Tabela 23- Comparação entre ensaios de permeabilidade.

| Traço                               | P1      | P2      | P3       | P        |
|-------------------------------------|---------|---------|----------|----------|
| NBR 16416 Face Inferior (m/s)       | 0,0011  | 0,0017  | 0,0024   | 0,0007   |
| NBR 16416 Face superior (m/s)       | 0,0003  | 0,0007  | 0,002    | 0,0005   |
| NBR 13292 (m/s)                     | 0,00003 | 0,00006 | 0,000048 | 0,000079 |
| Mínimo exigido pela NBR 16416 (m/s) | 0,001   | 0,001   | 0,001    | 0,001    |

Fonte: Adaptado BARRETO, 2018.

Gráfico 05- Comparação entre ensaios de permeabilidade.



Fonte: BARRETO, 2018.

Após uma breve análise na tabela e gráfico acima, nota-se uma discrepância entre os resultados obtidos nos dois ensaios.

De acordo com os resultados obtidos, percebe-se uma disparidade entre os ensaios propostos pela NBR 16416 e pela NBR 13292, para todos os traços. Observando os resultados obtidos a partir da amostra preparada pela dosagem 3, verifica-se o excelente resultado apresentado quando analisado pela NBR 16416 e a não conformidade, quanto a permeabilidade, quando analisado pela NBR 13292.

Para melhor acompanhamento a tabela 20 demonstra a nomenclatura utilizada em cada traço.

Tabela 24- Nomenclatura utilizada.

| <b>Composição do traço</b> | Traço piloto | Polifuncional 1 | Polifuncional 2 | Polifuncional 3 | Polifuncional 1 + estabilizador | Polifuncional 2 + estabilizador | Polifuncional 3 + estabilizador | Estabilizador |
|----------------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
| <b>Nomenclatura</b>        | Padrão       | Poli 1          | Poli 2          | Poli 3          | Poli 1 completo                 | Poli 2 completo                 | Poli 3 completo                 | Estabilizador |
| <b>Sigla</b>               | P            | P1              | P2              | P3              | P1C                             | P2C                             | P3C                             | E             |

Fonte: Adaptado de BARRETO, 2018

#### 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do estudo possibilitou as seguintes conclusões: Há controvérsias entre os resultados de permeabilidade obtidos através do anexo A da NBR 16416 e da NBR 13292. A diferença apresentada é muito alta e ainda leva ao questionamento de qual método seria o mais eficaz.

Os traços que continham o aditivo polifuncional 1 apresentaram resistências à compressão superiores aos demais. O traço que continha o aditivo polifuncional 3 apresentou maior índice de permeabilidade, segundo a NBR 16416, dentre os traços utilizados. A dosagem de aditivo estabilizador foi muito alta e causou um retardo de hidratação acima do esperado. Isso inviabilizou alguns ensaios para os traços que continham essa adição.

A consistência do concreto, em seu estado fresco, ficou semelhante às com as características referidas pela literatura. A pasta cimentícia envolveu todos os grãos, houve um brilho na mistura no estado fresco, e ainda a mistura ficou homogênea ao ponto de descolar das paredes da betoneira. Contudo, o *slump* das misturas permaneceu em 0mm, o que inviabiliza o bombeamento desse tipo de concreto.

Apesar dos resultados positivos quando a aparência do concreto em seu estado fresco acredita-se que o transporte ainda é inviável para esse caso.

O uso do aditivo estabilizador reduziu a temperatura máxima em somente um traço dos estudados. No entanto ao compararmos os resultados dos outros ensaios, o uso desse aditivo não trouxe benefícios significativos. Por fim, acredita-se que o uso desse aditivo pode ser dispensável.

Quando analisados todos os fatores necessários, acredita-se que o traço P3 seja o mais eficiente entre todos os estudados. Apesar de não ter resultados de resistência mecânica mais elevados, os resultados obtidos estão de acordo com o mínimo exigido pela norma NBR 16416. Contudo esse traço teve resultados de permeabilidade de massa específica muito bons e acima do esperado.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_. **NBR NM 9:** Concreto e argamassa – Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_. **NBR NM 43:** Cimento Portland – determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_. **NBR NM 46:** Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. **NBR NM 53:** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. **NBR NM 67:** Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica.

\_\_\_\_. **NBR 5733:** Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_. **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, 2007.

\_\_\_\_. **NBR 7211:** Agregados para concretos – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_. **NBR 8522:** Concreto – determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro, 2017.

\_\_\_\_. **NBR 8953:** Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_. **NBR 9776:** Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_. **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. **NBR 9833:** Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_. **NBR 10342:** Concreto - Perda de abatimento. Rio de Janeiro, 1992.



\_\_\_\_\_. **NBR 11579:** Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 12142:** Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 13292:** Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 16607:** Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland** – BT-106, 7 ed., São Paulo, 28p. 2002.

BATEZINI, RAFAEL. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves.** 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2013.

BRAJA, M. DAS. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** Cengage learning, 560p. 2014.

BARRETO, ANA GABRIELA DE OLIVEIRA. **Análise do método da determinação do coeficiente de permeabilidade em concretos permeáveis aditivados através das normas NBR 16416 e NBR 13292.** 94p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília. 2018.

CADORE, JÚLIA CAMPREGHER; FAGUNDES, CAROLINE KORMANN; PEDRONI, GABRIELLA CONTESINI; SANTOS, SÍLVIA. **Avaliação da resistência mecânica e permeabilidade de concretos permeáveis com adição de agregado miúdo.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016. 5p. Paraná, 2016.

CANHOLI, ALUÍSIO PARDO. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo, Oficina de Textos, 384p. 2014.

DELLATE, N; CLEARY, J. **Developing a Strucutral Design Method for Pervious Concrete Pavement.** Disponível em: <http://www.nssga.org/aftre/Symposium/2006-06.pdf>  
EFFTING, CARMEANE. **Agregados.** Notas de aula. UDESC, Departamento de Engenharia Civil. Joinville, 2014.

HELENE, PAULO R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** São Paulo, PINI, 349p. 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** IBRACON, 2007. Editor Geraldo Cechella Isaia.

MARCHIONI, Mariana L.; SILVA, Cláudio O. **Conceitos e Requisitos para Pavimentos Intertravado Permeável.** Prática Recomendada PR-2. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). São Paulo, 2011.

MARIANO, HUMBERO RODRIGUES. **Influência do teor de argamassa e da granulometria de brita na permeabilidade e nas resistências à compressão e à**

**abrasão de concretos permeáveis.** 2014. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade federal de Goiás, Goiânia, 2014.

NETO, ELDER FREIRE SILVEIRA. **Estudo da variação do teor de argamassa na composição de concretos permeáveis para atendimento da ABNT 16416:2015.** 92P. Trabalho de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 2015.

NEVILLE, A. M.; J. J. BROOKS. **Tecnologia do Concreto**, tradução: Ruy Alberto Cremonini. - 2ª ed. Porto Alegre, Bookman, 448p. 2013.

OLIVEIRA, REGINA LÚCIA MELO DE; SILVA, SIMONE ROSA DA. **Alternativas compensatórias para drenagem urbana em ponto crítico da Cidade do Recife – PE.**

ONO, BRUNO WATANABE; BALBO, JOSÉ TADEU; CARGNIN, ANDRÉIA POSSER. **Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado**, 177p. Revista de Transportes, volume 5, ed. 3.

PARISSOTO, MICHAEL; LINHARES, VÍTOR MARQUES; FERREIRA, LÍVIA ZOPPAS; PERERA, GABRIEL GALVAN; SCHWETZ, PAULETE FRIDMAN, LORENZI, ALEXANDRE. **Desenvolvimento e Aperfeiçoamento da Confecção de Pisos e Elementos Drenantes de Concreto Permeável.** Feira de Inovação Tecnológica da UFRGS – FINOVA. Porto Alegre, 2014.

PICANÇO, MARCELO DE SOUZA; GHAVAMI, KHOSROW. **Comportamento à compressão de argamassas reforçadas com fibras vegetais da Amazônia.** Revista Escola de Minas, Volume 61, 13-18p. 2008.

RAHMAN, SONIA; NORTHMORE, ANDREW B.; HENDERSON, VIMY; TIGHE, SUSAN L. **Developing A Framework for Low-Volume Road Implementation of Pervious Concrete Pavements**, International Journal of Transportation Science and Technology, volume 4, 91p. 2015.

SILVA, D. C. DE S.; PASSOS, P. G. C. **Estudo das características do concreto permeável produzido com agregado graúdo e miúdo.** 22p. Trabalho de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília – UCB. Brasília, 2015.

SILVA, Fernando Benigno da. **Pavimentos de concreto permeável.** Disponível em <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/artigo288015-3.aspx>.

TEIXEIRA, AMANDA ROSA. **Estudo da aplicação in loco de concreto permeável em pavimentos segundo a NBR 16416:2015**, 27p. Projeto de pesquisa – Universidade Católica de Brasília – UCB, Brasília. 2017.

TENNIS, PAUL, D; LEMING, MICHEL, L; E AKERS, DAVID, J., **Previous Concrete Pavements**, EB302.02. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, e National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, EUA. 36p. 2004.

TUCCI, CARLOS E. M. – **Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas**, Revista Brasileira de recursos hídricos, volume 5, Porto Alegre. 61-68p. 2000.

UFRGS. **Elementos de drenagem urbana utilizando concreto permeável.** Disponível em <https://www.ufrgs.br/vitrinetecnologica/maquinas-e-equipamentos/elementos-de-drenagem-urbana-utilizando-concreto-permeavel/>

U.S ENVIRONMENTAL PROTECTY AGENCY, 2009. Disponível em <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/waterfront.pdf>

VIRGILIIS, Afonso Luís Corrêa de – **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 213p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2009.

WILKEN,P.S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB P477, 1978.

ZANETTA, LUIZ HENRIQUE RODRIGUES. **Inserção de Uso do Concreto Permeável no Espaço Público Urbano**. Menção Honrosa Prefeitura Municipal de Guarulhos/SP. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/9182-men%C3%A7%C3%A3o-honrosa-2012-prefeitura-municipal-de-guarulhos-sp>

# CAPÍTULO 25

DESLOCAMENTO QUÍMICO DE 13C CALCULADO PARA EFAVIRENZ.

## **Gustavo da Silva Prado**

Bacharel em Química

Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí/GO

Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá) Rod BR 364 KM 192

Endereço: Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 – CEP: 75801-615, Jataí/Goiás

E-mail: gsprado98@gmail.com

## **Thaís Forest Giacomello**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí/GO

Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá) Rod BR 364 KM 192

Endereço: Setor Parque Industrial, 3800 Caixa Postal 03 - CEP 75801-615 Jataí/Goiás

E-mail: thaisgiaco@gmail.com

## **Leonardo Buss Wulff**

Licenciado em Química Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí-GO

Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá) Rod BR 364 KM 192

Endereço: Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 – CEP: 75801-615, Jataí/Goiás

E-mail: leonardowulff@gmail.com

## **Marcelo Ricardo Souza Siqueira**

Doutor em Física de Materiais Universidade Federal do Amapá

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET/UNIFAP)

Endereço: Rod. Juscelino Kubitschek, km 02 - Jardim Marco Zero, Macapá/AP,  
CEP: 68903-419

E-mail: marcelo.siqueira@unifap.br

## **Gunar Vingre da Silva Mota**

Doutor em Físico-Química Universidade Federal do Pará

Instituto de Ciências Exatas e Naturais ICEN UFPA

Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém/PA

E-mail: gunarmota@yahoo.com

## **Antonio Maia de Jesus Chaves Neto**

Doutor em Física Universidade Federal do Pará Departamento de Física UFPA

Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém – PA

E-mail: amchaves@ufpa.br

## **Edimilson dos Santos Moraes**

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia Universidade Federal do Pará

Departamento de Física UFPA

Endereço: R. Augusto Corrêa, 1 - Universitário, Belém – PA

E-mail: edmilson@ufpa.br

**Fabio Luiz Parahos Costa**

Doutor em Química de Produtos Naturais Universidade Federal de Goiás-REJ Jataí-GO  
Cidade Universitária José Cruciano de Araújo (Unidade Jatobá) Rod BR 364 KM 192  
Endereço: Setor Parque Industrial, 3800, Caixa Postal 03 – CEP: 75801-615 Jataí/ Goiás  
E-mail: fabbioquimica@gmail.com

**Sara Sâmitha Souza**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Goiás  
Instituição: Universidade Federal de Jataí  
Endereço: BR 364, km 195, 3800, CEP: 75801-615, Jataí/GO, Brasil  
E-mail: sarasamitha22@gmail.com

**Leandro Leal Rocha De Oliveira**

Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde pela Universidade Federal de Goiás  
Instituição: Universidade Federal de Jataí  
Endereço: BR 364, km 195, 3800, CEP: 75801-615, Jataí/GO, Brasil  
E-mail : leandrolealjt@gmail.com

**Pamella Caroline Abreu da silva**

Graduada em Ciências Naturais pela UFPA  
Instituição: Centro universitário FIBRA,  
Endereço: Av. Gentil Bittencourt 1144, Nazaré, CEP: 66040-174, Belém/PÁ  
E-mail: pamellasilva.cn@gmail.com

**RESUMO:** Neste trabalho, o objetivo é avaliar a habilidade do nosso protocolo para o cálculo do deslocamento químico ( $\delta$ ) NMR do  $^{13}\text{C}$  para reproduzir os dados experimentais obtidos no estado sólido de NMR (SSNMR) para a molécula do efavirenz.

**PALAVRAS-CHAVE:** GIAO, mPW1PW91/6-31G, Efavirenz.

**ABSTRACT:** In this work, the objective is to endorse the ability of our protocol for the calculation of the chemical displacement ( $\delta$ ) NMR of  $^{13}\text{C}$  to reproduce the given experiments obtained in the solid state of NMR (SSNMR) for an efavirenz molecule.

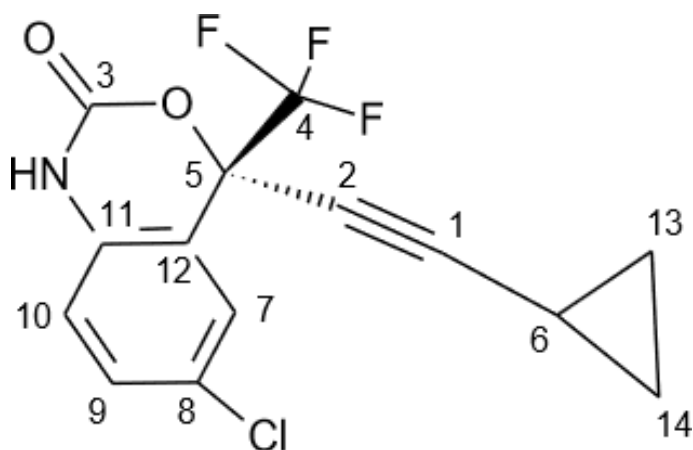
**KEYWORDS:** GIAO, mPW1PW91 / 6-31G, Efavirenz.

## 1. INTRODUÇÃO

Considerado um problema de saúde pública muito importante, a infecção pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV) afeta particularmente países de baixa e média renda (HOFSTETTER; EMSLEY, 2017). Apesar dos avanços significativos no tratamento do HIV, a transmissão do vírus da imunodeficiência humana continua a ser comum, mesmo com novos diagnósticos a todo momento, chegou a quase 2 milhões de casos em todo o mundo, em 2016 (RIDDELL; AMICO; MAYER, 2018).

Um dos inibidores da transcriptase reversa não nucleosídeos (ITRNNs) mais amplamente utilizados no tratamento de adultos e crianças infectados pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV) é o efavirenz (EFV) (figura 01).

Figura 01: Estrutura da molécula de Efavirenz.



É considerado um potente fármaco anti-HIV com uma meia vida longa que é capaz de atravessar a barreira hematoencefálica, por essa razão que o medicamento EFV é um componente chave das combinações de tratamento prescrito com maior frequência para a infecção de HIV (CAVALCANTE et al., 2017).

A sua co-administração com medicamentos como tenofovir e a lamivudina ou alternativamente a emtricitabina é atualmente o regime de primeira linha para a terapêutica antiretroviral combinada (CECKOVA et al., 2018).

Um sólido pode existir em forma cristalina ou amorfa, conforme sua estrutura interna. Polimorfos são as mais variadas formas de cristalino encontrado em substâncias químicas e a esse fenômeno chamamos de polimorfismo. Já é sabido que mais de 59 % das substâncias existem em mais de uma forma cristalina e pelo menos 38 % podem formar polimorfismo. As propriedades físicas e químicas de um

medicamento são determinadas pelo arranjo das moléculas em um cristal. O desempenho de um fármaco é influenciado pelas propriedades físico-químicas da molécula do fármaco. As operações farmacêuticas são afetadas pela forma e as partículas do fármaco sólido (LAKSHMI PRASANTHI et al., 2016).

A possibilidade de determinação estrutural de moléculas tridimensionais assume um papel central na química quando se pensa em relação estrutura-atividade (D'SOUZA et al., 2009). É um desafio para a caracterização estrutural quando a amostra é um pó e principalmente quando esse tem importância em aplicações farmacológicas e ainda envolve a determinação de estruturas polimórficas desse medicamento.

A espectroscopia de Ressonância Magnética (RMN) é um dos principais métodos para assinalamento de estruturas de compostos orgânicos (LAKSHMI PRASANTHI et al., 2016). A combinação de estudos de deslocamento químico ( $\delta$ ) de RMN experimental e calculado auxiliam a confirmar a estrutura de moléculas (HOFSTETTER; EMSLEY, 2017). Nesta área, a combinação de RMN de estado sólido e métodos computacionais também fez um tremendo progresso na última década (APOSTOLOVA et al., 2017).

## 2. METODOLOGIA

O cálculo RNM  $^{13}\text{C}$   $\delta$  do efavirenz foi obtido através do nível de teoria GIAOmPW1PW91/6-31G(d)//mPW1PW91/6-31G(d). Através de *software* do Spartan é realizado análise conformacional com o intuito de selecionar os conformeros mais estáveis da molécula de efavirenz. Selecionando os confôrmeros que representam a maior parte da população total das moléculas, i.e., aqueles que contam com a energia livre de até 3 kcal.mol<sup>-1</sup>. Também no programa Spartan calcula-se o “Single Point” com o intuito de confirmar os conformeros mais estáveis.

Agora com o confôrmero mais estável calcula-se no programa Gaussian '09 cálculos de otimização de geometria e cálculos de frequência vibracional, esse para mostrar os pontos estacionários e para confirmar a natureza dos pontos estacionários, respectivamente. Após então sabermos o confôrmero de menor energia relativa são calculados os  $\delta$  de  $^{13}\text{C}$ , levando em conta a distribuição de Boltzmann.

Os cálculos de  $\delta$  são obtidos com a equação  $\delta_{\text{calc}} = \sigma_{\text{TMS}} - \sigma_{\text{núcleo}}$ , onde  $\sigma_{\text{TMS}}$  é o isotrópico do tensor de blindagem do composto de referência TMS (tetrametilsilano) calculado no mesmo nível de teoria e  $\sigma_{\text{núcleo}}$  é o isotrópico do

tensor de blindagem do núcleo da molécula. Os dados escalonados  $\delta$  ( $\delta_{\text{scal}}$ ) são obtidos segundo a equação  $\delta_{\text{scal}} = 1.05 \cdot \delta_{\text{calc}} - 1.22$  (1). Esse fator de escalonamento foi retirado de um trabalho publicado em 2017 por Giacomello et. al., (GIACOMELLO et al., 2017). Para realizar uma validação estatística de nossos resultados, foram calculados os erros de desvio médio (MAD) e desvio quadrático médio (RMSD) (em ppm).

### 3. RESULTADOS/DISCUSSÃO

Através deste trabalho foi possível obter bons resultados, uma vez que o fator de escalonamento utilizado, obteve uma ótima acurácia do método GIAO-HDFT, o que implica em um resultado estatístico de MAD (desvio médio absoluto) e RMSD (erro quadrático médio) muito bons. A comparação dos dados demonstrou uma grande concordância entre RMN experimental e calculada  $\delta$ . Para a molécula EFAVIRENZ, MAD e RMS antes (depois), em ppm, a aplicação do fator de escala é: MAD = 6,00 (3,64) RMSD = 7,62 (4,82)

### 4. CONCLUSÃO

Considerando os valores de MAD e RMSD obtidos, podemos concluir que os dados de deslocamento químico de  $^{13}\text{C}$  de RMN experimental comparados aos dados escalonados demonstram muita proximidade, isto é, há uma boa relação. Além de que foi possível demonstrar que mesmo usando o método GIAO, obtivemos bons resultados (uma vez que o mesmo, não é o procedimento ideal para este cálculo) o método conseguiu ter uma boa reprodução de dados experimentais do SSNMR.

Também podemos deduzir que o uso de um fator de escalonamento, feito a partir de uma regressão linear entre os dados de deslocamentos químicos experimentais e calculados no nível GIAO-mPW1PW91/6-31G\* é uma ferramenta eficiente e de baixo custo computacional para minimizar erros na reprodução de deslocamentos químicos de  $^{13}\text{C}$  SSNMR.



## REFERÊNCIAS

APOSTOLOVA, N. et al. Efavirenz: What is known about the cellular mechanisms responsible for its adverse effects. **European Journal of Pharmacology**, v. 812, p. 163–173, 2017.

CAVALCANTE, G. I. T. et al. HIV antiretroviral drug Efavirenz induces anxiety-like and depression-like behavior in rats: evaluation of neurotransmitter alterations in the striatum. **European Journal of Pharmacology**, v. 799, p. 7–15, 2017.

CECKOVA, M. et al. Efavirenz reduces renal excretion of lamivudine in rats by inhibiting organic cation transporters ( OCT , Oct ) and multidrug and toxin extrusion proteins ( MATE , Mate ). p. 1– 16, 2018.

D'SOUZA, C. et al. Search for novel neuraminidase inhibitors: Design, synthesis and interaction of oseltamivir derivatives with model membrane using docking, NMR and DSC methods. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes**, v. 1788, n. 9, p. 1740–1751, set. 2009.

GIACOMELLO, T. F. et al. Protocol for Calculating <sup>13</sup> C Nuclear Magnetic Resonance Chemical Shifts of Flexible Organic Molecules. **Advanced Science, Engineering and Medicine**, v. 9, n. 8, p. 640–647, 1 ago. 2017.

HOFSTETTER, A.; EMSLEY, L. Positional Variance in NMR Crystallography. **Journal of the American Chemical Society**, v. 139, n. 7, p. 2573–2576, 22 fev. 2017.

LAKSHMI PRASANTHI, N. et al. A Review on Polymorphism Perpetuates Pharmaceuticals. **American Journal of Advanced Drug Delivery**, v. 4, n. 5, 2016.

RIDDELL, J.; AMICO, K. R.; MAYER, K. H. HIV Preexposure Prophylaxis. **Jama**, v. 319, n. 12, p. 1261, 2018.

## CAPÍTULO 26

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PNRS: UM ESTUDO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA, AGROTÓXICOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM MUNICÍPIOS DO VALE DO RIBEIRA/SP.

### **Fagner Evangelista Severo**

Mestre em Ecologia pela Universidade Santa Cecília

Instituição: Universidade Santa Cecília

Endereço: Rua Oswaldo Cruz, 277 - Boqueirão, Santos - SP, CEP: 11045-907

E-mail: fagner.sev@ig.com.br

### **Maria Cristina Pereira Matos**

Pós-doutorada pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da

Universidade de São Paulo (FEA-USP)

Instituição: Universidade Santa Cecília

Endereço: Rua Oswaldo Cruz, 277 - Boqueirão, Santos - SP, CEP: 11045-907

E-mail: cris\_matos@uol.com.br

### **Aurélio Moschin**

Mestre em Ecologia pela Universidade Santa Cecília

Instituição: Universidade Santa Cecília

Endereço: Rua Oswaldo Cruz, 277 - Boqueirão, Santos - SP, CEP: 11045-907

E-mail: moschin.aurelio@ig.com.br

**RESUMO:** A PNRS foi instituída no Brasil em 2010 e promove sistemas de logística reversa, dentre eles, dos agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, que uma vez descartados incorretamente, comprometem o meio ambiente, a sociedade e a economia. O objetivo deste artigo foi investigar se os produtores de banana de municípios do Vale do Ribeira/SP conhecem a PNRS e sua relação com a logística reversa das embalagens de agrotóxicos. A metodologia adotada foi exploratória, de caráter qualitativo, empregando-se como método, uma pesquisa bibliográfica e de campo, aplicando a técnica do questionário semiestruturado, direcionada aos produtores de banana. Os resultados permitiram observar que muitos produtores desconhecem a Política em questão e sua relevância para a desenvolvimento sustentável da região.

**PALAVRAS-CHAVE:** PNRS; Logística reversa; Agrotóxicos; Vale do Ribeira.

**ABSTRACT:** PNRS was established in Brazil in 2010 and promotes reverse logistics systems, including pesticides, their waste and packaging, which, once improperly disposed of, compromise the environment, society and the economy. The purpose of this article was to investigate whether banana producers in municipalities in Vale do Ribeira / SP know the PNRS and its relationship with the reverse logistics of pesticide packaging. The adopted methodology was exploratory, of qualitative character, being used as method, a bibliographic and field research, applying the technique of the semi-structured questionnaire, directed to the banana producers. The results showed that

many producers are unaware of the Policy in question and its relevance to the sustainable development of the region.

**KEYWORDS:** PNRS; Reverse logistic; Pesticides; Ribeira Valley.

## 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS foi instituída pela Lei nº 12.305 em 2010 e regulamentada pelo decreto nº 7.404 em 23 de dezembro do mesmo ano, passando a tratar as atividades que se relacionam com a produção e o descarte dos resíduos sólidos no país.

A PNRS foi instituída com o objetivo de alterar a Lei nº 9.605 de 1998 que tratava somente sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, tornando-se um marco regulatório no Brasil [1]. Assim, a implantação da PNRS pelo governo federal foi fator crucial para uma série de alterações na sociedade atual [2]. Dentre essas ocorrências significativas, destaca-se a colocação da nação num nível alto de comprometimento com o meio ambiente, inclusive, em acordos de caráter internacional para o desenvolvimento sustentável [3].

Dessa forma, o governo, que inicialmente era o principal responsável pela gestão dos resíduos sólidos no país, passou a dividir essas responsabilidades com produtores e consumidores [4], incluindo a prática da logística reversa de produtos, baseando-se nas orientações da PNRS [5]. Em se tratando da necessidade de práticas logísticas reversas, como estabelece a PNRS, faz-se necessário jogar luz à problemática das embalagens plásticas na atualidade mundial, em especial, quando estas são dispostas de forma irregular no meio ambiente, resultando em severos problemas ambientais [6].

Nesse contexto das poluições promovidas pelo descarte incorreto das embalagens, sobressai a disposição final daquelas que serviram para acomodar e transportar agrotóxicos, considerando que o desvencilhamento desse tipo de recipientes, diretamente no solo, tem elevado os impactos ambientais no planeta [7].

Não bastasse a descartabilidade incorreta das embalagens de agrotóxicos, outra ação também preocupa o governo e profissionais da saúde, trata-se da falta de conhecimento dos agricultores sobre o assunto, haja vista que muitos indivíduos

colocam em risco a própria saúde e a de outras populações, quando, por exemplo, reutilizam as embalagens dos químicos agrícolas para o acondicionamento de água e/ou alimento [8].

Na direção dessa falta de conhecimento dos agricultores, destacam-se ainda outros agravantes, dentre eles, o descarte das embalagens de agrotóxicos em rios, a queima desses materiais a céu aberto, o abandono das embalagens nas próprias lavouras e reciclagens sem os devidos controles [9], promovendo a manipulação de resíduos tóxicos altamente nocivos à saúde humana e animal [10].

Frente à necessidade de uma correta gestão desses resíduos tóxicos, chama-se a atenção para o uso dos químicos agrícolas largamente utilizados em produções de banana no mundo, objetivando combater pragas e doenças nas bananeiras, tais quais o Mal-do-Panamá, a *Sigatoka*-amarela e a *Sigatoka*-negra [11]. No Brasil, a agricultura da banana recebe grande atenção da sociedade porque é a segunda fruta mais cultivada no país e está presente em todos os Estados, desde o litoral até os planaltos [12].

O Vale do Ribeira, localizado no litoral sul de São Paulo é constituído por 20 municípios [13] e se destaca como um dos maiores ambientes produtivos de banana no Estado [14]. Dessa forma, torna-se essencial para a sobrevivências desses produtores, o conhecimento, bem como a provisão de tecnologias em seus centros produtivos, como forma de assegurar a continuidade das produções [14].

Assim sendo, torna-se essencial a correta gestão dos resíduos tóxicos nesses ambientes produtivos, bem como a fiscalização, a educação ambiental e propagação de políticas públicas para que a legislação estabelecida possa se consolidar na atuação dos cidadãos e conseqüentemente, promova uma sociedade mais justa, solidária, equilibrada e sustentável [15].

## **2. OBJETIVOS**

O estudo objetivou identificar se os produtores de banana dos municípios de Itariri e Pedro de Toledo, Vale do Ribeira/SP, conhecem a existência da Lei Nº 12.305/2010 e suas orientações sobre a logística reversa das embalagens de agrotóxicos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho adotou uma metodologia exploratória, de caráter qualitativo, empregando-se como método, além da pesquisa bibliográfica, uma pesquisa de campo, aplicando a técnica do questionário semiestruturado, direcionada aos produtores de banana. O questionário contemplou questões relativas ao perfil do entrevistado, particularidades da empresa pesquisada, conhecimentos sobre a PNRS, gestão de resíduos sólidos, logística reversa e agrotóxicos.

A área escolhida para realização da pesquisa foram os municípios de Itariri e Pedro de Toledo, tendo sido esta realizada em julho de 2016. A escolha de ambos os municípios como *lócus* da pesquisa se deu diante da forte cultura da banana na região.

### 4. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa demonstraram que do total de produtores entrevistados (23 indivíduos), uma parcela relevante (19 indivíduos) indicou desconhecer a PNRS e também não fazer uso de suas orientações, uma vez que os municípios onde suas áreas produtivas estão estabelecidas, não exigem o cumprimento de políticas públicas para a gestão dos resíduos sólidos ali produzidos.

Cabe ressaltar que os municípios não foram alvo de pesquisa nesse sentido, ou seja, as informações apuradas foram adquiridas junto aos respondentes. Dessa forma, é desconhecido se os municípios possuem ou não, políticas que se relacionem com a gestão dos resíduos sólidos.

Torna-se relevante destacar que apenas 04 dos entrevistados alegaram conhecer e adotar as orientações da PNRS em suas atividades cotidianas de produção. Dentre as atividades que se relacionam com as orientações da PNRS, foi destacada por estes a logística reversa das embalagens de agrotóxicos em suas diferentes composições (plásticos, latas, galões, sacas, etc.) e a dos resíduos recicláveis (papel, plástico, metal, alumínio, vidro, etc.)

### 5. DISCUSSÃO

A pesquisa obteve um resultado expressivo, informando a situação dos produtores de banana de Itariri e Pedro de Toledo, demonstrando a falta de interesse do governo em tornar conhecida a PNRS, estabelecida há quase 10 anos. Nota-se ainda a falta de políticas públicas e fiscalização, para tratar corretamente o descarte

dos resíduos tóxicos derivados das produções de banana nesses municípios. Logo, esse resultado apresenta-se incoerente com os apontamentos do Ministério do Meio Ambiente [3] quando indica que a promulgação da PNRS no país colocou a nação num nível alto de comprometimento com o meio ambiente.

Por fim, a literatura [15] destaca que a correta gestão dos resíduos sólidos, unida a fiscalização, políticas públicas e educação ambiental, formam as bases para a consolidação do pensamento correto nos cidadãos e para a promoção de uma sociedade atualizada e sustentavelmente equilibrada.

## **6. CONCLUSÕES**

A ausência de conhecimento dos produtores de banana de Itariri e Pedro de Toledo sobre a PNRS indica que quase uma década após a promulgação dessa legislação, pouco é o saber desses profissionais sobre orientações tão relevantes para a sociedade contemporânea. Outro agravante ainda pior que a ausência de conhecimento é a negligência dos governantes desses municípios, por não estabelecerem políticas públicas que se voltem para a divulgação de orientações que promovam a saúde de suas populações e o desenvolvimento sustentável da região.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em 28 de setembro de 2019.

PEREIRA, A. O. K.; PASINATO, T. L. S. **Riscos ambientais provocados pelos resíduos sólidos: o direito à cidadania através de políticas públicas minimizadoras.** XII Seminário Internacional de Demandas Sociais e Políticas na Sociedade Contemporânea – VIII Mostra de Trabalhos Jurídicos Científicos, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>. Acesso em 29 de setembro de 2019.

THODE FILHO, S.; MACHADO, C. J. S.; VILANI, R. M.; PAIVA, J. L.; MARQUES, M. R. C. **A logística reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 3, p. 529 - 538, 2015.

FONSECA, E. C. C.; BARREIROS, E. C. M.; MELO, A. C. S.; NUNES, D. R. L.; CARNEIRO, M. P. **Evolução dos estudos de logística reversa realizados no contexto nacional: uma análise bibliométrica.** Produção Online, v. 15, n. 4, p. 1457 - 1480, 2015.

GODECK, M. V.; TOLEDO, E. R. S. **Logística reversa de embalagens de agrotóxicos: estudo do caso de Pelotas/RS.** Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 9, n. 4, p. 220 - 242, 2015.

GARBELINI, M. R.; PAES, R. P.; RIBEIRO, A. R.; COSTA, H. C. **Aspectos e impactos ambientais no assentamento Agroana-Girau, Poconé, Mato Grosso.** V Seminário de Produtores Agroecológicos de Mato Grosso do Sul, Dourados, MS, 2014.

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 13, n. 13, p. 2683 - 2689, 2013.

SOUZA, A. S. P.; SALES JÚNIOR, R.; NEGREIROS, A. M. P.; OLIVEIRA, T.S. **Recolhimento de embalagens vazias de agrotóxicos no Rio Grande do Norte de 2006 a 2014.** Revista Verde, v. 10, n. 5, p. 01 - 04, 2015.

CAMPOS, L. F.; LAGO, S. M. S.; OLIVEIRA, H. F. **A logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos no estado do Paraná.** Ciências Sociais Aplicadas, v. 21, n. 2, p. 227 - 244, 2013.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; SILVA, S. O.; CORDEIRO, Z. J. M. **Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos.** Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 12, p. 1608 - 1615, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de produção da bananeira irrigada.** 2016. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananeiraIrigada/>. Acesso em 21 de fevereiro de 2016.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Vale do Ribeira**. 2016. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/zoneamento/zoneamento-ecologico-economico/vale-do-ribeira/>. Acesso em 13 de abril de 2016.

MORAES, G. I. **Estratégias para a comercialização da banana no Vale do Ribeira**. Cadernos de Economia - Curso de Ciências Econômicas – Unochapecó, a. 11, n. 20, p. 119 - 128, 2007.

HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; ALVES, H. P. F.; RODRIGUES, I. A. **Sustentabilidade no Vale do Ribeira (SP): conservação ambiental e melhoria das condições de vida da população**. Disponível em: [https://www.academia.edu/399744/Sustentabilidade\\_No\\_Vale\\_Do\\_Ribeira\\_SP\\_Conserva%C3%A7%C3%A3o\\_Ambiental\\_E\\_Melhoria\\_Das\\_Condic%C3%A7%C3%B5es\\_De\\_Vida\\_Da\\_Popula%C3%A7%C3%A3o](https://www.academia.edu/399744/Sustentabilidade_No_Vale_Do_Ribeira_SP_Conserva%C3%A7%C3%A3o_Ambiental_E_Melhoria_Das_Condic%C3%A7%C3%B5es_De_Vida_Da_Popula%C3%A7%C3%A3o). Acesso em 13 de abril de 2016.



# CAPÍTULO 27

AS ETAPAS DO PROCESSO CRIATIVO PROPOSTAS POR GRAHAM WALLAS IDENTIFICADAS EM PROCESSOS DE CRIAÇÃO EM AMBIENTES DIGITAIS.

## Otávio Luis Santos

Doutor em Música pela Universidade Estadual de Campinas

Instituição: UNICAMP

Endereço: R. Elis Regina, 50 Cidade Universitária - Zeferino Vaz, Campinas - SP, CEP: 13083-854

E-mail: otavioluis.santos@hotmail.com

**RESUMO:** A criação, seja no campo artístico ou não, é um processo natural do cérebro humano. Com a disseminação dos computadores pessoais, o compositor contemporâneo mudou sua forma de criar, aliando os impulsos cerebrais às possibilidades empíricas maquinais. Em tempos de ubiquidade digital, este trabalho pretende analisar o cenário que circunda o artista, aqui representado na figura do compositor de trilhas musicais para cinema, sob a perspectiva da criação artística dentro do ambiente digital, a partir das etapas do processo criativo propostas por Graham Wallas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Criação; Criatividade; Ambiente digital; Trilha musical; Audiovisual; Cinema.

**ABSTRACT:** The creation, whether artistic or not, is a natural process of the human brain. Upon the dissemination of personal computers, the contemporary composer has changed its creative approach, allying his cerebral impulses with the empirical spectre provided by machines. Considering the digital ubiquity we are currently experiencing, this work offers an analysis of the scenario that surrounds the artist, here represented by the film composer, under the perspective of artistic creation inside the digital environment, taking as a basis the stages of a creative process proposed by Graham Wallas.

**KEYWORDS:** Creation; Creativity; Digital environment; Film score; Audiovisual.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 A CONSTRUÇÃO DO CRIAR

O ato de criar é parte integrante da rotina do artista. Mas também do não-artista. Assim como um escultor cria, também um advogado, um professor e uma criança. Cada um conforme suas necessidades, seus interesses e impulsos. Ainda que nesse trabalho tratando especificamente da composição musical cinematográfica, situemo-nos em primeiro lugar na perspectiva de que “os processos de criação estão implícitos em todas as atividades humanas e não só nas artes” (MARTINS, 1998, p. 233).

A partida de tal perspectiva favorece uma compreensão mais abrangente dos processos criativos, ao passo que não considera tais atos como restritos a um ou outro campo específico, como o da ciência ou das artes. Mais que isso, entende tal atividade como inerente a todos os seres humanos, quer estejam focados na resolução de uma complexa equação matemática, na composição de uma sinfonia ou no pendurar de uma cortina na parede na ausência das peças apropriadas.

Para o engenheiro e professor francês Abraham Moles, criação é “o processo pelo qual se provoca a existência de um novo objeto” (1977, p. 32). De acordo com o autor, o criar está vinculado à reorganização do campo perceptivo de forma a constituir uma nova ideia ou nova ordem a partir de dados previamente conhecidos. Essa reorganização, porém, deve estar provida de certa originalidade, o que é possível conforme o agente criador se afasta da probabilidade máxima de ocorrência.

Quando se fala em *ambiente digital* é necessário em primeiro lugar compreender que as vias de acesso ao ambiente digital são aparatos tecnológicos e interfaces de raciocínio exclusivamente lógico, binário, diferentes da forma de pensar humana. Apesar de parecer óbvia, tal reafirmação parece relevante, em tempos de tamanha simbiose na relação homem-máquina em que tantas funções antes dadas ao cérebro hoje são delegadas às máquinas (SANTAELLA, 1996; 2011).

## 2. A CRIATIVIDADE NA ERA DIGITAL

Também a criatividade musical é, antes de musical, criatividade. Desde muito tempo a criatividade tem sido objeto de estudo das mais diversas áreas, não apresentando uma definição única, mas uma variada gama de propostas. Graham Wallas (1920) a define como “(...) o fazer de uma nova generalização ou invenção, ou a poética expressão de uma nova ideia.” (p. 79). O dicionário Merriam-Webster (2015) define criatividade como “a habilidade de fazer coisas novas ou pensar novas ideias”.

Alan Bleakley (2004) propõe que o ato criativo pressupõe uma produção intencional de algo novo através de algum processo, este podendo ser variável. Para o escritor húngaro Arthur Koestler (1964), criatividade é “um ato de criação decorrente de processos conscientes e inconscientes visando uma descoberta científica, originalidade artística e inspiração cômica” (p. 21). Assim diz:

Na ciência, a criatividade poderia ser descrita como a arte de somar dois mais dois e obter cinco. Em outras palavras, consiste em combinar estruturas mentais anteriormente não relacionadas, de tal maneira que se obtém do todo resultante algo mais do que foi nele posto (KOESTLER, 1981, p. 145).

Graham Wallas talvez tenha sido o primeiro a propor as etapas de um processo criativo. Em sua obra *The art of thought* (1926), o autor apresentou quatro etapas básicas<sup>i</sup> comuns à criação: preparação, incubação, iluminação e verificação. Essas etapas<sup>ii</sup> serão brevemente explicitadas conforme utilizadas como guia na discussão proposta por este trabalho.

### 3. PREPARAÇÃO

Segundo Wallas (1926), a *preparação* é um estágio preparatório em que o indivíduo criador acumula as ferramentas técnicas e conceituais as quais disporá para a apreensão da causa futura. O sujeito indaga, explora, pede sugestões e permite à mente imergir nas possibilidades da problemática a ser desenvolvida.

George Kneller (1965) afirma ainda que a fase de preparação pressupõe a experimentação - por parte do agente criador – do meio produtivo, no qual a tarefa se realizará. Como para se criar é necessário algum domínio técnico, Kneller defende que o indivíduo deve, a fim de concretizar sua ideia, dominar os meios de exprimi-la. Monica Tavares (1998), ao tratar sobre a criação em ambientes digitais, assim descreve a fase de preparação:

No âmbito de análise da criação com os meios eletrônicos, é a fase em que se deve apreender a materialidade dos novos meios para utilizá-la como forma de expressão. É a pesquisa do instrumental, tanto a nível do *hardware*

---

<sup>i</sup> Apesar de amplamente aceitas, há divergências a respeito dessas etapas. Autores como Fulmer (1995 apud Bolden 2004) e Hung (1998 apud Bolden 2004) discordam, concluindo que os compositores se utilizam de diversas etapas distintas e transitam entre elas de maneira que se torna impraticável limitá-las a apenas quatro.

<sup>ii</sup> Essas etapas foram posteriormente aplicadas à composição musical por Max Graf (1947), na obra *From Beethoven to Schostakovich*, sob os nomes de *productive mood* (preparação), *musical conception* (incubação), *sketching* (iluminação), e *composition* (verificação) (ANDREWS, 2004). Segundo Andrews, diversos autores fizeram referência a essas etapas ao longo do século XX, como Igor Stravinsky, Roger Sessions, Pierre Boulez, Morton Feldman e Elliot Carter (2004: 4).

como do software; é a fase de explorar, conhecer as qualidades e potencialidades que as novas tecnologias oferecem. (1998, p. 29)

Essa afirmação reverbera com ênfase para o compositor do século XXI, que se encontra em um momento de ubiquidade digital. A criação em ambiente digital tornou-se cotidiana não só para compositores, mas também para fotógrafos, arquitetos, designers de moda e afins. Especialmente em grandes centros, a fluência na utilização de tais ferramentas tornou-se pré-requisito, e o conhecimento técnico operacional desses instrumentos repertório básico do processo criativo.

No caso da música, se há não muitas décadas o estudante debruçava-se sobre pilhas de livros técnicos de harmonia e orquestração, hoje deve acrescentar à pilha livros que o ajudem a transitar com fluência no ambiente digital. E vice-versa. A migração do processo criativo para o meio digital permitiu que indivíduos sem formação técnica musical, porém com fluência em linguagem computacional, adentrassem ao mercado de produção musical, especialmente na indústria cinematográfica, publicitária e televisiva.

Nota-se assim três etapas relacionadas ao advento tecnológico na criação musical: a primeira fundada no conhecimento técnico-musical específico (exclusiva no período pré-computacional), a segunda no momento da adaptação com a chegada de novas tecnologias (como o protocolo e as interfaces MIDI), em que muitos compositores buscaram incorporar conhecimento computacional a fim de se sentirem aptos a criar por essas vias digitais, e a terceira caracterizada pela entrada de indivíduos já imersos no universo digital, porém sem conhecimento técnico-musical, que caminham na via oposta dos anteriores, e ao invés de buscarem conhecimento computacional buscam base musical para o exercício de seu ofício.

Talvez por isso já exista uma “bibliografia reversa”, em que não mais aspectos tecnológicos e computacionais são ensinados a músicos, mas aspectos musicais introdutórios são ensinados a não-músicos (vide PLACHNO, 2014). David Huber (2007), por exemplo, já na introdução de seu livro discorre sobre a eficácia do mesmo no auxílio tanto aos músicos profissionais quanto aos leigos no processo de criação musical para cinema por vias digitais.

Para que se entenda a discussão sobre criatividade no ambiente digital, deve-se primeiro compreender que muitas formas de expressão, ou linguagens, são estabelecidas primeiramente no ambiente analógico, e posteriormente transpostas para o digital. Tome-se como exemplo o ato de se pintar uma figura em um software

apropriando-se dos gestos de um pincel (muitos ícones de software de trabalhos gráficos inclusive utilizam um pincel associado a funções como a de pintar).

O mesmo se aplica a uma composição musical realizada através de um software cuja interface imita um piano. Nessa mescla de linguagens percebe-se um impacto, ainda que não seja possível mensurar se há perda e o quanto se perde nessa transposição, nem o quanto se consegue incorporar de um gesto criativo quando o pensamento e a linguagem são transferidos para uma interface digital.

Trabalha-se, assim, sob a perspectiva de uma “criação conjunta”, em que o intelecto humano em algum momento se mescla à estrutura maquinal e sua inteligência artificial, e o processo criativo passa a se desenvolver de maneira mediada pelas interfaces digitais. A partir dessa integração, o pensar não é mais o mesmo que antes, o fazer já não se limita às ferramentas de antes, e conseqüentemente o resultado será completamente diferente daquele que seria na ausência da intervenção digital.

Em outras palavras, toda a estrutura do pensar e do criar do compositor toma rumos diferentes a partir do momento em que seus gestos criativos se deparam com uma interface digital. As conexões neuronais tomam novos rumos, novas fontes de inspiração, a percepção e recepção do que se faz se torna outra, a avaliação em tempo real daquilo que se cria é diferente, enfim, não há como o compositor se isentar de tais condições.

Ao tratar de processos de criação a partir de ferramentas eletrônicas, Monica Tavares propõe um ato criativo que alia a capacidade dos aparatos eletrônicos com a intelectualidade humana:

Propomos, assim, que “inventar” com os recursos eletrônicos estaria justamente em explorar as potencialidades oferecidas pelos novos meios, aliadas à capacidade do pensamento humano, no sentido de fazer brotar, da materialidade desses meios, a pura “talidade”, o “*kalós*” (Peirce) como “imediate qualidade estética”, numa forma que toma existência ao se materializar. Desse modo, sobressai uma tendência de criar, pautada numa atitude qualitativa e inovadora, considerada sob o prisma da “arte como tecnologia”. (1998, p. 23, grifos do autor)

Para a autora, as ferramentas eletrônicas empregadas no processo criativo também servem como apoio e, em muitos casos, auxiliam o agente em diferentes níveis da criação:

O indivíduo criador encontra nessas novas tecnologias da inteligência elementos de apoio, que estimulam o aumento dos poderes da imaginação em razão dos processos de digitalização, modelação, simulação e animação.

A evolução desses sistemas de raciocínio tem levado a um necessário aprimoramento da relação entre o homem e a máquina. (1998, p. 26)

Por mais que sejam desenvolvidas a favor do agente criador – aqui o compositor – tais ferramentas são limitadas, e por conseguinte limitadoras, como bem define Vilém Flusser na obra *Filosofia da caixa preta* (2002). Se o compositor depende dos recursos de um software e da intermediação de uma interface para compor, é de imediato estabelecida uma fronteira que imporá os limites de sua criação, de maneira que se torna inútil uma ideia que extravase o potencial oferecido por tais ferramentas.

Adaptar-se-á, então, a ideia aos recursos disponibilizados pela máquina, alinhando os objetivos visados às ferramentas disponíveis, fazendo com que em algum grau homem e máquina trabalhem em sintonia, conforme proposto por Tavares (1998)<sup>iii</sup>.

Existe, no trato da criação mediada tecnologicamente, o que parece ser um ponto sensível, e talvez imensurável, que se refere ao grau de interferência que uma tecnologia digital infere na obra por ela mediada. Afinal, a tecnologia impulsiona ou compromete o ato criativo, expande ou limita suas fronteiras? Quanto se perde na transição de um gesto criativo analógico adaptado aos moldes digitais?

#### 4. INCUBAÇÃO

Para Wallas (1926), na segunda fase – a *incubação* – o subconsciente busca ligações inesperadas para a resolução e fechamento da ideia e novas conexões são formadas. Nessa fase “o indivíduo criador sente uma espécie de insatisfação e de tensão relacionadas com a ideia de algo que se tem a completar” (TAVARES, 1998, p. 29). Trata-se de um período em que nenhum esforço direto é empregado sobre o problema. Na realidade o que se sugere é exatamente um distanciamento intencional da situação, o que, segundo Wallas, favorecerá na resolução da mesma.

Wallas propõe uma técnica para a otimização dos frutos do período de incubação – algo que recentemente a psicologia da produtividade<sup>iv</sup> vem confirmando

---

<sup>iii</sup> Este alinhamento do que se deseja ao que se pode fazer não é característica exclusiva do ambiente digital. Trata-se, porém, de um alinhamento peculiar entre homem e máquina, inteligência humana e artificial, uma interação cognitiva e semiótica própria do ambiente digital.

<sup>iv</sup> Traduzido do inglês “Psychology of Productivity”. Trata-se de estudos da psicologia focados no processo produtivo, discutindo questões que venham a otimizá-lo, como condições psicológicas de trabalho, procrastinação, entre outros. O artigo *Inside the psychology of productivity* trata de maneira resumida o assunto. Disponível em < <http://www.inc.com/magazine/201503/leigh-buchanan/the-psychology-of-productivity.html>>.

– baseada na construção deliberada de interrupções em nosso fluxo de trabalho:

Frequentemente nós atingimos melhores resultados iniciando diversas tarefas em sucessão, voluntariamente deixando-as inacabadas enquanto nos dirigimos às outras, do que tentando terminar um trabalho inteiro de cada vez, a cada momento que nos debruçamos sobre ele (WALLAS, 1926, p. 84).

No caso de um compositor com vários projetos simultâneos, seria mais produtivo a alternância entre os mesmos do que uma conclusão individual e linear, tendo por critério de alternância a instauração de uma barreira criativa em algum deles. Por essa razão a incubação parece ser uma solução bastante conveniente para artistas que trabalham sob pressão ou quaisquer condições outras que desfavoreçam a fluência do ato criativo.

Para Wallas (1926) não há melhor saída do que a atenção em outra atividade preferencialmente que nada tenha a ver com as questões anteriores, ou mesmo olhar para o horizonte sem nada buscar, olhar sem ver, ouvir sem nada escutar. Para o artista contemporâneo, talvez o maior desafio seja ausentar-se do ambiente digital, visto que sua vida social parece vinculada a ele de maneira contínua.

## 5. ILUMINAÇÃO E VERIFICAÇÃO

A *iluminação* é o momento em que o agente criador percebe a solução de seu problema; o *insight* ou *flash*. Aqui se dá o encontro efetivo de todas as conexões proporcionadas pelo trabalho conjunto do consciente com o subconsciente realizado na incubação. “É o momento crucial da criação, geralmente instantâneo, no qual se estabelecem as associações mentais. (...) Nesse período, o inconsciente anuncia de súbito os resultados” (TAVARES, 1998, p. 30).

Trata-se de uma etapa restrita ao cérebro humano. Por mais que máquinas possam apresentar conclusões e alcançar resultados, tanto as conclusões quanto os resultados serão exclusivamente empíricos, quantitativos. Um computador é capaz de identificar títulos de músicas, mas não “boas” músicas, é capaz de localizar frases, mas não de interpretá-las.

O insight da iluminação requer uma conexão de ideias e estímulos vindos tanto do consciente quanto do inconsciente, de maneira a formar uma hipótese súbita baseada em interpretações, suposições e conclusões que extravasam a capacidade lógica de qualquer computador.

A última etapa proposta por Wallas é a da *verificação*, na qual, ao contrário da segunda e da terceira, o agente criador retoma o esforço mental consciente a fim de deliberadamente testar a validade da ideia gerada, e quem sabe sintetiza-la e reduzi-la, preparando-a para uma aplicação prática e efetiva.

Nessa fase a solução do problema é validada a partir de critérios lógicos do pensamento, e implica na retomada dos elementos até então acumulados, o que pode suscitar novas intuições, inclusive de natureza diversa da original. Essa fase equivale a “um processo de revisão em que a solução do problema é conscientemente elaborada, sendo passível de alteração e correção” (TAVARES, 1998, p. 34).

Nessa etapa é possível que as máquinas retornem à utilidade, visto que a comprovação pode necessitar de experimentos viabilizados por computadores, tais como cálculos, probabilidades ou simulações gráficas ou musicais. Para Kneller, “na fase de verificação há dois fatores que reciprocamente se complementam: o julgamento (intelecto) termina a obra que a imaginação (intuição) começou” (1973, p. 71).

Essas etapas de criação, de acordo com Wallas (1926) entretanto, não funcionam de maneira isolada uma da outra, uma vez que o mecanismo da criatividade é uma máquina hermética, de inúmeras e interligadas peças equilibradas entre si.

As etapas podem inclusive se misturar entre si, criando uma elaborada teia mental de conexões superpostas, pois não lidamos com causas e situações individuais no dia a dia, mas com a resolução de inúmeros problemas simultaneamente. Ou seja, ao mesmo tempo em que experimentamos uma pintura - apreciando-a visualmente – nosso subconsciente pode encontrar a solução para um problema anterior, de natureza completamente distinta, e assim sucessivamente com todas as etapas.

Um compositor de trilhas musicais para cinema lida com um número cada vez maior de recursos digitais, cada qual com sua interface, sua gama de possibilidades e seus limites. Além disso, a composição dramática requerida para um filme apresenta suas próprias exigências e soluções criativas, pois enquanto a composição de uma cena individual é feita sob um contexto, um conjunto de cenas trará um novo e distinto contexto, com suas próprias exigências e desafios criativos.



## **6. CONCLUSÃO**

O criar se faz nos mais diferentes campos, motivado pelas mais diversas causas e a fim de solucionar os mais diversos problemas. As quatro etapas de um processo criativo propostas por Graham Wallas – preparação, incubação, iluminação e verificação – são também identificadas na criação mediada tecnologicamente, porém sob uma configuração exclusiva da era digital.

O artista contemporâneo, aqui exemplificado na figura do compositor de trilhas musicais para cinema, passa, pois, por um processo de criação coparticipativa, em que alia suas capacidades intrinsecamente humanas à capacidade binária do computador, tecendo um contexto de criação particular dos séculos XX e XXI.

## REFERÊNCIAS

- ANDREWS, B. How composers compose: in search of the questions. *RIME*, 2 (1). Faculty of Education, University of Ottawa, 2004. Disponível em: <<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ852404.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- BLEAKLEY, A. Your creativity or mine?: A typology of creativities in higher education and the value of a pluralistic approach. *Teaching in higher education*, 9 (4), pp. 463-475, 2004. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1356251042000252390>>. Acesso em: 22 nov. 2015.
- BOLDEN, B. Students composing: Examining the experience. *Canadian Music Educator*, 45 (4), 20-27, 2004.
- BUCHANAN, L. *Inside the psychology of productivity*. Disponível em: <<http://www.inc.com/magazine/201503/leigh-buchanan/the-psychology-of-productivity.html>>. Acesso em: 19 nov. 2015.
- FLUSSER, V. *Filosofia da caixa preta*. Relume Dumará, Rio de Janeiro, 2002.
- GRAF, M. *From Beethoven to Shostakovich: the Psychology of the Composing Process*. New York Philosophical Library, 1947.
- HUBER, D. *The MIDI Manual: A Practical Guide to MIDI in the Project Studio*. Third edition, Elsevier, 2007
- KNELLER, G.F. *The Art and Science of Creativity*, International Thomson Publishing, 1965.
- \_\_\_\_\_. *Introduction to the philosophies of education*. New York: John Wiley & Sons, 1973.
- KOESTLER, A. *The act of creation*. New York: The Macmillan Company, 1964.
- \_\_\_\_\_. *Jano*. São Paulo. Melhoramentos, 1981.
- MARTINS, M. C. In: VALENTE, J.A. *Computadores e conhecimento: repensando a educação* (org.). 2. ed. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, p. 233 – 251, 1998.
- MERRIAM-WEBSTER. Disponível em :<<http://www.merriamwebster.com/dictionary/creativity>>. Acesso em: 03 dez. 2015.
- MOLES, A. *A Criação Científica*. Trad.: Gita K. Guinsburg. Sao Paulo, Perspectiva e Editora da USP, 1971.
- \_\_\_\_\_. In: CAUDE, R. *Creatividad y Métodos de Innovación*. Madrid. Iberico Europea de Ediciones, S. A., Centro de Investigación y Aplicaciones de la Comunicación CIAC, 1977.
- PLACHNO, R. *Becoming a one person band*. Kindle ed., 2014.
- SANTAELLA, L. O homem e as máquinas. In *A cultura das Mídias*. São Paulo: Experimento, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Navegar no ciberespaço: O perfil cognitivo do leitor imersivo*. 4ª ed. São Paulo: Paulus, 2011.

TAVARES, M.; PLAZA, J. *Processos criativos com os meios eletrônicos: poéticas digitais*. São Paulo: Hucitec, 1998.

WALLAS, G. *Human nature in politics*. London: Constable Books, 1920.

\_\_\_\_\_. *Art of thought*. London: Jonathan Cape, 1926.

# CAPÍTULO 28

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE RIGOR MORTIS COM APLICAÇÃO DE EUGENOL: UM ENSAIO COM BEIJUPIRÁ (RACHYCENTRON CANADUM).

## **Leandro Presenza**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: leandropresenza@hotmail.com

## **João Vitor Fonseca Ferreira**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: castelofferreira@gmail.com

## **Amanda Soares dos Santos**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: amandasoaresds@gmail.com

## **Caroline Vettorazzi Bernabé**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: vettorazzicarol@gmail.com

## **Ana Cláudia França Silva**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: annah.silva12@gmail.com

## **Roberta Cardozo de Paiva Garcia**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: roberta.cardozopg@gmail.com

## **Laura Caixeta Dayrell**

Bacharel em Engenharia de Pesca pelo Instituto Federal do Espírito Santo  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil  
E-mail: lauracdayrell@gmail.com

## **Henrique Lavander**

Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura pela Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma  
Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma - ES, Brasil  
E-mail: henrique.lavander@ifes.edu.br

**Marcelo Giordani Minozzo**

Doutor em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma

Endereço: Rua Augusto Costa de Oliveira, 660 - Praia Doce, Piúma/ES, Brasil

E-mail: marcelogm@ifes.edu.br

**RESUMO:** No setor pesqueiro a busca pela qualidade do pescado está cada vez mais exigente. Os consumidores avaliam rigorosamente a qualidade dos produtos adquiridos, procuram peixes com maior frescor e melhor aparência possível. O método de abate é um importante fator atuante no frescor do pescado, portanto neste estudo foi realizado a determinação do índice de rigor mortis de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) utilizando o método de abate por insensibilização com Eugenol (1,5 mL/litro) durante 10 minutos e posteriormente sacrifício por meio de uma secção transversal da medula espinhal imediatamente após a região occipital. Após o abate, iniciou-se o acompanhamento do rigor mortis dos juvenis de no intervalo de 20 minutos, durante 15 horas. A distância média que separou a base da nadadeira caudal ao ponto de referência foi de 4,77 cm, o processo de pleno rigor ocorreu somente 9 horas após o abate.

**PALAVRAS-CHAVE:** Organoléptica; Frescor do pescado; Abate.

**ABSTRACT:** In the fishing sector the search for the quality of fish is increasingly demanding. Consumers rigorously evaluate the quality of the products purchased, look for fish with the greatest freshness and appearance possible. The slaughter method is an important factor in the freshness of the fish, so in this study the rigor mortis index of juvenile beijupirá (*Rachycentron canadum*) was determined using the Eugenol in sensitization slaughter method (1.5 mL/liter) for 10 minutes. and subsequently sacrifice by means of a cross section of the spinal cord immediately after the occipital region. After slaughter, the rigor mortis of the juveniles began to be monitored every 20 minutes for 15 hours. The average distance that separated the base of the caudal fin to the reference point was 4.77 cm, the process of full rigor occurred only 9 hours after slaughter.

**KEYWORDS:** Organoleptic; Fresh fish; Slaughter.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação do frescor de um pescado pode ser feita através de métodos sensoriais, físico-químicos e microbiológicos, porém devido a subjetividade dos métodos sensoriais e dos custos elevados e demora nos testes microbiológicos, em grande parte das vezes a avaliação do frescor do pescado é feita por métodos químicos que contam os produtos que as atividades enzimáticas e bacteriana produzem (OETTERER et al., 2014). Alguns fatores como: grau de esgotamento energético pós-morte (rigor mortis); danos físicos, limpeza e higiene influenciam no frescor do pescado (TAVARES e GONÇALVES, 2011).

O processo de rigor mortis é marcado pela contração muscular de um animal após a sua morte, sendo assim, o músculo do animal perde a elasticidade (OETTERER et al., 2014). É correto afirmar que o rigor mortis é consequência direta do ATP (adenosina trifosfato) presente no organismo. Quando as concentrações de ATP são baixas, isto é, quando houver um grande gasto de energia pré-abate ou ainda durante o abate, a rigidez das fibras musculares aparece mais rápido como consequência desse gasto de ATP (RABELO, 1988).

Esse gasto de ATP está ligado à anaerobiose do metabolismo devido à falta de disponibilidade de oxigênio do músculo, passando então para a degradação do glicogênio muscular a ser a principal fonte de energia do metabolismo. Sendo assim, o músculo passa a produzir ácido láctico, que é oriundo da glicólise (quebra do glicogênio) e hidrólise da ATP, acarretando uma diminuição do pH do músculo e um enrijecimento do mesmo (ORDÓÑEZ et al, 2005).

O período de rigor mortis vai variar de acordo com cada tipo de espécie, fatores fisiológicos, grau de exaustão do pescado, tamanho, temperatura da água e cultivo (GONÇALVES, 2011). Além disso, o estresse associado ao manejo no momento do abate irá influenciar diretamente na redução do tempo de rigor mortis, consequentemente, no tempo de prateleira (ROBB; KESTIN e LINES, 2000).

Ao longo do tempo, a escolha dos métodos de abate se baseia quase que exclusivamente na facilidade de aplicação e naquelas que apresentam o menor custo (VIEGAS et al., 2011), e não nas que provocam menos sofrimento. Diversos estudos comportamentais, anatômicos e fisiológicos comprovaram que, semelhantemente a aves e mamíferos, os peixes têm a capacidade de sentir dor e medo (TERLOUW et al., 2008).

O processo de abate dos peixes pode ser definido em dois estágios, o primeiro é o estágio de atordoamento, onde os organismos são insensibilizados; o segundo estágio é o do sacrifício. Esses dois estágios podem ocorrer de modo simultâneo ou em ações separadas (VIEGAS et al., 2011).

O abate de qualidade, considerado o ideal, deve ser de fácil e rápida realização, higiênico, além de causar o menor prejuízo possível à integridade da carne (CAGGIANO, 2002). Dentre os mais utilizados, destaca-se as técnicas de abate humanitário as quais

utilizam métodos de insensibilização como termonarcole, secção da medula, sangria das brânquias, imobilização por impulsos elétricos, e asfixia em CO<sub>2</sub> (SCHROPFER, 2016).

O uso do eugenol está entre os métodos de insensibilização mais empregados no abate de peixes. Além do baixo custo de aquisição (RENAULT et al., 2011), a utilização do eugenol não causa nenhum efeito prejudicial aos tecidos dos peixes, mantendo assim a qualidade do produto (GUÉNETTE et al., 2007) e provoca uma rápida anestesia profunda nos peixes (HAJEK et al., 2006).

O abate por choque térmico, através da imersão do peixe em água gelada, é bastante utilizado para o abate de peixes. Quando é adicionado o CO<sub>2</sub> na água até a saturação o abate se torna mais humanitário, pois o CO<sub>2</sub> tem efeito anestésico ocasionando menor estresse no peixe. (ASHLEY, 2007). Esse método tem sido muito utilizado para estudos de bem-estar animal e de qualidade da carne do pescado (LAMBOOIJ et al., 2002).

O beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) é um peixe teleósteo que em ambiente natural pode atingir até 60 kg e medir 2 metros de comprimento. Sendo uma espécie nativa brasileira, que atualmente possui grande potencial na aquicultura, essa potencialidade se dá pela fácil obtenção de desovas em cativeiro, a alta fecundidade, rusticidade da espécie além da alta taxa de adaptação a sistemas artificiais, e possui grande capacidade comercial no Brasil (NUNES, 2014).

O presente trabalho teve como objetivo determinar o Índice de rigor mortis do beijupirá, utilizando o método de abate por insensibilização com Eugenol e posteriormente a realização do sacrifício por meio de uma secção transversal da medula espinhal imediatamente após a região occipital.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Os beijupirás (*Rachycentron canadum*) utilizados no experimento foram adquiridos do Laboratório de Nutrição e Propagação de Organismos Aquáticos (LANPOA) do Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma. Uma amostra aleatória de 3 exemplares foi retirada do cultivo de recirculação do LANPOA, e logo após abatidos. No intuito de verificar a influência da forma de abate no IRM (Índice de rigor mortis), foi testada a metodologia de abate com eugenol e secção da medula, onde os peixes foram imergidos por 10 minutos em uma solução de eugenol na proporção de 1,5ml/L e posteriormente sacrifício por meio de uma secção transversal da medula espinhal imediatamente após a região occipital.

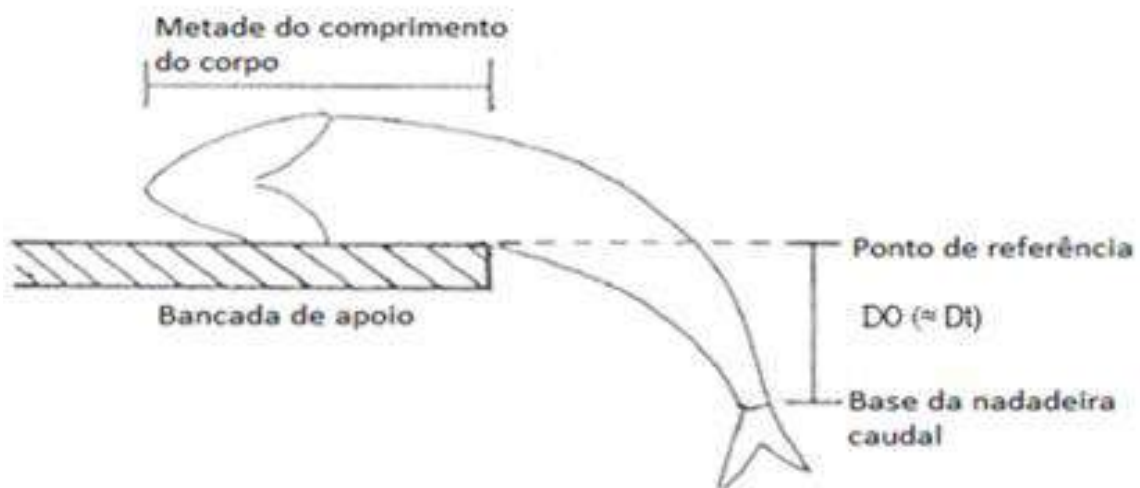
Segundo a metodologia proposta por BITO et al. (1983), o índice de rigor mortis foi medido e calculado de acordo com a (Equação 1), onde D<sub>0</sub> é o valor da distância que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência, imediatamente após a morte e D<sub>t</sub> é o valor da distância que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência nos intervalos de tempos selecionados como ilustrado na Figura 01.

Equação 1:

Índice de rigor mortis (%)

$$[(D0 - Dt) / D0] \times 100$$

Figura 01: Ilustração adaptada da metodologia proposta por BITO et al. (1983) para o cálculo índice de rigor mortis (IRM).



O processo de determinação do estágio de rigor mortis iniciou-se logo após o abate, sendo aferido a cada 20 minutos. O experimento estendeu-se por 15 horas. Foi medida, a temperatura inicial e a variação de temperatura ao longo do dia com o auxílio de um termômetro digital portátil com sonda tipo espeto ION© com faixa de temperatura de -50° C a 200° C.

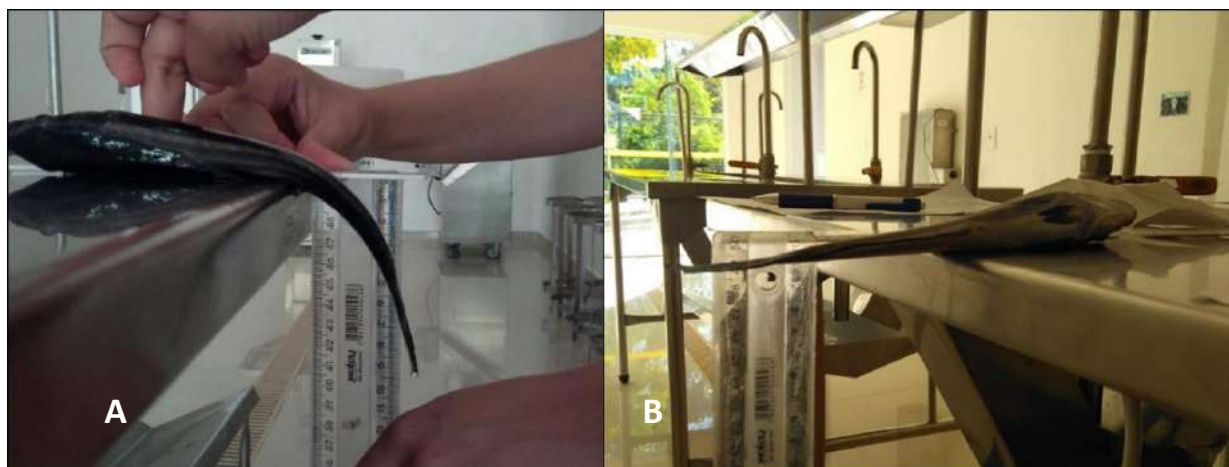
Os valores de IRM foram submetidos à análise estatística, utilizando a Análise de Variância - ANOVA para significância de 5,0% ( $p < 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comprimento total médio dos exemplares foi de 23,2 cm e o peso médio 61,74 g. A distância média que separa a base da nadadeira caudal ao ponto de referência foi de 4,77 cm, estágio de pré-rigor. O processo de rigor mortis ocorreu de forma crescente chegando ao pleno rigor após 6h00min permanecendo por 2h40 em pleno rigor e posteriormente iniciando-se o estágio de pós-rigor (Figura 02).



Figura 02: Alterações musculares nos estágios iniciais do rigor mortis, (A) músculo dilatado após o abate (B) músculo enrijecido no rigor pleno.



A temperatura ambiente inicial no local das medições foi de 24,7 C° e variou de 23,8° a 27,2° ao longo do dia. No Gráfico 01 pode ser observado o desenvolvimento do índice de rigor mortis nos juvenis de beijupirá.

Gráfico 01: Curva de desenvolvimento do índice de rigor mortis em juvenis de beijupirá abatidos pelo método de insensibilização com eugenol e posteriormente abatidos por meio de uma secção transversal da medula espinhal após a região occipital.

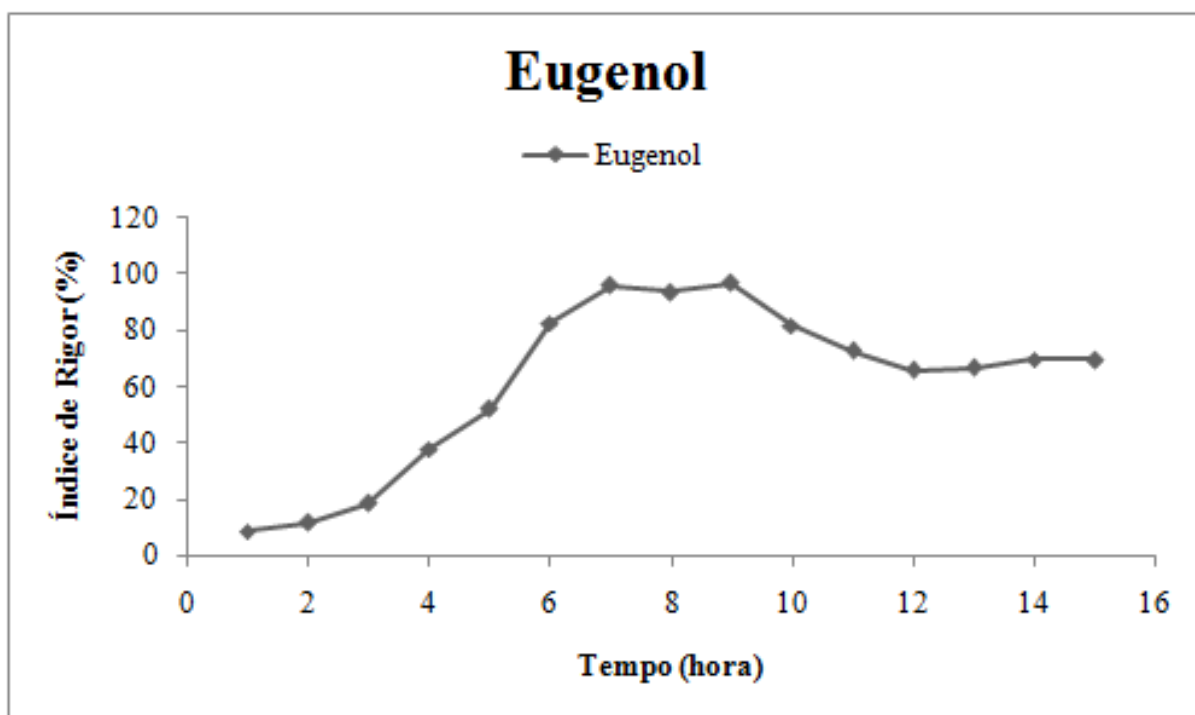


Tabela 01: Comparativo do índice de rigor entre os exemplares de beijupirá (*Rachycentron canadum*) utilizados (n= 46 medições).

| Método  | Índice de Rigor Mortis |                |                |        |
|---------|------------------------|----------------|----------------|--------|
|         | P1 + Dp                | P2 + Dp        | P3 + Dp        | CV (%) |
| Eugenol | 59,95 ± 29,90A         | 57,97 ± 32,46A | 63,01 ± 30,27A | 51,23  |

Letras distintas indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Segundo a análise de variância ANOVA, foi observado que o valor de  $p > 0,05$ , ou seja, não houve diferença significativa entre os exemplares.

Existem vários métodos de sacrifício de peixes, como: asfixia (em ar ou gelo), evisceração, choque térmico (hipotermia), choque elétrico, imersão em água saturada com CO<sub>2</sub>, anestésicos (eugenol), secção da medula, entre outros. Sendo que a técnica empregada no momento do abate pode retardar ou até mesmo intensificar o início do rigor mortis (ALMEIDA et al., 2005; VIEGAS et al., 2012).

Além disso, o abate é uma das etapas mais estressantes na produção animal, seus efeitos podem gerar aspectos sensoriais indesejáveis e acelerar os processos de deterioração do pescado, diminuindo a vida de prateleira do produto (FONTENELE et al., 2013; VIEGAS et al., 2012; MINOZZO, 2011).

FONTENELE et al. (2013) analisaram a diferença do índice de rigor mortis com tilápias-do-nilo abatidas por imersão em solução com eugenol e por hipotermia. Os peixes sacrificados com eugenol alcançaram maior valor de índice de rigor mortis no rigor pleno quando comparados aos que são sacrificados por hipotermia. O que demonstra que o abate de solução com eugenol pode ter grandes vantagens em relação ao abate por hipotermia.

Segundo o estudo DA SILVA (2013) utilizando abate por sacrifício (asfixia em gelo) com beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivados em diferentes tratamentos o índice de pleno rigor ocorreu entre 1 a 5 horas. No estudo de ALMEIDA et al (2005) também utilizando o sacrifício (asfixia em gelo) com tambaqui (*Colossoma macropomum*) o tempo de pleno rigor ocorreu após 30 minutos.

O período inicial do rigor mortis, a duração e o tempo de finalização podem ser influenciados por vários fatores, como grau de gordura do peixe, a espécie, dados morfométricos e pelos procedimentos usados para sacrificá-los (OLIVO, 2004 apud FONTENELE et al., 2013).

Conhecer o tempo que o beijupirá criado em cativeiro entra no estágio de rigor mortis é fundamental para que se crie um protocolo específico de manejo, visando um melhor aproveitamento na etapa do processamento do pescado, em especial na produção de filés,

pois é essencial que durante essa etapa o pescado ainda esteja no estágio de pré-rigor, resultando significativamente nas qualidades sensoriais, como textura e cor dos filés frescos (SKJERVOLD et al., 2001, RORA et al., 2004).

O tempo inicial do estágio do rigor mortis pode ser retardado com o resfriamento do pescado logo após seu abate, aumentando a vida útil e mantendo a qualidade do produto. Além disso, a conservação é importante pois ela atua diretamente na diminuição das ações microbianas após o processo de rigor (MINOZZO, 2011).

#### **4. CONCLUSÃO**

O abate por insensibilização por eugenol e secção de medula vem apresentando destaque em alguns estudos, quanto ao maior retardamento do processo de rigor mortis em abate de peixes. Para estudos futuros sugere-se uma comparação com diferentes tipos de abate do beijupirá para análise do índice de rigor mortis, e melhor comparação de diferentes processos de abate

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Laboratório de Nutrição e Propagação de Organismos Aquáticos (LANPOA) pela doação dos peixes, e ao Instituto Federal do Espírito Santo Campus Piúma por nos proporcionar o espaço e os materiais necessários para realização do estudo.

## REFERÊNCIA

- ALMEIDA, N. M.; BATISTA, G. M.; KODAIRA, M.; VAL, A. L.; LESSI, E. Determinação do índice de rigor-mortis e sua relação com a degradação dos nucleotídeos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. **SciELO**, Santa Maria, v. 3, n. 35, p.698-704, jun. 2005.
- ASHLEY, P. J. Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 104, p. 199-235, 2007.
- BITO, M.; YAMADA, K.; MIKUMO, Y.; AMANO, K. Studies on rigor mortis of fish - I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish. By modified cuttings methods. **Bulletin Tokai Regional Fisheries Research Laboratory**, v.109, p.89-96, 1983.
- CAGGIANO, M. Quality in harvesting and post-harvesting procedures –influence on quality. Fish freshness and quality assessment for sea bass and sea bream. FILE NAME MEGEFORMAT, 2002.
- DA SILVA, A. V. Crescimento, resposta fisiológica, qualidade de filé de juvenis de Beijupirá (*Rachycentron canadum*) submetidos a diferentes densidades de estocagem. UFRPE, Recife - PE, Brasil, 2013.
- FONTENELE, R. M.; SANTOS, E. S.; MOTA, S. Índice de Rigor Mortis de Tilápias do Nilo Abatidas de Diferentes Formas Após Cultivo em Esgoto Doméstico Tratado. **Conex. Ci. e Tecnol.** Fortaleza/CE, p. 61-72, 2013.
- GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado**: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011.
- GUÉNETTE, S.A.; UHLAND, F.C.; HÉLIE, P.; BEAUDRY, F.; VACHON P. Pharmacokinetics of eugenol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 266, n. 1, p. 262–265, jun, 2007.
- HAJEK, G.J.; KLYSZEJKO, B.; DZIAMAN, R. The anaesthetic effect of clove oil on common carp. *Cyprinus carpio* L, **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, v. 36, n. 2, p. 93-97, 2006.
- LAMBOOIJ, E.; VAN DE VIS, J.W.; KUHLMANN, H.; MUNKNER, W.; OEHLenschLAGER, J.; KLOOSTERBOER, R.J; PIETERSE, C. A feasible method for humane slaughter of eel (*Anguilla anguilla*.): electrical stunning in fresh water prior to gutting, **Aquaculture**. V.33, p.643-652, 2002.
- NUNES, A. J. P. **Ensaios com o Beijupirá (*Rachycentron canadum*)**: Nutrição, Sanidade e Valor do Beijupirá, *Rachycentron canadum*, Cultivado no Nordeste do Brasil. UFC/Labomar, Fortaleza/CE, 2014.
- OETTERER, M.; GALVÃO, J. A.; SAVAY-DA-SILVA, L. K. Qualidade do Pescado: Sistemas para Padronização. In: GALVÃO, Juliana Antunes; OETTERER, Marília. **Qualidade e Processamento de Pescado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. Cap. 2. p. 31-72.
- ORDÓÑEZ, J. A. P.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S **Tecnología de Alimentos**: Alimentos de Origen Animal. Vol. 2. Editora Artmed. São Paulo. 2005. 279p.
- RABELO, A. M. A. Métodos físicos para análise do pescado, seminário sobre controle de qualidade na indústria de pescado. Santos, São Paulo: SBCTA/ITAL, 1988.

RENAULT, S.; DAVERAT, F.; PIERRON, F.; GONZALEZ, P.; DUFOUR, S.; LANCELEUR, L.; SCHÄFER, J.; BAUDRIMONT, M. The use of Eugenol and electro-narcosis as anaesthetics: Transcriptional impacts on the European eel (*Anguilla anguilla* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 6, p. 1573–1577, set, 2011.

ROBB, D.; KESTIN, S.; LINES, J. Progress with humane slaughter. **Fish Farmer**. November/December 2000, 44p.

RØRA, A. M. B.; FURUHAUG, R.; FJAERA, S. O.; SKJERVILD, P. O. Salt diffusion in pre-rigor filleted Atlantic salmon. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 232, n. 1-4, p. 255 – 263, abr, 2004.

SCHROPFER, D. L.; TITON, M. C.; SMANIOTTO, C.; QUADROS, T. A.; BASSANI, M. T. Métodos Métodos de insensibilização e sua influência na qualidade do pescado. **Anais**. Faculdade de Itapiranga. Santa Catarina, 2016.

SKJERVOLD, P. O.; RORA, M. B.; FJAERA, S. O.; VEGUSDAL, A.; VORRE, A.; SKULAND, A. V.; EINEN, O. Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. **Aquaculture**. Amsterdam, v. 194, n. 3-4, p. 315–326, mar, 2001.

TAVARES, M.; GONÇALVES, A. A. Ciência do Pescado: Aspectos Físico-químicos do Pescado. In: GONÇALVES, Alex Augusto. **Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Atheneu, 2011. Cap. 1. p. 2-107.

TERLOUW, E.M.C.; ARNOULD, C.; AUPERIN, B.; BERRI, C.; BIHAN-DUVAL, E.L.; DEISS, V.; LEFEVRE, F.; LENSINK, B.J.; MOUNIER, L. 2008. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. **Animal**, 2:1501-1517.

VIEGAS, E. M. M.; PIMENTA, F. A.; PREVIERO, T. C.; GONÇALVES, L. U.; DURÃES, J. P.; RIBEIRO, M. A. R.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C. Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Archivos de Zootecnia**, [s.l.], v. 61, n. 237, p.41-50, 7 nov. 2011. Cordoba University Press (UCOPress).

## CAPÍTULO 29

### O ESTADO DA ARTE EM SISTEMAS DE RADAR VEICULAR: ÚLTIMOS AVANÇOS EM DISPOSITIVOS RESSONANTES.

#### **Cássio da Cruz Nogueira**

Graduando em Física pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: cassio.nogueira@icen.ufpa.br

#### **Wirlan Gomes Lima**

Mestrando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: wirlan.lima-17@hotmail.com

#### **Jasmine Priscyla Leite de Araújo**

Pós-Doutora pela INESC TEC, Portugal

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: jasmine.araujo@gmail.com

#### **Gervásio Protásio dos Santos Cavalcante**

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: gervasio@ufpa.br

#### **Fabício José Brito Barros**

Pós-Doutor pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: barros@ufpa.br

#### **Miércio Cardoso de Alcântara Neto**

Pós-Doutor pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa Nº 1, Guamá, Belém/PA CEP 66075-110

E-mail: miercio@ufpa.br

**RESUMO:** A invenção do veículo automotor para transporte terrestre facilitou a locomoção das pessoas, encurtando distâncias e aproximando fronteiras, configurando-se no meio de transporte mais utilizado no mundo. Com isso, a popularização deste meio de transporte resultou em substancial crescimento em sua produção e, em consequência, o desenvolvimento de novas tecnologias que assegurem sua qualidade, segurança e conforto, vem se caracterizando em uma área de interesse da indústria automotiva com vasta possibilidade de desenvolvimento de pesquisas científicas nesta área. Neste contexto, este estudo desenvolve uma

pesquisa acerca do estado da arte de projetos de estruturas eletromagnéticas (EM) para aplicação no sistema de segurança veicular, especificamente, no sistema de radar veicular, assim, serão apresentadas algumas estruturas ressonantes e, seus respectivos resultados serão comentados ao longo deste texto.

**PALAVRAS-CHAVE:** SRR, IEEE 802.15.3c; WPAN; SRCA; ondas milimétricas.

**ABSTRACT:** The auto motor vehicles invention for land transportation has made people's locomotion easier, shorting distances and bringing borders closer, being the world's most used means of transport. The dissemination of this mean of transport has increased the production and hence the development of new technologies which ensures the safety, quality, well-being and has is becoming a new interest area for the auto industry. In that context, this paper develops a research upon the state of art of electromagnetic structure designs for application in vehicle security systems, particularly in vehicular radar system, so, we will present some resonant structures and its respective results will be commented on throughout this paper.

**KEY-WORDS:** IEEE 802.15.3c; WPAN; SRCA; milimeters waves.

## 1. INTRODUÇÃO

A comodidade e a facilidade em se locomover proporcionada por veículos automotor, justifica este como o meio de transporte terrestre mais utilizado pela sociedade moderna e, com isso, garantir maior confiabilidade e segurança ao se pilotar estes veículos, torna-se uma necessidade crescente.

Neste sentido, questões como performance e aerodinâmica deixaram de ser as únicas preocupações em projetos de carros modernos, pois, com a popularização deste transporte e sua crescente utilização, faz com que a percepção do ambiente e o controle da dinâmica do veículo, consistam em melhorias notáveis em seu projeto. “A capacidade de perceber e interagir com o meio ambiente, no entanto, abre novas perspectivas para funções autônomas aos veículos”, segundo Vlacic, Ljubo [1]. Nesse contexto, é possível verificar na literatura especializada, pesquisadores da área do eletromagnetismo (EM) estão concentrando seus esforços em desenvolver dispositivos de rádio propagação para controle veicular e detecção de obstáculos.

Com este paradigma surgiu a necessidade de se estabelecer um padrão para regulação e operação do sistema, com em 11 de setembro de 2009 foi publicado o padrão IEEE 802.15.3c-2009. Outrossim, o Grupo de Tarefas IEEE 802.15.3c, denominado de TG3c, foi formado em março de 2005, sendo este mesmo grupo responsável pelo desenvolvimento de uma camada física alternativa, baseada em ondas milimétricas para o antigo *Padrão Wireless Personal Area Network* (WPAN) 802.15.3, já existente.

O WPAN de ondas milimétricas é definido para operar na faixa de 57 a 66 GHz, e permite uma taxa de dados muito alta, alcance curto (cerca de 10 m) para aplicações que incluem acesso à Internet de alta velocidade, streaming de conteúdo (vídeo sob demanda, HDTV, home theater etc.) e barramento de dados sem fios [2].

Dentre os sistemas que operam no padrão IEEE 802.15.3c, pode-se destacar o Sistema de Radar de Curto Alcance (SRCA), que consiste em mais um elemento importante para garantir a segurança do automóvel, sendo responsável pela prevenção e detecção de possíveis colisões, assim, contribui para reduzir o número e a gravidade dos acidentes de trânsito. O SRCA possui várias aplicações como, detecção de mudança de faixa, controle e disparo de airbags, pré-sensor de colisão, funcionalidade go / break, detecção de pontos cegos, assistência de estacionamento e assistência de partida em rampas [3] – [4].

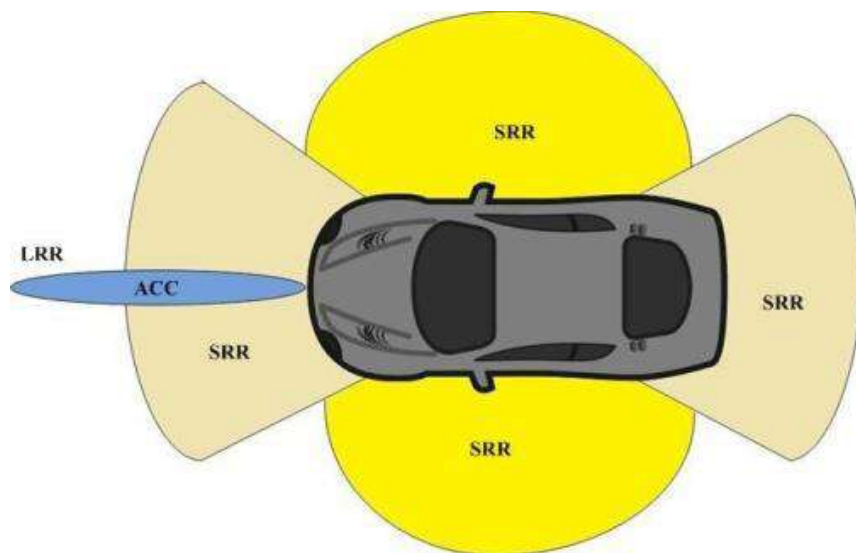


Existem quatro tipos de aplicação para o SRCA [5]: Radar de Abertura Sintética (RAS), Ondas Contínuas (OC), Radar de Ondas Contínuas de Frequência Modulada (OCFM), Radar de Impulso de Banda Ultra Larga (RIBUL) e Radar de Matriz de Fases. O RAS foi desenvolvido para mapeamento de terra ar à distância. E, pequenos sistemas de Radar Doppler de OC são usados como sensores de movimento e para medir a velocidade de automóveis. O Radar OCFM é usado para altímetros de radar em aeronaves. Por fim, o Radar de Matriz de Fase é usado para o sistema de obtenção de imagens.

Na indústria automotiva, o SRCA para operar em três frequências distintas – 24,5 GHz, 26,5 GHz, e 79 GHz. Suas larguras de banda são 5 GHz, 4 GHz, e 4 GHz respectivamente [6]. Na Figura1, é apresentada a área de cobertura da antena de radar automotivo. É observado que o radar de curto alcance de 79 GHz requer alta resolução [7].

A Faixa de Banda recomendada para a antena de radar automotivo de 79 GHz é de 77-81 GHz com potência de transmissão de 10 dBm [8].

Figura 01: Posicionamento e área de cobertura da antena de radar automotivo [9].



Neste estudo foi desenvolvida uma metodologia para a explanação do estado da arte referente a pesquisas e desenvolvimento de dispositivos ressonantes para aplicações no sistema SRCA, sendo este artigo fruto da primeira etapa deste levantamento bibliográfico.

## 2. METODOLOGIA PROPOSTA

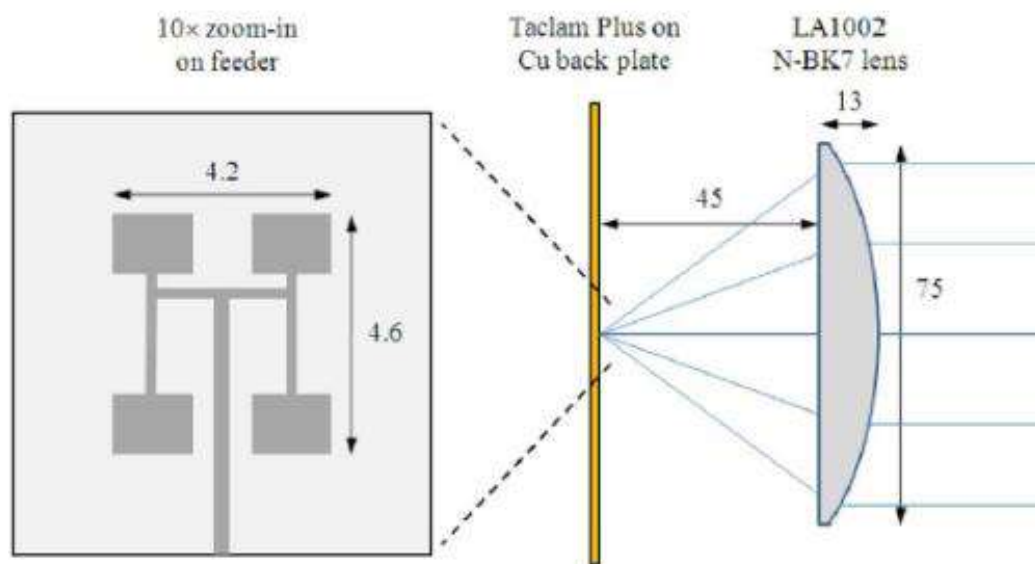
D. Platt et al [10] desenvolveu radar automotivo baseado em circuito integrado CI de micro-ondas para operar na faixa de frequência de 77-81 GHz, com frequência central em 79 GHz largura de banda de 9,05 GHz e ganho de 6,5 dBi o circuito foi construído sobre uma plataforma de silício.

Uma antena de onda milimétrica para ressonar em 79 GHz baseado em um guia de onda com arranjo 8x8 e de ganho de 15,7 dBi foi desenvolvida por H. Iwai et al [11].

A correção do vazamento da transmissão do caminho da recepção para um sistema de radar de onda contínua modulada por frequência de 77 GHz com largura de banda de 6 GHz e ganho de 10 dBi foi apresentada por P. Hallbjørner et al [12].

Na Fig. 2, tem-se o esboço de uma antena, com vista frontal do alimentador à esquerda e vista lateral de toda antena à direita. As dimensões mostradas na figura são dadas em milímetros.

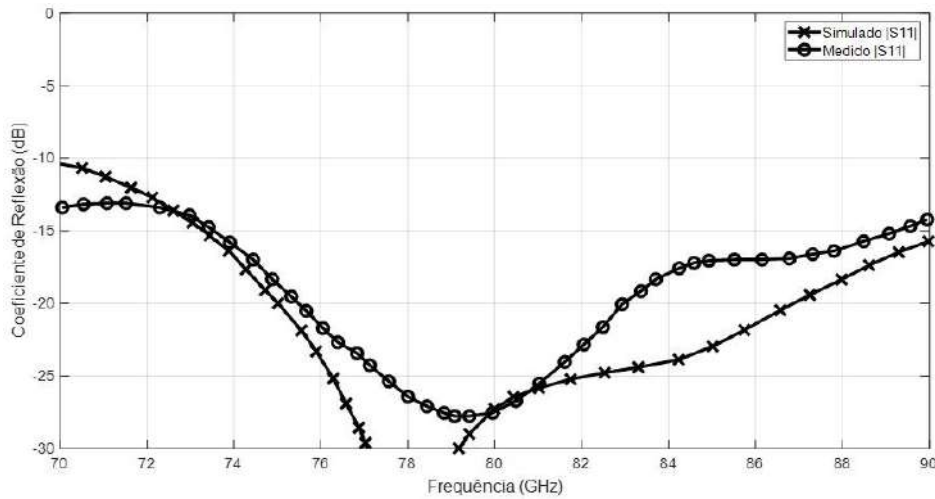
Figura 02: Uma antena de lente de 77 GHz para radar automotivo com largura de banda de 4 GHz [13].



Uma plataforma de silício altamente integrada foi aplicada. Com dispositivos passivos integrados em conjunto de silício e GaAs Circuito Monolítico integrado de microondas (CMIM) desenvolvido para o radar automotivo Radar de Ultra Banda Larga na faixa de frequência de 77 a 81 GHz desenvolvida por Duncan Platt et al [14].

Na Fig. 03 verifica-se o resultado obtido com a plataforma de silício.

Figura 03: Coeficientes de reflexão simulados e medidos do sub- arranjo RX [14].



Os autores obtiveram uma plataforma de silício que funciona para ondas milimétricas, que é capaz de operar em frequências extremamente altas e assegurar operação em banda larga, sendo adequada para aplicações em radar automotivo na faixa de 76 a 81 GHz.

Uma antena integrada de ressonador dielétrico e substrato de banda larga (ARDISB), foi desenvolvida por YouChao Tu et al [15]. O ARDISB proposto fornece uma largura de banda de cerca de 25% em torno de 35 GHz para perda de retorno com frequências de corte, superior e inferior, em -10 dB, com padrões de radiação broadside estáveis e ganho médio de 4,6 dBi.

Na Fig. 04 verifica-se a estrutura proposta.

Figura 04: Modelo da estrutura proposta, com valores dados em mm.

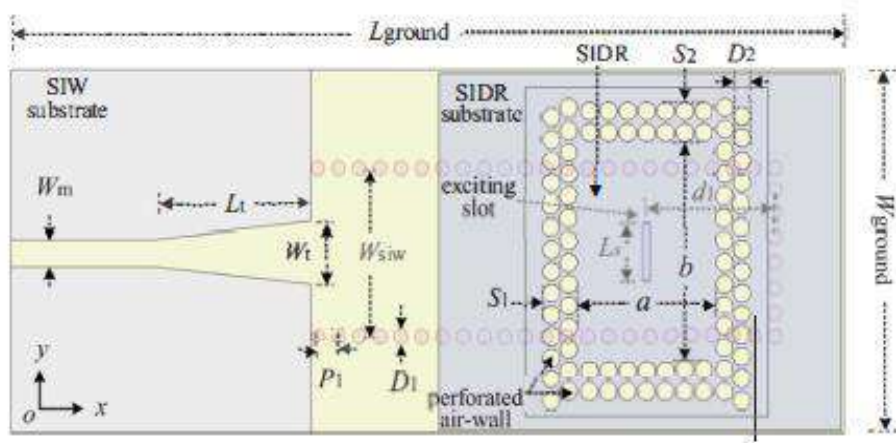
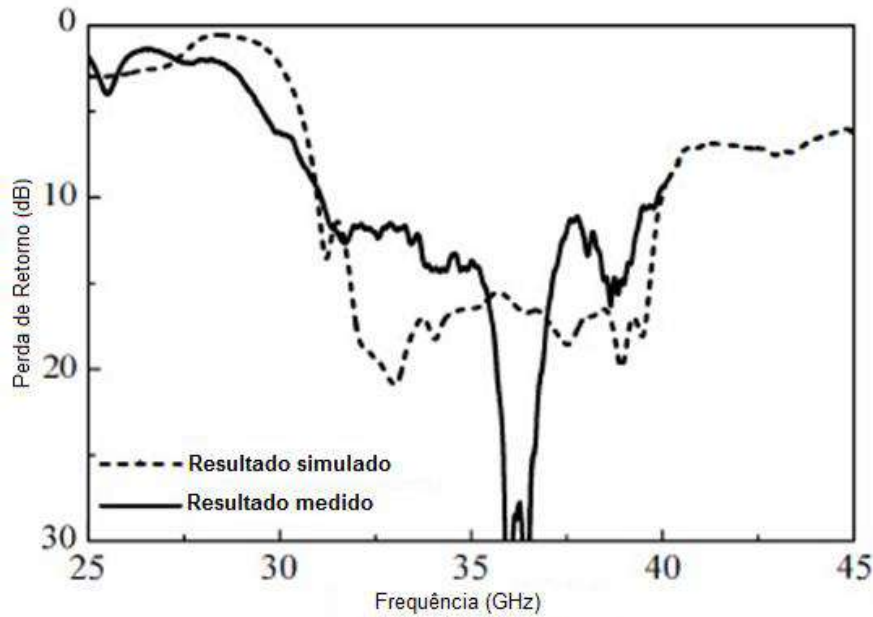


Tabela 01: Valores dos Parâmetros da antena em mm.

| Parâmetro | $a$ | $b$ | $S_1$ | $D_2$ | $L_s$ | $W_s$ | $d_1$ | $W_{siw}$ | $D_1$ | $P_1$ | $W_m$ | $W_t$ | $L_t$ |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Valor     | 4   | 6   | 1     | 0.5   | 1.55  | 0.2   | 3.7   | 4.6       | 0.4   | 0.6   | 0.75  | 1.7   | 4.5   |

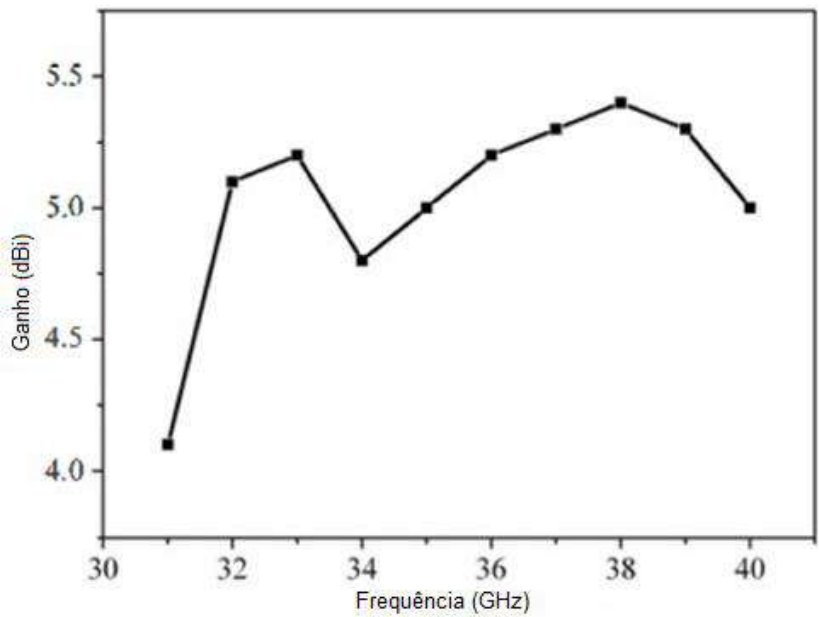
Na Fig. 5 verifica-se o resultado obtido das Perdas de retorno.

Figura 05: Perdas de retorno em função da frequência em GHz.



Na Fig. 06 nota-se o ganho medido da ARDISB obtida.

Figura 06: Verifica-se o ganho medido em função da frequência.



Um sistema de radar para a faixa 76-77 GHz e ganho de 14,2 dBi é apresentado por M. Chen et al [16].

Na Fig. 07, uma antena com frequência de ressonância de 79 GHz, largura de banda de 78,2 GHz com ganho de 17,5 dBi, aplicação adequada a radar de curto alcance é proposta por NandKishore et al [5].

Figura 07: Vista Superior (a) e Vista Inferior (b).

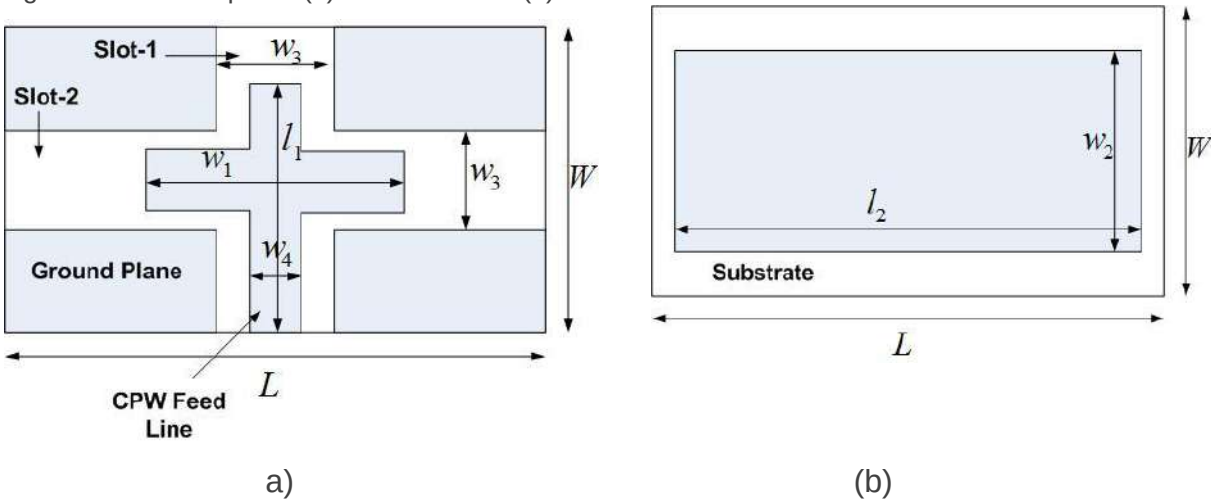
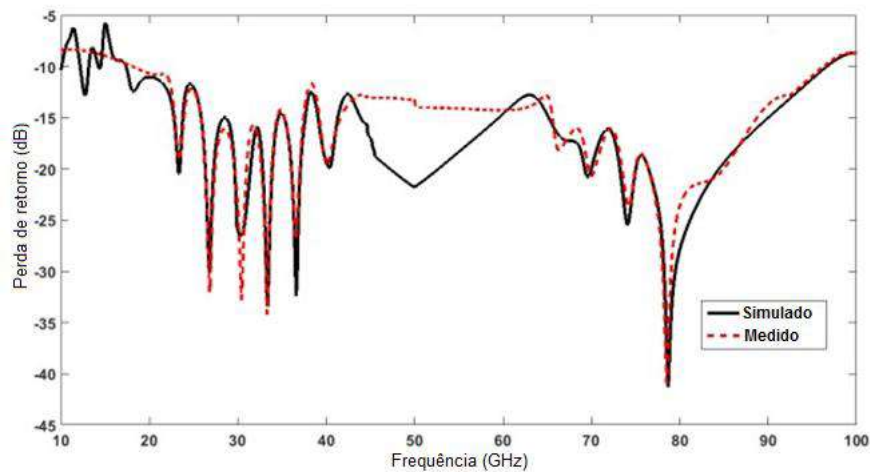


Tabela 02: Valores do Parâmetro (em mm).

| Paramêtro | $L$ | $W$ | $L1$ | $W1$ | $L2$ | $W2$ | $W3$ | $W4$ |
|-----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| Valor     | 24  | 14  | 11   | 8    | 18   | 10   | 4    | 2    |

Na Fig. 08, resultado simulado e medido da perda de retorno da estrutura da antena.

Figura 08: Resultado simulado e medido da perda de retorno da estrutura proposta.



Neste resultado, percebe-se que uma largura de banda de  $\approx 70,0$  GHz, e principal pico de ressonância em 79 GHz, validando o resultado simulado.

### **3. CONCLUSÃO**

Neste estudo, buscou-se elaborar uma breve revisão do estado da arte relacionado ao sistema de radar veicular de curto alcance, tendo em vista o padrão IEEE 802.15.3c, suas aplicações e trabalhos relacionados. Com isso, pode-se concluir que a área de desenvolvimento de dispositivos EM para aplicações em radar veicular, consiste em uma área bastante próspera para proposição de estudos e projetos. Assim, para continuidade deste trabalho, serão desenvolvidos projetos de estruturas ressonantes para aplicações no SRCA.

## REFERÊNCIAS

- [1] VlacicLjubo, "Towards Intelligent Automotive Vision System", in Intelligent Vehicles Technologies, pp. 113 – 116, Elsevier, 2000.
- [2] [https://standards.ieee.org/standard/802\\_15\\_3c-2009.html](https://standards.ieee.org/standard/802_15_3c-2009.html). Acesso em: 27 de Setembro de 2018.
- [3] R. Bishop, "Application Areas", in Intelligent Vehicle Technology and Trends, Artech House ITS Library, pp. 25 - 37, 2005.
- [4] R. Lachner, "Development Status of Next Generation Automotive Radar in EU", ITS Forum, Tokyo, 2009.
- [5] Nand Kishore, Gaurav Upadhyay, Arun Prakash, Vijay Shanker Tripathi, "Millimeter Wave Antenna for Intelligent Transportation Systems Application", Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetics Applications, Vol. X, No. Y, Month 2017.
- [6] A. Kajiwar, "UltraWideband Automotive Radar", in Advances in Vehicular Networking Technologies, pp. 103 - 122, 2011.
- [7] ITU-R WP 5A/B, "Intelligent transport systems (ITS)", Radio communication Study Groups, International Telecommunication Union, 2015.
- [8] ITU–R M.1452–2, "Millimetre wave vehicular collision avoidance radars and radio communication systems for intelligent transport system applications", International Telecommunication Union, 2012.
- [9] Jau–Jr Lin, "Analysis and Design of the Switched-beam Antenna Array for Automotive Radar Applications", Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, pp. 2561 - 2564, 2014.
- [10] D. Platt, L. Pettersson, D.Jakonis et al. "Integrated 79GHz UWB Automotive Radar Front– End based on Hi–Mission MCM–D Silicon Platform", Proceedings of the 6th European Radar Conference, pp. 445 - 448, 2009.
- [11] H. Iwai, S.Suetsugu et al., "Feasibility Study on a Slot Array in the Millimeter–Wave Band Based on a Conformal Waveguide", International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP),vol. 5, pp. 1– 3, 2015.
- [12] A. Melzer, A. Onic, F. Starzer, and M. Huemer, "ShortRange Leakage Cancelation in FMCW Radar Transceivers Using an Artificial On- Chip Target", IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, vol. 9, no. 8, pp. 1650 – 1660, 2015.
- [13] P. Hallbjørner, Z. He, S. Bruce, and S. Cheng, "Low-Profile 77–GHz Lens Antenna With Array Feeder", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 11, pp. 205 - 207, 2012.
- [14] Duncan Platt, Lars Pettersson, Daurius Jakonis, Michael Salter and Joacim Haglund, "Integrated 79 GHz UWB automotive radar front- end based on Hi-Mission MCM-D silicon platform", International Journal of Microwave and Wireless Technologies, 2(3-4), pp. 325-332, 2010.
- [15] You Chao Tu, Dong Dong Ma, Yan Liu, Xue Hui Hu and Ke Gong, "Broadband Substrate Integrated Dielectric Resonator Antenna for Millimeter-Wave Applications", IEEE MTT-S

International Microwave Workshop Series on Advanced Materials and Processes for RF and THz Applications (IMWS-AMP), Chengdu, 2016.

[16] M. Chen, C. C. Chen, S. Y. P. Chien, and R. Sherony, "Artificial Skin for 76-77 GHz Radar Mannequins", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 62, no. 11, pp. 5671 - 5679, 2014.



# CAPÍTULO 30

## AVALIAÇÃO, ANÁLISE E REFORÇO DA ESTRUTURA DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.

### **Matheus Nunes Reis**

Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília e Pós-graduado pelo IPOG.

Instituição: Universidade de Brasília.

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 70297-400.

E-mail: matheusnreis95@gmail.com

### **Jorge Antonio da Cunha Oliveira**

Doutor em estruturas e construção Civil pela Universidade de Brasília.

Instituição: Centro Universitário de Brasília.

Endereço: QS 1 Lote 1/17, Rua 214, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 72025-120.

E-mail: Jorge.oliveira@ceub.edu.br

### **Jocinez Nogueira Lima**

Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília.

Instituição: Centro Universitário de Brasília.

Endereço: QS 1 Lote 1/17, Rua 214, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 72025-120.

E-mail: jocinez.lima@ceub.edu.br

**RESUMO:** Neste trabalho foi feita análise estrutural da edificação presente no Clube Monte Líbano, localizado em Brasília, para verificar o desempenho estrutural do edifício, visto que o intuito é realizar a construção de um novo pavimento sobre esta edificação. A metodologia consistiu em ensaios não destrutivos (esclerometria e avaliação de penetração de carbonatação com fenolftaleína); na elaboração do projeto arquitetônico as built e do projeto estrutural, visto que o clube não possui nenhum registro de projetos estruturais. Além destes foram executadas inspeções visuais e verificações in loco da estrutura identificando as principais manifestações patológicas encontradas no edifício, e ainda a análise e dimensionamento da estrutura com o auxílio dos softwares Eberick V10, SAP2000 V17 e o Visual Metal. As lajes, vigas e pilares demonstraram deformações compatíveis e armaduras suficientes para resistir aos esforços solicitantes. Porém ao acrescentar o pavimento superior verificou-se a necessidade de reforço em diversos elementos. Para alívio de cargas foi escolhida estrutura metálica e cobertura com telha termoacústica, eliminando a necessidade de reforços mais sofisticados. Em acréscimo, são apresentados os projetos arquitetônicos, os projetos de reforço estrutural da edificação e os projetos de estruturas metálicas do novo pavimento proposto. Ademais, são citadas algumas medidas corretivas necessárias para o restabelecimento do desempenho adequado das áreas afetadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação, Análise, Reforço, Concreto Armado.

**ABSTRACT:** In this paper was done a structural analysis of the “Monte Líbano” club, located in Brasília, aiming to verify the structural performance of the building, once the

owner wants to build a new floor above the existing one. The methodology consisted in non-destructive tests (esclerometry and carbon penetration with phenolphthalein); in the elaboration of architectural and structural as built. In addition, visual inspections and on-site verification of the structure were carried out, identifying the main pathological manifestations found in the building, as well as the analysis and design of the structure with the help of Eberick V10, SAP2000 V17 and Visual Metal software. The slabs, beams and pillars demonstrated compatible deformations and armor sufficient to withstand the applicant efforts. However, when adding the upper deck, it was verified the need of reinforcement in several elements. For load relief was chosen metal structure and roof with thermoacoustic tile, eliminating the need for more sophisticated reinforcements. In addition, the architectural projects, the structural reinforcement projects of the building and the metal structures projects of the proposed new pavement are presented. In addition, some corrective measures are necessary to restore the adequate performance of the affected areas.

**KEYWORDS:** Evaluation, Analysis, Reinforcement, Reinforced Concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

Tomar nota das condições estruturais de uma edificação é imprescindível na prevenção de acidentes e de maiores danos, os quais podem levar parte ou conjunto de elementos à instabilidade e até possível ruptura, como pode ocorrer no caso recorrente de adições de novos pavimentos numa estrutura pré-existente.

A edificação estudada no Clube Monte Líbano é mais um exemplo que mostra a importância da inspeção, análise e diagnóstico antes de qualquer alteração a ser realizada na concepção estrutural. Segundo Helene (1988) é possível avaliar sem dificuldades as manifestações patológicas devido ao maior conhecimento de mecanismos agressivos aos materiais e à tecnologia desenvolvida na atualidade.

## 2. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação em estudo é um prédio de uso comercial, localizado na SCES Trecho 2, SHCS, Brasília – DF, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 15°49'9.65" S e longitude 47°50'45.77" O.

O edifício localizado no Clube Monte Líbano é constituído de um único pavimento, com uso comercial, que atualmente é utilizado para depósito de materiais.

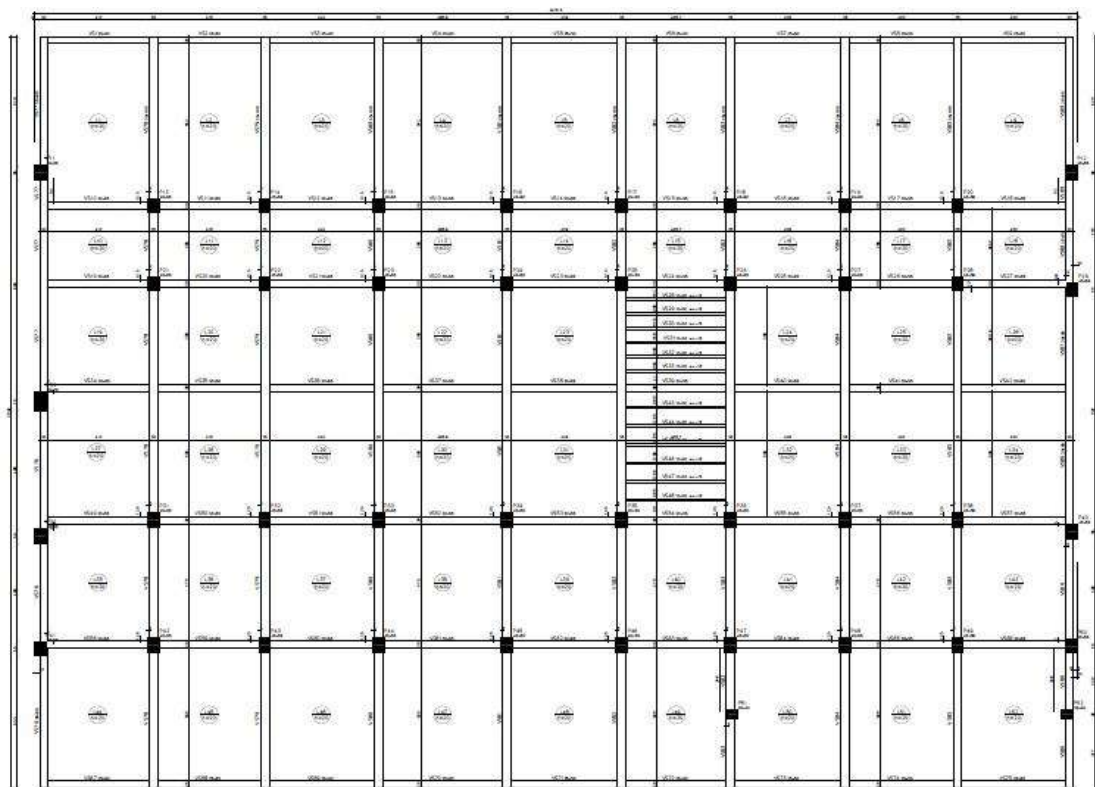
A Figura 01 apresenta uma vista geral da fachada lateral esquerda do prédio.

**Figura 01** – Vista da edificação avaliada no Clube Monte Líbano.



Fonte: Autores.

**Figura 02** – Planta de forma do pavimento superior da edificação.



Fonte: ECTA engenharia.

Dados da edificação em análise no Clube Monte Líbano: Tipo do Imóvel: Comercial; Tipo da Edificação: Térrea; Estrutura: Concreto armado; Alvenaria de Vedação da Fachada: Blocos cerâmicos; Revestimento das Fachadas: emboço em argamassa mista, com acabamento em pintura (textura).

### 3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Cabe ressaltar que o levantamento in loco foi utilizado para identificar as características gerais e específicas da edificação. As manifestações patológicas foram identificadas através de inspeções visuais executadas. Em seguida, como metodologia de estudo, as áreas comuns foram desmembradas em regiões para facilitar o levantamento técnico do edifício, através de avaliação, identificação e documentação de manifestações patológicas e falhas construtivas existentes.

As principais manifestações patológicas encontradas nas dependências das edificações foram sinais de infiltrações, trincas/fissuras, lixiviação, deslocamento e carbonatação do concreto, como também armaduras expostas ocasionando a corrosão do aço. As figuras 03 a 11 mostram as principais patologias encontradas.

**Figura 03** – Trincas na laje de piso.



Fonte: Autores.

**Figura 04** – Armadura exposta e corroída na platibanda.



Fonte: Autores.

**Figura 05** – Junta de dilatação deteriorada na platibanda.



Fonte: Autores.



**Figura 06** – Fissuras na fachada lateral esquerda da edificação.



Fonte: Autores.

**Figura 07** – Mancha de infiltração na laje e no pilar.



Fonte: Autores.

**Figura 08** – Ligação de pilar metálico com viga.



Fonte: Autores.

**Figura 09** – Deslocamento de revestimento argamassado.



Fonte Autores.

**Figura 10** – Rachadura na junção da viga com parede de alvenaria e com o pilar.



Fonte: Autores.

**Figura 11** – Laje com eflorescência.



Fonte: Autores.

#### 4. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Para complementação da avaliação também foram realizados ensaios não destrutivos, como a esclerometria e a avaliação de penetração de carbonatação com fenolftaleína. Importante ressaltar que todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas nacionais e internacionais. Para o trabalho no Clube Monte Líbano foram realizados ensaios de esclerometria nos pilares P14 e P28 para estimar a qualidade do concreto endurecido. A localização destes elementos estruturais pode ser consultada na forma do pavimento superior em anexo.

Os resultados de ambos ensaios são apresentados na tabela 01.

**Tabela 01** – Resultados dos ensaios de esclerometria.

|                         |  |                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
|-------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------------------|----|-------------|-----------------|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|-------------------------------------------|--|--|--|
| Empresa / Projeto       |  |                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Clube Monte Líbano              |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  | Obra: Clube Monte Líbano |  |  |  | Esclerômetro: Controls, model 53-C0181/N, |  |  |  |
| Data do Ensaio:         |  |                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 27/04/2017                      |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  | Localização: Diversos    |  |  |  | serial nº 13006635 , α = 0°               |  |  |  |
| ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS |  |                                                                                                                                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO (MPa) |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
| LOCAL ENSAIADO          |  | 1                                                                                                                                           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                              | 16 | IE(*1)médio | IEmédio x K(*2) | Resistênci a Média | Dispersão do Esclerômetr | Resistência Mínima | Resistência Máxima |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
| Pilar - P14             |  | 22                                                                                                                                          | 17 | 23 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | 22 | 22 | 24 | 26 | 23 | 20                              | 24 | 23          | 22              | 24,0               | 6,0                      | 18,0               | 30,0               |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
| Pilar - P28             |  | 30                                                                                                                                          | 31 | 32 | 32 | 30 | 28 | 34 | 32 | 27 | 31 | 30 | 29 | 30 | 30 | 28                              | 30 | 30          | 29              | 30,0               | 6,5                      | 23,5               | 36,5               |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
| Observações:            |  | (*1) IEmédio = Índice esclerométrico médio.                                                                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
|                         |  | (*2) k = Coeficiente de correção do índice esclerométrico (k=0,95).                                                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
|                         |  | (*3) Índices Esclerométricos com o asterisco foram descartados pois diferem em + 10% quando comparados ao IEmédio (NBR 7584).               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |
|                         |  | Para a correlação entre o Índice Esclerométrico e a Resistência à Compressão do Concreto foi utilizada a correlação do próprio equipamento. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                 |    |             |                 |                    |                          |                    |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                           |  |  |  |

Fonte: Autores.

Analisando os resultados pôde-se observar que de acordo com o ensaio de esclerometria os concretos da edificação analisada apresentam boa dureza superficial. Porém quando esses resultados são comparados com os resultados da avaliação da penetração de carbonatação com fenolftaleína em que houve a carbonatação do concreto de toda a superfície aplicada esses resultados não podem ser levados em consideração. Segundo a NBR 7584/2012, a influência da carbonatação na dureza da superficial do concreto é significativa e promove a superestimação da resistência.

Ao correlacionar estes resultados, os autores aconselharam a utilização de resistência de 15 Mpa para a edificação. Este valor de Resistência à compressão do concreto foi utilizado somente na elaboração do projeto estrutural para a verificação da construção de um novo pavimento, e não para o projeto de reforço estrutural.

A carbonatação do concreto é o termo utilizado para a penetração de dióxido de carbono em elementos de concreto. Esta penetração passa a ser preocupante



quando ultrapassa os limites de cobrimento das armaduras, pois pode causar a corrosão destas armaduras, deixando a estrutura vulnerável.

Para medir a alteração do pH do concreto faz-se a aspersão de um indicador de pH. No caso do Clube Monte Líbano foi utilizada uma solução de fenolftaleína. Ao aplicar fenolftaleína nos pilares a região de concreto não carbonatada (pH entre 8,3 e 9,5) assume uma coloração rosa. Já a região carbonatada não apresenta alteração de coloração (pH inferior a 8,3).

As figuras 12 e 13 apresentam a realização de aspersão de fenolftaleína nos pilares P14 e P50 da edificação em estudo.

Figura 12 – P14 antes da aplicação da fenolftaleína (esquerda) e após aplicação (direita).



Fonte: Autores.

**Figura 13** – P50 antes da aplicação da fenolftaleína (esquerda) e após aplicação (direita).



Fonte: Autores.

Cabe enfatizar que os ensaios foram realizados nos pilares sem o emboço, direto no concreto. Após a avaliação da penetração de carbonatação do concreto nos pilares pode-se observar que no pilar P14 existe a presença de alguns pontos de cor rosa clara, porém toda a sua superfície está carbonatada.

Assim como no pilar P50, em que após a aplicação da substância continuou incolor o que também indica a carbonatação do concreto. Dessa forma chegou-se à conclusão de que houve carbonatação do concreto em toda a superfície em que se aplicou a fenolftaleína.

## **5. ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL E REFORÇO**

A análise estrutural se baseia nas normas NBR 6118-2014 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos e NBR 6120-2000 (corrigida) – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Esta análise foi feita com base nos dados coletados nos levantamentos in loco, nas inspeções visuais, na elaboração do projeto arquitetônico as built, bem como nos ensaios de esclerometria e avaliação da carbonatação do concreto.

Dessa forma foi possível fazer o projeto estrutural com o auxílio do software Eberick V10, de dimensionamento e análise estrutural. De acordo com a análise computacional, as dimensões das vigas, as armaduras, as fissuras e as flechas, estão de acordo com a NBR 6118-2014, atendendo aos Estados Limites Último e de Serviço. Porém quando se acrescenta o pavimento superior observa-se que algumas vigas e lajes não atendem os estados limites de serviço e Último.

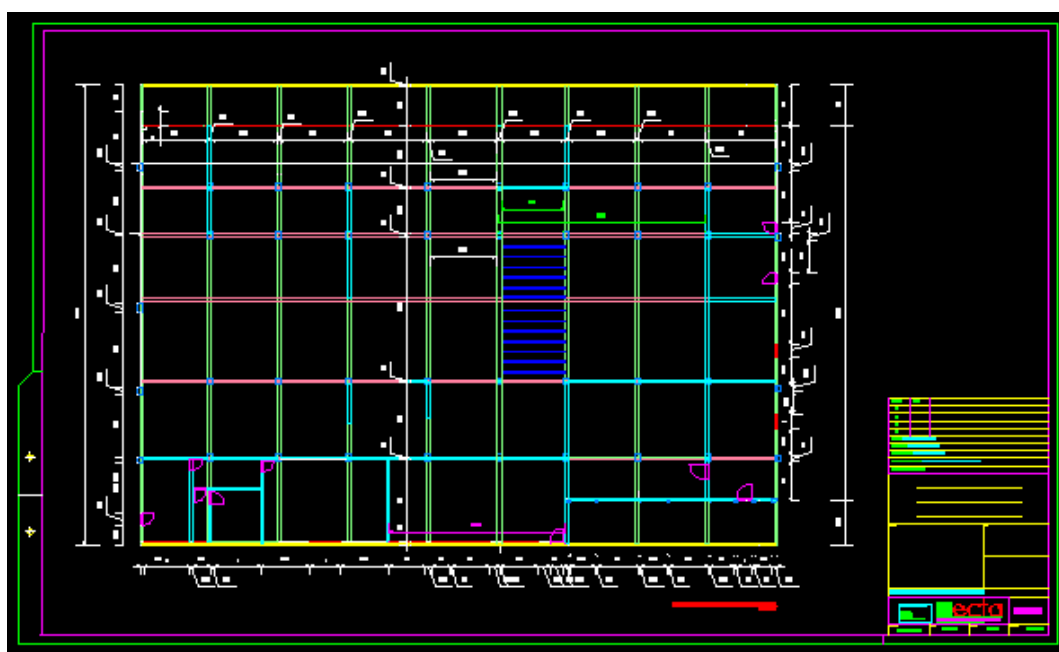
Assim conclui-se que a estrutura projetada não suporta a implantação de um novo pavimento, sendo necessário um plano de recuperação com reforço estrutural de vigas, pilares e lajes. Dessa forma o projeto de reforço estrutural foi proposto neste estudo, assim como o projeto estrutural do novo pavimento. Os materiais e carregamentos estão de acordo com as especificações do projeto estrutura original coletados in loco.

Para a modelação do projeto estrutural do novo pavimento foi utilizado o software SAP2000 V17 com o Método dos Elementos Finitos, para a análise e dimensionamento da estrutura em uma análise estática linear, e o software Visual Metal. Deste modo, optou-se por uma estrutura metálica e a cobertura com telha termoacústica, por ter o peso próprio menor é mais leve que o concreto armado, facilitando o transporte e a montagem, assim como ter menor sobrecarga sobre a

estrutura existente podendo reduzir o custo do reforço estrutural. Além de ter alta resistência e conseguir vencer grande vãos, podem ser produzidas com aços resistentes à corrosão e assim aumentar a vida útil da edificação.

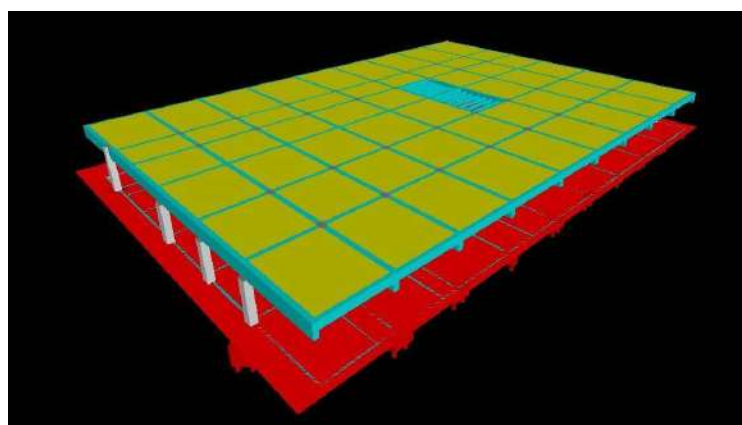
Nas figuras 14, 15, 16, 17 e 18 são apresentados a planta baixa do projeto arquitetônico, a imagem em 3D do projeto estrutural as built, a forma do pavimento superior do projeto de reforço estrutural da edificação, o projeto de estruturas metálicas do novo pavimento proposto e a imagem em 3D do projeto de estruturas metálicas.

**Figura 14** – Planta baixa do projeto arquitetônico as built.



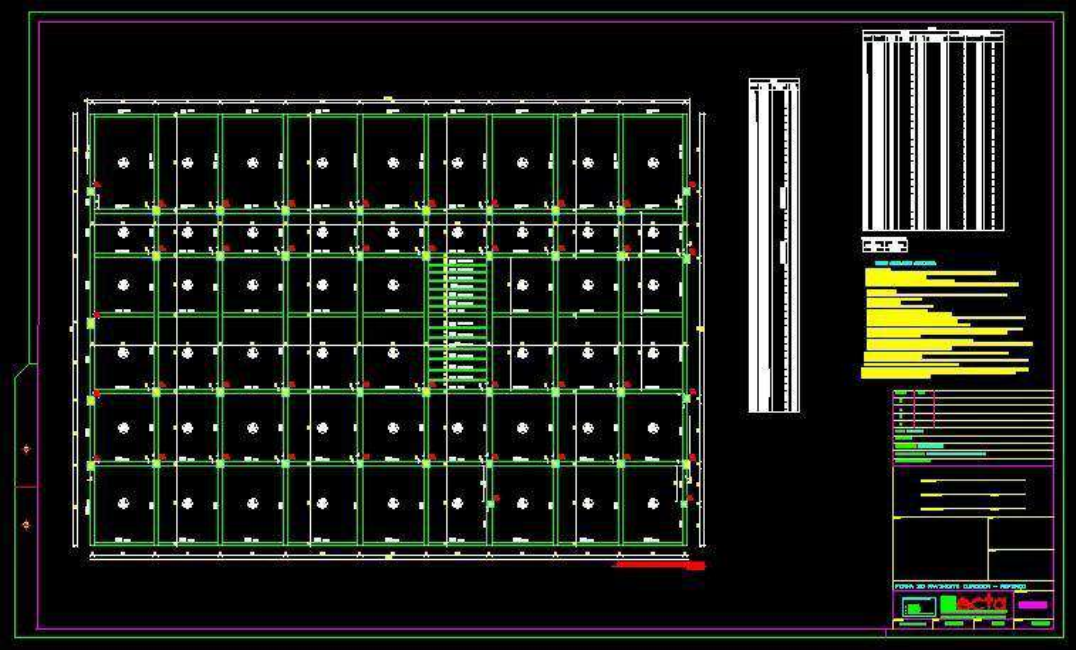
Fonte: ECTA engenharia.

**Figura 15** – Imagem em 3D do projeto estrutural as built (Eberick).



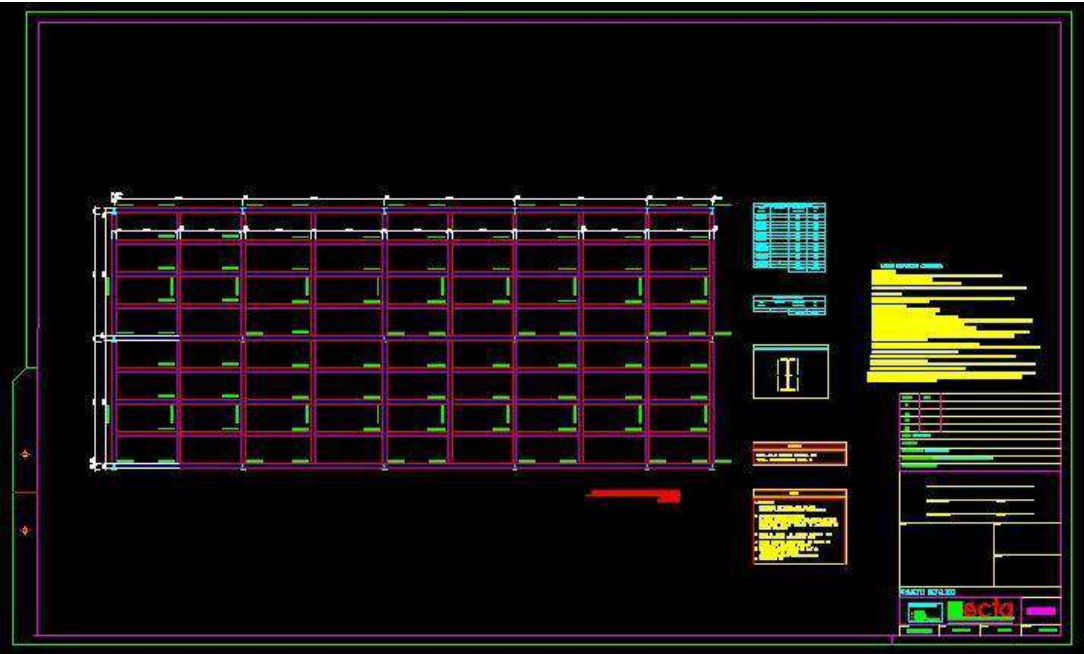
Fonte: Autor.

**Figura 16** – Forma do pavimento superior do projeto de reforço estrutural da edificação (Eberick).



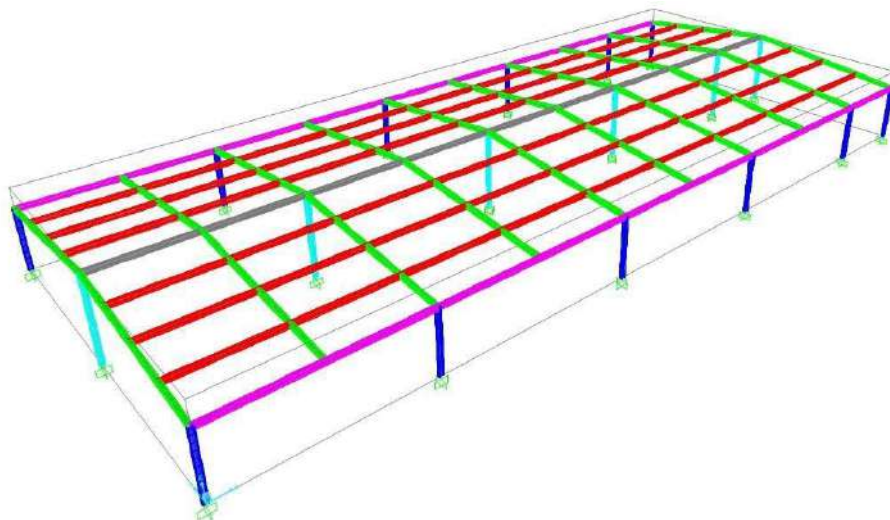
Fonte: Autor.

**Figura 17** – Forma do pavimento superior do projeto de estruturas metálicas do novo pavimento proposto (Eberick).



Fonte: Autor.

**Figura 18** – Imagem 3D da estrutura metálica do novo pavimento (SAP 2000).



Fonte: Autor.

Não se dispõe de dados acerca do controle tecnológico do concreto e dos materiais: dosagens utilizadas, tipo de cimento e do agregado, relação a/c, resultados dos ensaios de compressão do concreto, de tração e dobramento do aço, etc. Também não foram localizadas informações referentes à elaboração da mistura do concreto, que indicassem se a trabalhabilidade estava adequada às dimensões das peças e à taxa de armadura, dados sobre o adensamento e cura do concreto, etc. Por isso foram realizados ensaios não destrutivos do concreto, verificações in loco e inspeções visuais na edificação localizada no Clube Monte Líbano.

Recomenda-se um estudo do solo para conhecer a fundação dessa edificação, para a determinação dos tipos de solo, se este possui o desempenho adequado e suporta as cargas atuantes na estrutura atual, se suportaria as novas cargas provenientes da construção de um novo pavimento, como também a necessidade de reforço estrutural das fundações.

## **6. CONCLUSÕES**

Deve-se dar uma atenção especial às estruturas de concretos quando se é observado armaduras expostas, rachaduras, trincas/fissuras e infiltrações, pois podem se propagar e diminuir a vida útil da estrutura.

Nesta edificação as manifestações patológicas mais graves são a corrosão das armaduras expostas, o possível recalque do solo, gerando movimentação da estrutura, a carência de impermeabilização adequada, assim como, a falta de

manutenção periódica do edifício como um todo, o que ocasionou o surgimento de rachaduras, fissuras/trincas, e dessa forma originaram-se as infiltrações na estrutura.

De acordo com a análise computacional, as lajes, vigas e pilares possuem deformações compatíveis e armaduras suficientes para resistir aos esforços solicitantes. Porém ao acrescentar o pavimento superior verifica-se a necessidade de reforço em diversos elementos, e ainda se recomenda a realização de uma prova de carga, para verificarmos os estados limites de utilização e as flechas admissíveis.

Sendo assim, de uma maneira geral, o agravamento dessas patologias pode ser atribuído a problemas executivos, à falta de um plano de manutenção preventiva eficiente e ao desgaste natural dos elementos estruturais.

Diante do apresentado neste estudo de caso fica evidente a importância de estudos preliminares das condições estruturais a fim de evitar maiores danos ou até mesmo acidentes devido à má utilização de edificações e/ou construções de novos pavimentos. Além disso, reforça-se a relevância da existência de registros de projetos estruturais.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6118 (2014). Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR 6120 – 2000 (Corrigida) – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1980.

HELENE, P. R. L. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. 1.Ed. São Paulo, Pini, 1988.



# CAPÍTULO 31

## INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.

### **Matheus Nunes Reis**

Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília e Pós-graduado pelo IPOG.

Instituição: Universidade de Brasília.

Endereço: Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 70297-400.

E-mail: matheusnreis95@gmail.com

### **Jorge Antonio da Cunha Oliveira**

Doutor em estruturas e construção Civil pela Universidade de Brasília.

Instituição: Centro Universitário de Brasília.

Endereço: QS 1 Lote 1/17, Rua 214, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 72025-120.

E-mail: Jorge.oliveira@ceub.edu.br

### **Jocinez Nogueira Lima**

Mestre em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília.

Instituição: Centro Universitário de Brasília.

Endereço: QS 1 Lote 1/17, Rua 214, Asa Norte, Brasília/DF, Brasil. CEP: 72025-120.

E-mail: jocinez.lima@ceub.edu.br

**RESUMO:** No presente trabalho foi realizada uma análise estrutural da edificação localizada na SEPN 507, bloco do Banco de Brasília – BRB no pavimento térreo, e agência do Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran DF no pavimento superior, em função de um laudo fornecido pela FOX Engenharia solicitando a evacuação de prédio devido ao surgimento de trincas e fissuras originadas próximo ao local do cofre do estabelecimento. O laudo fornecido pela FOX Engenharia foi apresentado após o surgimento das fissuras e trincas causando preocupação do gerente com relação a segurança de todos os funcionários e clientes do banco que frequentam o local durante o horário de expediente. Esta avaliação consistiu na realização de inspeção visual, coleta de informações com funcionários da agência, registros fotográficos, análise de documentação e projeto para elaboração do estudo em função do diagnóstico, procedendo-se com a classificação da análise de risco das patologias identificadas. Por fim, foram sugeridas novas análises necessárias para melhor entendimento caso os elementos afetados continuassem a piorar, assim como medidas corretivas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inspeção, Monitoramento, Análise Estrutural, Concreto Armado.

**ABSTRACT:** In the present work a structural analysis of the building located in the SEPN 507, block of the Bank of Brasilia - BRB in the ground floor, and agency of the Department of Traffic of the Federal District - Detran DF in the upper floor was performed, based on an award provided by FOX Engineering requesting the evacuation of building due to the appearance of cracks and fissures originating near the site of the establishment's safe. The report provided by FOX Engenharia was



presented after the appearance of fissures and cracks causing concern of the manager regarding the safety of all employees and clients of the bank who frequent the place during office hours. This evaluation consisted in the accomplishment of visual inspection, information collection with agency employees, photographic records, analysis of documentation and project to elaborate the study in function of the diagnosis, proceeding with the classification of the risk analysis of the pathologies identified. Finally, new analyzes were suggested for a better understanding if the affected elements continued to worsen, as well as corrective measures.

**KEYWORDS:** Inspection, Monitoring, Structural Analysis, Reinforced Concrete.

## **1. INTRODUÇÃO**

Tomar nota das condições estruturais de uma edificação é imprescindível na prevenção de acidentes e de maiores danos, sendo que podem levar parte ou conjunto de elementos à instabilidade e até possível ruptura. O caso recorrente do surgimento de sinais que indicam insuficiência da resistência numa estrutura pré-existente traz preocupações aos seus usuários.

A edificação estudada do Banco de Brasília - BRB é mais um exemplo que mostra a importância da inspeção, análise e monitoramento na conclusão sobre a concepção estrutural. Segundo Helene (1988) é possível avaliar sem dificuldades as manifestações patológicas devido ao maior conhecimento de mecanismos agressivos aos materiais e à tecnologia desenvolvida. Toda edificação necessita de manutenção para garantir o seu desempenho e vida útil.

O Código Modelo MC-90 (CEB-FIP, 1991) determina que as edificações de concreto devem ser formadas de tal modo que não necessitem de altos custos para seu reestabelecimento e reparo, o que muitas vezes não ocorre. É natural o desgaste dos materiais constituintes, especialmente em construções mal executadas. Apesar disso, a deterioração não é o problema em si, mas sim a maneira e o grau em que este se degrada (ROSTAM, 1991). Sendo assim, encontra-se a importância do estudo das patologias nas construções.

## **2. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

A edificação em estudo está localizada no endereço: SEPN Quadra 507, Bloco D, Lote 04, Asa Norte. Sob as coordenadas 15°45'60"S 47°53'23"O. (Figura 01). A Agência do Banco de Brasília se encontra em um edifício comercial destinado a pontos comerciais do Governo do Distrito Federal – GDF.

A edificação foi executada em estrutura de concreto armado construída em cima de um talude com fundação tipo tubulão. Sua concepção contém dois pavimentos, sendo o térreo destinado a Agência do Banco de Brasília – BRB, e o pavimento superior para o Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran. A figura 02 mostra a fachada frontal. Fachadas Leste e Oeste são feitas com revestimento gail (figura 03) e os revestimentos da Fachadas Norte e Sul são feitas em granito (figura 04).

**Figura 01** – Imagem com a localização da agência do banco de Brasília (Google Earth 2016).



Fonte: Autores.

**Figura 02** – Fachada frontal da Agência do Banco do Brasil.



Fonte: Autores.

**Figura 03** – Revestimento gail nas fachadas leste (esquerda) e oeste (direita).



Fonte: Autores.

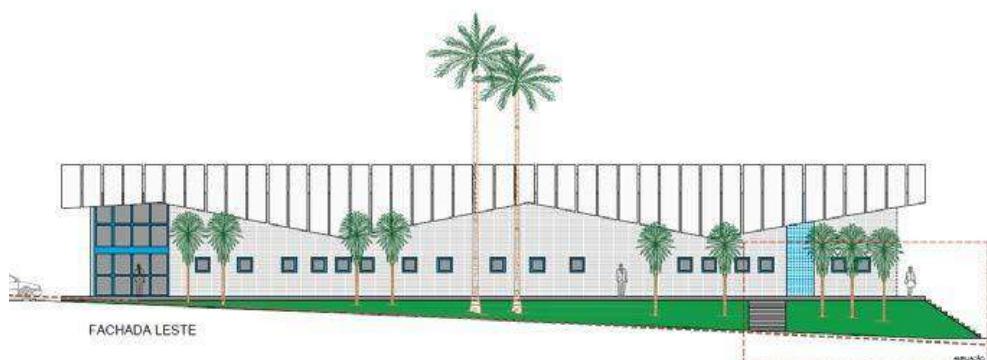
**Figura 04** – Revestimento em granito nas fachadas norte (esquerda) e sul (direita).



Fonte: Autores.

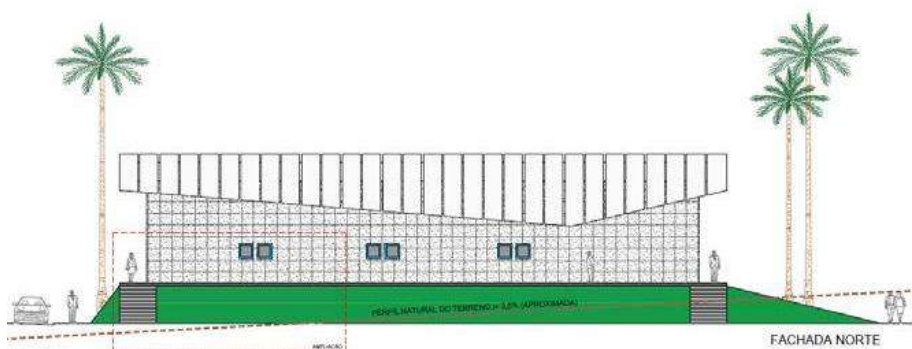
A edificação foi construída sobre um platô conforme apresentado nas Figuras 05 e 06.

**Figura 05** – Croqui da fachada leste.



Fonte: Autores.

**Figura 06** – Croqui da fachada norte.



Fonte: Autores.



### 3. INSPEÇÕES E MONITORAMENTOS

Vale ressaltar que se buscou levantar in loco a definição das características gerais e específicas da edificação. Nesta etapa, as manifestações patológicas foram identificadas, principalmente, através de inspeções visuais, coletas de registros fotográficos e registros com câmera termográfica.

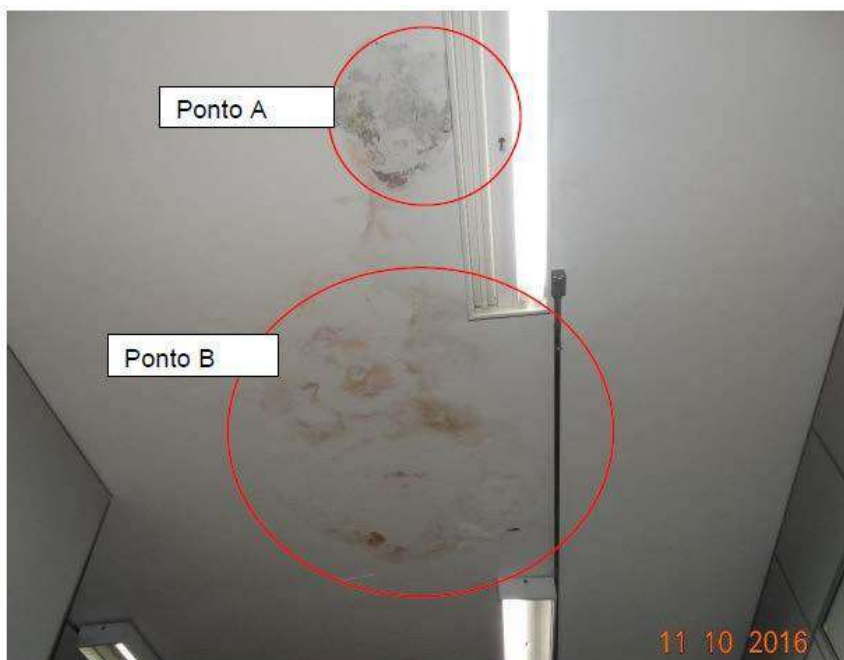
Primeiramente foi realizada uma inspeção preliminar com registros fotográficos e verificação de possíveis manifestações patológicas. Em seguida foram realizados registros fotográficos dos fenômenos patológicos encontrados no local e o início do procedimento de colmatação para monitoramentos

Além da análise visual, alguns equipamentos foram utilizados para auxiliar nestas inspeções, são eles: câmera fotográfica semiprofissional, câmera termográfica e fissurômetro. De modo geral a edificação encontra-se em estado satisfatório de conservação, apresentando apenas algumas manifestações patológicas. As principais manifestações patológicas encontradas nas dependências das edificações foram sinais de infiltrações, trincas/fissuras, recalque e deformação estrutural.

### 4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A edificação se encontra com alguns pontos de infiltração no pavimento superior onde se localiza o Detran – DF, como ilustrado nas Figuras 07 e 08.

**Figura 07** – Ponto de infiltração na laje de cobertura do corredor do Detran.



Fonte: Autores.

**Figura 08** – Detalhes A (esquerda) e B (direita) da figura 07.



Fonte: Autores.

As causas de infiltração são variadas, ocorre quando a água atravessa uma barreira protetora chegando ao interior da edificação e prejudicando os materiais constituintes. As telhas do edifício são antigas onde há pontos de tamponamento na fixação dos parafusos, como ilustram as Figura 09, e visualmente não é possível identificar microfissuras, rachaduras ou trincas na cobertura.

**Figura 09** – Telhas localizadas na cobertura do edifício da Agência.



Fonte: Autores.

**Figura 10** – Ductos de água sem ralo abacaxi.



Fonte: Autores.

Pôde-se observar durante a inspeção que não há existência de ralo abacaxi nos dutos de água, como ilustrado na Figura 10. Esse ralo é utilizado para reter materiais sólidos e impedir que ocorram entupimentos das tubulações de águas pluviais.

De acordo com oitivas dos funcionários da Agência do Detran, em dias de precipitações o ponto ilustrado na Figura 07 chega a despejar quantidade significativa de água sobre a escada de entrada do local.

A partir das informações coletadas e registradas, supõe-se que algumas telhas podem estar deixando a água passar para a parte da laje que não é impermeabilizada, causando a infiltração.

Na edificação onde se localiza a Agência do BRB, foi possível classificar as aberturas em trincas e rachaduras por meio da utilização de fissurômetro. Uma abertura na horizontal localizada em um ponto da alvenaria externa da sala do cofre, ilustrada na Figura 11, é classificada como rachadura, pois tem espessura de 2,5 mm.

Esta tipologia de trinca/rachadura é proveniente da movimentação estrutural que ocorreu na edificação e por ser dois materiais distintos, no caso alvenaria de vedação na parte inferior e concreto armado na parte superior.

**Figura 11** – Rachadura na parede externa da sala do cofre.



Fonte: Autores.

Em outro ponto da vedação externa da sala do cofre, encontra-se uma trinca na diagonal, com espessuras que variam de 1,0 mm a 1,4 mm. A sala do cofre encontra-se dentro de um ambiente e contém uma porta de ferro protegida por um

sistema de segurança com alarme. Acima da porta há uma rachadura dos dois lados da alvenaria. No lado externo à sala na alvenaria superior a porta de entrada há uma rachadura de 1,6 mm de espessura, ilustrada na Figura 12.

**Figura 12** – Alvenaria externa acima da porta de segurança da sala do cofre.



Fonte: Autores.

Durante a vistoria, foi observado que não há presença de verga na porta que dá acesso à sala do cofre conforme a Figura 13, que pode ter contribuído para o surgimento da trinca neste local. A partir de oitivas dos funcionários houve um episódio em que a porta ficou presa e houve a necessidade de corte e posteriormente solda da extremidade superior esquerda da porta.

**Figura 13** – Porta de entrada ao cofre sem verga.



Fonte: Autores.



As aberturas identificadas precisaram ser monitoradas durante a fase de elaboração do estudo para verificar se elas são ativas, ou seja, se há variação da abertura em função de movimentações da estrutura.

Para essa verificação foi utilizado o método de colmatação, que consiste no preenchimento dos espaços abertos com argamassa de gesso. Caso ocorra movimentação da estrutura, trincas surgirão nos locais onde o gesso foi aplicado. Esse processo foi acompanhado por 7 (sete) dias pela urgência da necessidade de restituição das utilizações do local. Entretanto esse intervalo de monitoramento é considerado pequeno para se fazer uma análise estrutural com resultados de precisão.

Foi feita a primeira inspeção preliminar com registros fotográficos das Figuras anteriores que ilustram algumas das aberturas encontradas no local. Após a verificação das aberturas, foi iniciado o processo de colmatação aplicando argamassa de gesso em todas as paredes com trincas e rachaduras, procedimento ilustrado na Figura 14.

**Figura 14** – Trinca em alvenaria da edificação.



Fonte: Autores.

Foi realizado o acompanhamento para verificar as aberturas cobertas de argamassa de gesso. Como ilustrado das Figuras 15 a 19, pode-se perceber que não houve trincas na argamassa de gesso e consequentemente a estrutura não se movimentou.

**Figura 15** – Monitoramento da rachadura na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.



Fonte: Autores.

**Figura 16** – Monitoramento da trinca na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.



Fonte: Autores.

**Figura 17** – Monitoramento da rachadura na alvenaria externa acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa.



Fonte: Autores.

**Figura 18** – Monitoramento da trinca na alvenaria interna acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa.



Fonte: Autores.

**Figura 19** – Monitoramento da rachadura na alvenaria interna no canto esquerdo da sala do cofre, aparentemente não ativa.

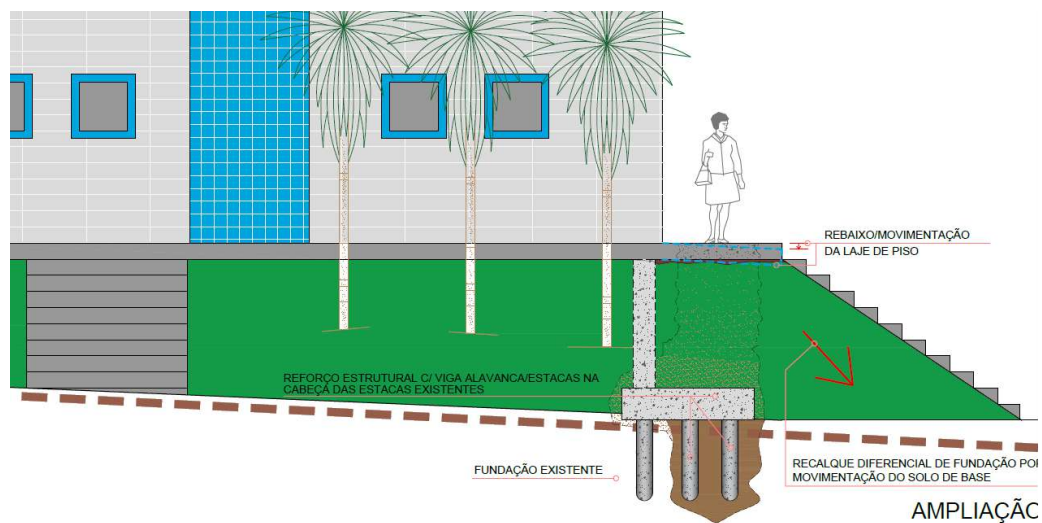


Fonte: Autores.

Constatou-se que a edificação foi construída sobre um aterro conforme apresentado na Figuras 20 e 21. Este aterro pode ter sofrido deformação do maciço que pode ter contribuído para a deformação estrutural e ter originado as fissuras e trincas iniciais.

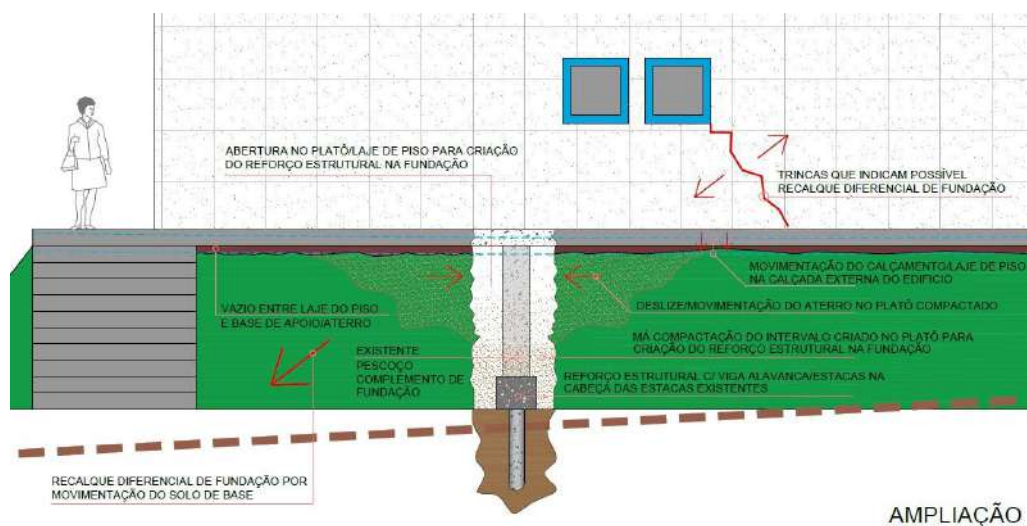
Durante a inspeção foi observado que existem falhas na parte inferior das calçadas externas, principalmente ao lado esquerdo na Fachada Norte, comentado anteriormente, justamente onde há o maior aterro, conforme ilustrado na Figura 22. Pode se observar que há um espaço vazio entre o terreno, considerado aterro, e a laje de concreto por uma acomodação do solo.

**Figura 20** – Croqui esquemático da edificação sobre aterro.



Fonte: TECNOPLAN.

**Figura 21** – Croqui esquemático da viga alavanca executada como reforço.



Fonte: TECNOPLAN.

**Figura 22** – Falha na parte interior da calçada externa na fachada norte



Fonte: Autores.





Verificando os espaços vazios criados por uma acomodação do solo, foi realizado um registro fotográfico da parte interna através de uma micro câmera conforme Figura 26.

**Figura 26** – Parte interna abaixo da calçada com espaços vazios devido a movimentação do solo.



Fonte: Autores.

As imagens acima não ficarão tão nítidas, porém pode se observar que existe um espaço vazio entre o piso e o terreno natural. As causas do recalque do solo do edifício da Agência do BRB podem ter sido originadas a partir da deformação do solo, má compactação e umidade excessiva que carregou o solo e fez com que a estrutura trabalhasse originando a abertura das fissuras/trincas e rachaduras na alvenaria.

## 5. ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES

Após a execução do monitoramento das aberturas, e coleta de informações, observou-se que as aberturas que surgiram são classificadas em trincas e rachaduras, pois suas espessuras variam de 1,0 mm a 2,5 mm.

As trincas e rachaduras que surgiram devido a movimentação da camada suporte da estrutura, no caso o solo, pode ter resultado em alguma acomodação nas fundações provocando a deformação estrutural e o surgimento de fissuras/trincas/rachaduras. O solo do local é colapsível e em consequência as aberturas que surgiram na calçada causaram infiltração e consequentemente mais deformação do solo fazendo a estrutura ter pequenas movimentações que não abalam a estabilidade estrutural, porém resultam no aparecimento de fissuras nas alvenarias e revestimentos.

Essas deformações estruturais são aceitáveis sem causar risco de colapso estrutural. Entretanto, as mesmas acrescidas de flechas em lajes podem causar aberturas nos revestimentos de alvenaria. As patologias encontradas foram classificadas, em geral, como regulares, significando que podem provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização.

Não havendo alargamento das aberturas e inexistência de novas fissuras, sugere-se a execução de manutenções corretivas com as seguintes etapas: corte de 10 cm de largura dos dois lados da fissura em toda a sua extensão, colocação de barras de aço em forma de Z, limpeza da abertura, cobrimento da abertura com argamassa, aplicação de tela para evitar fissuras por retração dos materiais, acabamento realizado de acordo com o padrão existente seguido da aplicação da pintura do cliente.

Caso as espessuras das aberturas prolonguem ou surjam novas fissuras, devem ser feitos novamente monitoramento com placa de vidro ou argamassa de gesso (processo de colmatação). Na hipótese do aumento das espessuras das fissuras/trinca e rachaduras, se prolongarem ou ocorra o surgimento de novas, um novo estudo deve ser realizado a partir de um monitoramento com dados reais de medições após realização de alguns ensaios, tais como esclerometria, ultrassonografia, pacometria, monitoramento de recalque e extração de corpo de prova. Na pior hipótese, deve se prosseguir para a realização de uma prova de carga. Como o aparecimento de trincas e rachaduras é ocasionada pela deformação estrutural recorrente de uma movimentação do solo, sugere-se que se faça um monitoramento de possível recalque através de benchmarking.

## **6. CONCLUSÕES**

A edificação analisada que serviu de base para estudo apresenta manifestações patológicas tipo fissura/trinca e rachadura ocasionadas por movimentação estrutural provenientes de possíveis movimentações por acomodação das camadas do solo suporte da edificação.

Porém, estes acontecimentos não são preocupantes, de forma que sejam monitorados frequentemente durante no mínimo 6 (seis) meses a 1 (um) ano com emissão de relatórios técnicos de acompanhamento por um profissional legalmente

habilitado mensalmente. Após análise, verificação de campo e monitoramento através da colmatação, que não houve prolongamento da abertura das fissuras/trincas e rachaduras, pode se concluir que após 7 (sete) dias de monitoramento a edificação está com estabilidade estrutural. Desta forma, a edificação pode voltar a ser utilizada para os fins os quais já era destinada, agência bancária.

Diante do apresentado neste estudo de caso fica evidente a importância de estudos preliminares das condições estruturais. O Intuito destes é evitar maiores danos ou até mesmo acidentes devido à má utilização de edificações, a não evacuação no momento devido ou a falta de manutenção preventiva para garantir melhor desempenho.



## REFERÊNCIAS

Castro, E.K.; 1994. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Publicação Nº: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p.

CEB (1991), " CEB - FIP Model Code 90 (MC - 90) - Final Draft", Bulletin d'Information No. 203. Julho, 1991.

HELENE, P. R. L. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. 1.Ed. São Paulo, Pini, 1988.

ROSTAM, S. (1991). " Durability of concrete structures - The CEB - FIP approach", Colloquium on the CEB-FIP MC-90, Rio de Janeiro, RJ, pp 369-429, Agosto.

# CAPÍTULO 32

EVOLUÇÃO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO, OS IMPACTOS AMBIENTAIS E A SUSTENTABILIDADE.

## **Antônio Pereira Júnior**

Mestre em Ciências Ambientais.

Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA). Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA).

Endereço: Rodovia PA 125, Angelim, CEP: 686256-620, Paragominas/Pará.

E-mail: antonio.junior@uepa.br

## **Aline Sousa Sardinha**

Mestra em Geoglogia.

Instituição: Universidade do Estado do Pará.

Endereço: Travessa Enéas Pinheiro, 2626, Marco - Belém, Brasil.

E-mail: alinesardinha@uepa.br

## **Edmir dos Santos Jesus**

Doutor em Ciência do Clima.

Instituição: Universidade do Estado do Pará.

Endereço: Rodovia PA 125, Angelim, Paragominas/Pará.

E-mail: edmir.jesus@gmail.com

**RESUMO:** A tecnologia da informação e comunicação (TIC) tem evoluído na atual sociedade computacional cujos resíduos provocam impactos ambientais e comprometem a sustentabilidade. O objetivo dessa pesquisa foi a realização de uma investigação acerca da evolução da comunicação e da tecnologia da informação sobre ela, e os impactos ambientais que isso causou à sustentabilidade ambiental. O método empregado foi o de pesquisa bibliográfica com abrangência quantitativa e qualitativa. Os dados pretéritos foram obtidos em links eletrônicos de acesso aberto: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa e Estudos no Ensino Superior, Google Scholar, Science Direct e Scientific Periodicals Eletronic Library. O recorte temporal para tal obtenção, situou-se no período compreendido entre 2005 e 2019. Os dados obtidos e analisados indicaram que: (1) a evolução da Tecnologia da Informação ocorreu porque o feedback na comunicação necessitava ser mais efetivo; (2) A TIC é aplicada em vários setores como, por exemplo, a educação (n = 47.61 %), saúde (n = 14.31 %), economia (n = 18,75 %); os impactos ambientais são diversos e originados pela geração (n = 13.04 %) e descarte inadequado dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (n = 31.50 %). Logo, esses impactos comprometem a sustentabilidade ambiental já que os dados obtidos indicaram que apenas um (n = 1,36 %) local com o uso da (TIC), desenvolve um gerenciamento adequada para REEE's.

**PALAVRAS-CHAVE:** Computadores; Descarte de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, Logística reversa.

**ABSTRACT:** Information and communication technology (ICT) have evolved in today's computing society whose waste causes environmental impacts and compromises sustainability. The objective of this research was to investigate the evolution of communication and information technology about it, and the environmental impacts this has caused on environmental sustainability. The method used was that of bibliographic research with quantitative and qualitative coverage. The past data were obtained from open access electronic links: Coordination of Research Improvement and Studies in Higher Education, Google Scholar, Science Direct and Scientific Periodicals Electronic Library. The temporal cut-off for such obtainment was from 2005 to 2019. The data obtained and analyzed indicated that: (1) the evolution of Information Technology occurred because communication feedback needed to be more effective; (2) ICT is applied in several sectors such as education (n = 47.61 %), health (n= 14.31 %), economy (n = 18.75 %); environmental impacts are diverse and originated by the generation (n = 13.04 %) and inadequate disposal of waste electrical and electronic equipment (n = 31.50 %). Therefore, these impacts compromise the environmental sustainability since the data obtained indicated that only one (n = 1.36 %) local with the use of (TIC), develops an appropriate management for WEEE's.

**KEYWORDS:** computers; waste disposal of electrical and electronic equipment, reverse logistics.

## 1. INTRODUÇÃO

O primeiro contexto histórico da evolução e aplicação da Tecnologia da Informação, surge no século XV, quando Gutemberg inventou a imprensa, pois já havia o uso de signos e símbolos, permitiu o acesso de grande parte da sociedade a informações diversas, o que gerou uma nova revolução: a intelectual (FARIAS, 2009).

O “nascimento” dessa tecnologia foi uma dependência da necessidade comercial evidenciada durante os séculos XVII e XIX. A Primeira Revolução Industrial (Século XVIII) cuja origem foi a necessidade de mudança do tear manual, fator limitante na quantidade disponível para o mercado consumidor. James Watt (1736 – 1819) desenvolveu o tear a vapor a partir do que já havia sido produzido por Thomas Newcomen (1664 – 1729): o motor com o mesmo sistema em 1712 (RONDOW JÚNIOR, 2013).

Todavia, esse motor não foi uma “invenção” de Newcomen, e sim um “aperfeiçoamento tecnológico” que ele promoveu na máquina a vapor construído, em 1698, por Thomas Savery (1650 – 1715) e Denis Papin (1647 – 1713), este, aperfeiçoou o equipamento criado por Heron (Século I a.C.). Outro fator inovador quanto a “evolução tecnológica” foi observado entre as máquinas de Watt e Newcomen: o consumo de combustível, ou seja, a do primeiro consumia menos carvão que o do segundo, devido ao resfriamento e aquecimento rápido que ocorria no cilindro daquela máquina (TAVARES, 2008).

Nessa evolução, chega-se ao Século XXI. Hoje, a tecnologia avança de forma acelerada devido à percepção que as empresas tiveram quanto as trocas de informações e a representatividade delas para o patrimônio empresarial. Dentre tantas variáveis que contribuíram para tal, destacam-se o consumo energético, os insumos para a produção dessa nova tecnologia e as modificações negativas como, por exemplo, contaminação do solo por metais utilizados nos circuitos integrados (CARDOZO; MURAROLLI, 2015).

No processo da comunicação, as ferramentas utilizadas estão em constante evolução, desde as mais primitivas (gestos, gritos, pulos, signos, sinais), até as modernas (escrita, telégrafo, telefone com e sem fio, computadores de mesa portáteis, impressoras etc.). Todavia, essa rápida evolução nesse setor, determina um ciclo de vida curto nos componentes e, conseqüentemente o descarte do que se torna obsoleto. Como isso, em geral, é efetuado em locais inadequados, há o comprometimento da sustentabilidade ambiental (RODRIGUES, 2007; SILVA, 2016).

Essa evolução na comunicação ocorre a partir de três componentes básicos: a linguagem, a cultura e a tecnologia. Na primeira, predomina a cognição simbólica; já a segunda, associa-se a temporalidade porque as mudanças ocorridas desde o Paleolítico Inferior quando os grunhidos e gestos eram os meios de comunicação eram insuficientes na transmissão de mensagens (PERLES, 2006; MONTEIRO, 2016).

Nesse viés, três ciências (Comunicação, informação e computação) convergem para um avanço tecnológico exponencial: a TIC. Essa nova tecnologia pode ser utilizada em setores diversos: educação (nos três níveis) pública e/ou privada, saúde, produção industrial, agrícola, entretenimento e lazer, seja local, nacional ou internacional (MORAES; VASCONCELOS, 2005).

Todavia, a velocidade com que a tecnologia da informação e comunicação se desenvolve, provoca uma redução no ciclo de vida em monitores, computadores, teclados, impressoras, placas de memória produzidos com metais pesados (Ex.: mercúrio, zinco, cádmio, chumbo, etc.) que provocam poluição e degradação ambiental, devido ao descarte irregular de componentes “obsoletos” e não o respeito às leis ambientais (VERASZTO et al., 2009).

Então, a evolução, uso e avanço tecnológico da (TIC), necessita ser pesquisado, de forma que haja dados suficientes que comprovem a relação entre a inclusão social, a disseminação e emprego dela em diversos setores da sociedade, justifica esta pesquisa, e a geração de informações incrementa a relevância dela. Além disso, contribui com o objetivo, que é a obtenção da resposta ao seguinte questionamento: A evolução e aplicação dessa tecnologia causa impactos ambientais na sustentabilidade?

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO TI**

Para se entender a TI, é necessário que se conheça a gênese do termo “tecnologia”: ela deriva do Latim, onde techne, tem o significado de ofício, e logos é estudo. Em relação a evolução, eles expõem que o uso desse termo tem marco inicial entre os séculos XVI e XVII (JESUS; LIMA, 2016). Outra compreensão é quanto à Governança de TI, ou seja, a forma como ocorre a supervisão, o monitoramento, controle e direção dessa tecnologia. Isso porque ela é um sistema que distribuiu responsabilidades, direitos, gerenciamento, controle dos recursos tecnológicos

organizacionais. Todas essas ações mantêm um alinhamento empresarial entre TI e a organização em si (TEODORO; PRZEYBILOVICZ; CUNHA, 2014).

A principal preocupação com a TI hoje, reside na forma de descarte de componentes dela como hardware, software, peopleware, comunicação, banco de dados (BD), além de tecnologias que contribuam no tratamento e transmissão de dados entre organizações, sejam elas de caráter público ou privado, prestadoras de serviços, educacionais, de saúde, dentre outras (MEDEIROS. BALDIM, 2015).

Todavia, ela tem gerado problemas ao cotidiano da sociedade atual especialmente quanto ao consumo de energia que, nos PC's é elevada, a reposição de componentes tidos como obsoletos, e que contém uma diversidade de metais e outros materiais que, em contato com o ambiente, provocam desequilíbrio ambiental (SALLES et al., 2015).

Outro fator muito discutido é o nível de dependência dos usuários da tecnologia não só pela redução do tempo na troca de informações, mas pelos diferentes níveis no avanço dos componentes cujo ciclo de vida é exíguo e logo tende a ser obsoleto, portanto, tem-se a preferência pelo mais moderno e atual (XAVIER; CARVALHO, 2014).

A modernidade nesses aparelhos, gerou uma classificação para os eletroeletrônicos em linhas cromáticas diferentes (Tabela 01).

Tabela 01 – Ciclo de vida dos componentes eletroeletrônicos da TIC.

| Cor da linha | Aparelhos                            | Ciclo de vida médio (anos) <sup>1</sup> |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| Branca       | Monitores                            | 10 <sup>2</sup>                         |
| Marrom       | Liquid Crystal Display (LCD)/Plasma  | 07 <sup>2</sup>                         |
|              | Digital Versatile Disc (DVD)         | 2 a 5 <sup>3</sup>                      |
|              | Video Home System (VHS)              | 20 <sup>3</sup>                         |
|              | Audios produtos, desktop e notebooks | 04 <sup>2</sup>                         |
| Verde        | impressoras, telefones celulares     | 03 <sup>2</sup>                         |

<sup>1</sup> associado ao tipo e frequência no uso/consumo/frequência.

<sup>2</sup> Xavier e Lins (2018);

<sup>3</sup> <https://www.abytes.com.br/secao-com-projetos-e-circuitos-eletronicos-no-website-abytes/>

Fonte: autor (2019).

Além do ciclo de vida, deve-se levar em conta a composição química deles (Ex.: mercúrio — Hg). Acerca dessas especificações não ocorrem publicações que demonstrem quais são os impactos ambientais causados à qualidade da água, seja superficial ou subterrânea, no solo, e no ar, com isso, a sustentabilidade fica comprometida, especialmente porque organizações usuárias, distribuidoras e produtoras não possuem planos de gerenciamento adequado para esses resíduos embora haja legislação pertinente (SOBRAL; HORNEAUX JÚNIOR, 2015).

### 2.3 EVOLUÇÃO DA COMUNICAÇÃO

Os problemas na comunicação datam do Período Paleolítico inferior (Idade da Pedra Lascada). Em primeiro plano, estava o não domínio da fala pelos hominídeos que, para se comunicar, grunhiam e gritavam. Isso tornou difícil a memorização de mensagens emitidas, que foi melhorada com o uso de sinais e signos, todavia, o ritmo e velocidade da comunicação era lento (MONTEIRO, 2016).

O registro do uso de signos e sinais são comprovados quando se tem acesso a escrituras denominadas rupestres (pictogramas e ideogramas), e se observa que ela tem registros das etapas ocorridas, por exemplo, em uma caça: presença da arma, confronto com a caça, a morte dela (Figura 01) e, finalmente, era devorado pelo caçador (PERLES, 2006).

Figura 01 – uso de sinais e signos para comunicação (pictogramas).



Fonte: Vilaça et al. (2015).



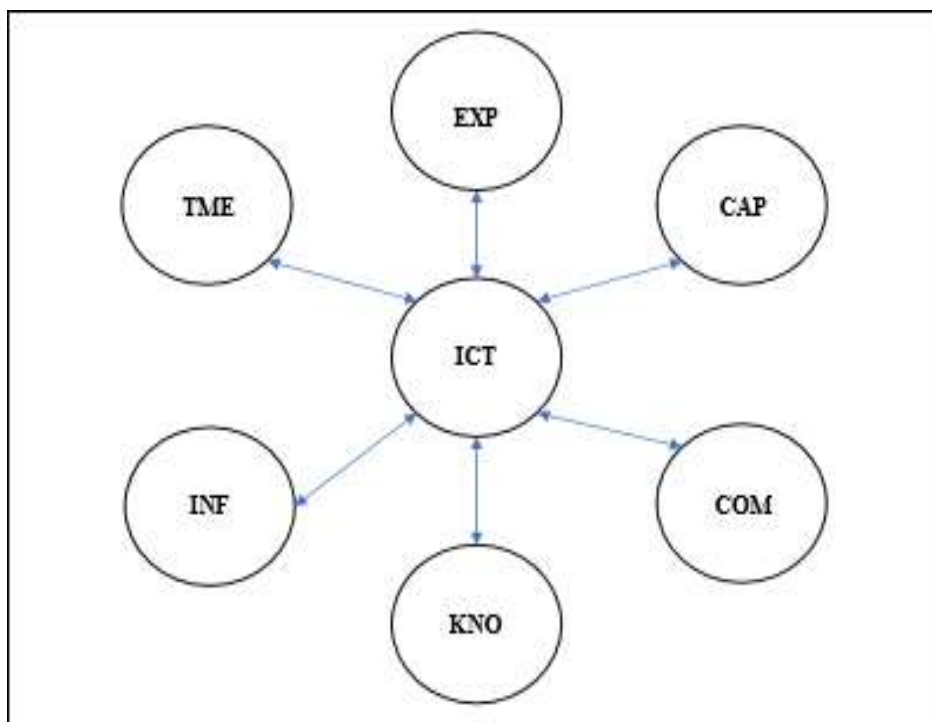
Nessa linha evolutiva, o homem do Cro-magnon é o primeiro hominídeo com um crânio definido, com língua e laringe, logo, pode agora emitir sons. Cerca de 4.00 a.C., surge a escrita (Figura 02) e, com ela, tem início a composição literária em pedras (VILACA et al., 2015).

## 2.4 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO – TCI.

459



Figura 03 – Relação entre TIC e os aspectos acadêmicos.



Fonte: Nasu (2019).

Legendas: TME – Metodologias de ensino; EXP- Experiências de atividades inovadoras; CAP – Capacidade de pensar criticamente e refletir sobre soluções de problemas da sociedade; COM – desenvolvimento de capacidades comunicacionais; KNO – acesso a conhecimento atualizados/contemporâneos; INF – condições de infraestrutura do ensino superior. No centro: ICT – Tecnologia da Informação e Comunicação.

Então, no processo educacional, a TIC pode ser integrada, adotada e difundida como uma referência teórica-metodológica que permite uma inovação gerada sempre sob a égide de docentes e gestores das instituições de ensino superior (IES), já que não se trata de um processo linear, e que é de grande valia para elas principalmente nos cursos de Ensino A Distância (EAD) e que necessitam de ferramentas modernas e eficazes na transmissão e apreensão do conhecimento (CALIARI; ZILBER; PEREZ, 2017).

Ademais, a percepção do uso da TIC no campo do ensino inclusive o fundamental público é porque ela proporciona uma melhora quanto a pesquisa a ser efetuada pelos educandos, o que resulta em evolução na produção textual, e eleva a qualidade da informação transmitida. Além disso, permite ao corpo docente, um

melhor planejamento do conteúdo da disciplina, e maior cooperação da gestão escolar (BITANTE et al., 2016).

Outro contexto para aplicação da TIC, está relacionada a criação de empresas, seja a nível nacional ou internacional, com modelos e critérios bem definidos para a concepção de sistemas ecológicos que utilizem essa tecnologia como estratégia para a gênese de pequenas e médias empresas (PME's) que sejam empreendedoras e ao mesmo tempo inovadoras na comunicação e industrialização de tecnologias, já que, atualmente, as PME's são importantes para o mercado econômico nacional e internacional (NAMMAYANDE; KHAMSEH, 2019).

No século XX, a Declaração do Direitos Humanos, promulgada em 1948, no artigo 19, consta que o homem tem direito à liberdade de opinião e expressão, sem interferências, podendo receber e transmitir informações por quaisquer meios. 25 anos depois, a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (United Nations Educational Scientific and Cultural – UNESCO) afirma que o direito à informação é uma das dimensões da vida, e isso tem norteado o crescimento da divulgação e troca de informações a nível mundial (MORAES; VASCONCELOS, 2005).

As três revoluções ocorridas para que surgisse a TIC, foram, respectivamente: a fase da escrita que iniciou com os denominados “pictogramas”, surgimento do “papiro” de argila, de cera, pergaminhos de couros etc. Isso permitiu a criação da chamada escrita cuneiforme” e, finalmente a transmissão de conhecimentos, ainda não pessoal, mas com a aplicação de instrumentos (Ex.: telefone, em 1876, criado por Graham Bell) que permitiram a comunicação em grandes distâncias (PERLES, 2006).

Quanto a esse último período, em 1830, Samuel Finlay Breese Morse (1791-1872) aperfeiçoou o processo de eletromagnetismo criado por M. Faraday (1791-1867) e construiu o sistema de comunicação a distância: o telégrafo. Nele, as mensagens eram transmitidas por traços, pontos, o Código Morse (Figura 04) em um intervalo de tempo, na presença/ausência de impulsos elétricos, e que foi denominado (CURY; CAPOBIANCO, 2011).

Figura 04 – Caracteres utilizados para transmissão de mensagens a distância via Código Morse.

|   |           |   |             |
|---|-----------|---|-------------|
| A | ● ■       | U | ● ● ■       |
| B | ■ ● ● ●   | V | ● ● ● ■     |
| C | ■ ● ■ ●   | W | ● ■ ■       |
| D | ■ ● ●     | X | ■ ● ● ■     |
| E | ●         | Y | ■ ● ■ ■     |
| F | ● ● ■ ●   | Z | ■ ■ ● ●     |
| G | ■ ■ ●     |   |             |
| H | ● ● ● ●   |   |             |
| I | ● ●       |   |             |
| J | ● ■ ■ ■   |   |             |
| K | ■ ● ■     | 1 | ● ■ ■ ■ ■   |
| L | ● ■ ● ●   | 2 | ● ● ■ ■ ■   |
| M | ■ ■       | 3 | ● ● ● ■ ■   |
| N | ■ ●       | 4 | ● ● ● ● ■   |
| O | ■ ■ ■     | 5 | ● ● ● ● ●   |
| P | ● ■ ■ ■ ● | 6 | ■ ● ● ● ●   |
| Q | ■ ■ ■ ● ■ | 7 | ■ ■ ■ ● ●   |
| R | ● ■ ■ ●   | 8 | ■ ■ ■ ■ ● ● |
| S | ● ● ●     | 9 | ■ ■ ■ ■ ■ ● |
| T | ■         | 0 | ■ ■ ■ ■ ■   |

Disponível em: <https://siriarah.wordpress.com/2015/08/06/codigo-morse-em-python/>

## 2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS

A primeira visão do impacto ambiental causada pela TI, deve ser associada à produção dos eletroeletrônicos que a compõem: a produção de um computador de mesa, são consumidos 240 kg de combustíveis fósseis, 22 kg de produtos químicos, 1.500 kg de água, ou seja, um total de 1.800 kg de recursos naturais (ROSA, 2007).

A segunda deve-se relacionar com três aspectos fundamentais, para que se tenha uma visão melhor desses impactos causados pela TI, deve-se perceber que: (1) Considera-se resíduos aqueles aparelhos eletroeletrônicos, ou seja, eles dependem da corrente elétrica, campo eletromagnético para que funcionem a contento, sejam eles, para geração, recepção, impressão, transmissão online ou não; (2) a velocidade com que as tecnologias avançam, determina um estágio obsoleto desses componentes, e consequente descarte deles como “resíduos” (ALBUQUERQUE NETO, 2011).

O terceiro, relaciona-se com a geração deles, ou seja, a gestão do que chama “Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos (REEE)”. No Brasil, em 2015, a

produção desse tipo de resíduos correspondeu a 1 milhão de toneladas. Como a maioria dos 5.540 municípios brasileiros ainda não dispõe de aterros sanitários, os REEE têm como disposição final, os aterros não controlados ou vazadouros a céu aberto (ROCHA; PENTEADO, 2016). Em 2016, foram geradas 1,5 Mt, com uma média de 7,4 kg/hab. (XAVIER; LINS, 2018).

Finalmente, é necessário analisar o porquê desse descarte: a atual sociedade tecnológica com dependência intensa da comunicação virtual, não utiliza produtos com tecnologia obsoleta, dessa maneira, a troca de equipamentos eletroeletrônicos, independente do porte, é constante, o que torna a vida útil aqueles equipamentos cada vez menor, e sem um local adequado para descarte (LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014; XAVIER; CARVALHO, 2014).

## 2.6 SUSTENTABILIDADE

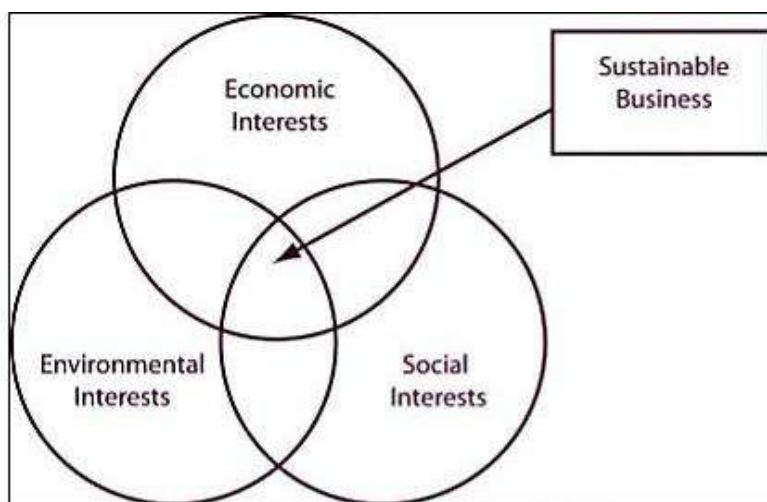
Atualmente esse é um conceito não pode ser evidenciado de forma isolada porque ele é associado a necessidade do uso de recursos naturais e o homem, devido a capacidade que ele possui em degradar o meio ambiente quando explora de forma inadequada recursos como, por exemplo, o cobre (Cu) para composição de fios elétricos (DANIEL; AGUIAR, 2014).

A partir dessa “ligação” homem-natureza, a sustentabilidade alia o aspecto ambiental, o social e o econômico. Mas a adoção de práticas que permitam conservar o ambiente mesmo com a exploração dos recursos que nele são encontrados, isso eleva o padrão da “empresa sustentável ou ambientalmente correta” ante os olhos do consumidor (HEPPER; HANSEN; SANTOS, 2016).

Então, tanto o setor empresarial quanto o industrial tem adotado práticas sustentáveis a partir de um gerenciamento eficaz que determine um mínimo impacto sobre a economia o social e o ambiental delas e, com isso, firmar uma estratégia de diferenciação no mercado consumidor, além de gerar vantagens sobre aquelas que não visualizam a dicotomia produção-conservação (MORAIS; OLIVEIRA; SOUZA, 2014).

Acerca da adoção desse tripé, surge uma denominação na língua inglesa: triple bottom line (em português: tripé da sustentabilidade) cunhado em 1994 por Elkington (Figura 05).

Figura 05 – Triple Bottom Line.



Fonte: Valença et al. (2017)

Ele o descreve como uma integração destes três cenários e que eles podem comandar o equilíbrio tanto da empresa quanto da indústria, além de proporcionar técnicas adequadas para a execução de todas as ações sustentáveis (VALENÇA et al., 2017).

Nesse tripé, o investimento social, ou seja, as pessoas, como capital humano de empresa ou sociedade porque se eles recebem salários “elevados” e não se preocupam com o que ocorre na comunidade do entorno da empresa, isso não é compatível com a responsabilidade social da empresa; no cerne do interesse econômico, encontra-se a própria empresa, que evidencia o “lucro”, ou seja, economicamente deve ser rentável e, por último, o ambiente, cuja empresa tem um interesse sobre ele para o fornecimento de recursos (capital natural), porém deve ter uma preocupação com a não degradação dele (DANIEL; AGUIAR, 2014).

### 3. METODOLOGIA

Para a composição dessa pesquisa, optou-se pelo tipo exploratório com base na síntese escrita por Gil (2010): esse tipo permite o aprofundamento do tema da pesquisa. Aplicou-se também o contexto de pesquisa bibliográfica com base nos relatos efetuados por Marconi e Lakatos (2003), já que essa tipologia permite ao pesquisador um contato direto com o escrito acerca de um tema, nesse caso, a evolução da TI e comunicação em relação a sustentabilidade.

A obtenção de dados pretéritos, em consonância ao exposto por Andrade (2001), são aquelas compostas por literaturas que podem ser utilizadas como fonte de pesquisa em links eletrônicos de acesso aberto: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa e Estudos no Ensino Superior (CAPES), Google Scholar, Science Direct e Scientific Periodicals Eletronic Library (SPELL).

O recorte temporal para tal obtenção, situou-se no período de 2005 a 2019. Justifica-se tal período porque em 2005 foi o ano em surgiu a TI. Excetuam-se as literaturas pioneiras. Em face desses argumentos, esta pesquisa foi classificada como bibliográfica de caráter quantitativo e qualitativo, pois a seleção e análise das literaturas científicas contemplam a implantação e evolução, no período analisado, da TI em setores diversos da “sociedade tecnológica”.

Para RESULTADOS E DISCUSSÃO, foi elaborado o seguinte roteiro: Seleção da literatura; TI, aplicação (conhecimento e organização), REEE's (geração, descartes, PNMA, e o Desenvolvimento Sustentável, Reciclagem e Reuso, Logística Reversa), Comunicação, TIC economia, estudos, inclusão digital e saúde), impactos ambientais e sustentabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SELEÇÃO DA LITERATURA

A análise dos dados obtidos indicou que dos 73 artigos selecionados sobre TI, TIC, impactos ambientais e sustentabilidade, entre 2005 e 2019, houve um maior número de pesquisas para Tecnologia da Informação (Tabela 02).

Tabela 02 – Frequências absoluta relativa das literaturas selecionadas. Paragominas – PA.

| Temas                                        |    |        |           |       |          |
|----------------------------------------------|----|--------|-----------|-------|----------|
| Tecnologia da Informação (TI)                | fi | fr (%) | $\bar{x}$ |       | $\sigma$ |
| Conhecimento                                 | 03 | 10.35  | --        |       | --       |
| Organização                                  | 03 | 10.35  | --        |       | --       |
| REEE's                                       | 23 | 79.30  | --        |       | --       |
| Subtotais                                    | 29 | 100.00 | 9.97      | $\pm$ | 8.89     |
| Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) |    |        |           |       |          |
| Comunicação                                  | 04 | 19.04  |           |       |          |
| Economia                                     | 03 | 14.28  |           |       |          |

|                     |    |       |       |   |      |
|---------------------|----|-------|-------|---|------|
| Educação            | 10 | 47,61 |       |   |      |
| Inclusão Social     | 01 | 4.76  |       |   |      |
| Saúde               | 03 | 14.31 |       |   |      |
| Subtotais           | 21 | 100   | 19,17 | ± | 3.06 |
| Impactos ambientais | 09 | 12,33 | --    |   | --   |
| Sustentabilidade    | 14 | 19,18 | --    |   | --   |
| Total Geral         | 73 | --    | --    |   | --   |

Legenda: REEE's – Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

Fonte: autor (2019).

## 4.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO – TI

### 4.2.1 APLICAÇÕES

Em relação a gestão do conhecimento, a pesquisa (n=3; 2,38 %), realizada por Silva (2016), acerca da história da comunicação, afirma que quando ela foi objeto de aplicação na pedagogia, promoveu desenvolvimento no aprendizado com melhor absorção do conteúdo. Para Rossetti e Morales (2007), há uma confusão entre TI e (GC), quanto ao papel que cada uma desempenha nesse tipo de gestão, isso compromete a gestão estratégica e o desempenho organizacional quanto a gestão de REE's.

Já Teodoro, Przeybilovicz e Cunha (2014), acrescenta que o conflito está na governança da TI, pois nas empresas ainda há ausência de da GC com as áreas de negócios das empresas, com isso, a TI não é ainda elemento essencial de conhecimento acerca da eficiência e eficácia dessa tecnologia intra e extra ambiente empresarial.

Então, em nenhum dos três estudos sobre comunicação que envolveram TI, preocuparam-se em perpassar conhecimento acerca da conservação, incremento do ciclo de vida de componentes, substâncias nele contidas e o grau de toxicidade que elas representam ao meio ambiente e a sustentabilidade.

Quanto a TI no contexto organizacional, a análise dos dados obtidos (n = 3;10.34 %) indicou que os estudos efetuados por Santos e Freschi (2013), Kahumba (2016) e Hau e Todescat (2018), foram conclusivos nos seguintes aspectos: para o primeiro e terceiro estudos, haverá um impacto socioambiental na organização, ou seja, o desemprego, se os auxiliares não forem capacitados a essa nova era.

No segundo, o uso da TI é associado a gestão de projetos, todavia, não denotam nenhuma preocupação com o meio ambiente. Logo, o uso da TI em organizações, ainda é deficitário em relação a sustentabilidade.

Enfim, o uso da TI nas organizações deve fazer uso da análise do ciclo de vida, bem como das ferramentas nela utilizadas porque isso pode e deve ser utilizado como uma medida preventiva dos impactos ambientais, especialmente aqueles que contém metais pesados e tóxicos ao ambiente oriundos dos produtos manufaturados.

#### 4.2.2 REEE'S

Para esse, foram obtidos 23 (n = 31,50 %) literaturas científicas, para os seguintes aspectos: geração, descarte, Política Nacional de Meio Ambiente (PMNA) e desenvolvimento sustentável, reciclagem e reuso e logística reversa (LR). Quanto a geração de REEE's ou e-lixo ou e-waste, os dados obtidos (n = 3;10,34 %) e analisados indicaram que no estudo efetuado em Belo Horizonte (MG), por Franco e Lange (2011), esses autores concluíram que o potencial de geração desse tipo de resíduos até 2023, será equivalente a 1,53.105 kg, e que parte deles serão doados, especialmente pela iniciativa privada.

Na pesquisa bibliográfica realizada por Xavier e Lins (2018), no Brasil, em 2016, foram produzidos 1,5.109 kg. Em relação a essa geração residual, Pessanha e Morales (2017) efetuaram estudo em Campos de Goytacazes (RJ) e verificaram que a geração desse tipo de resíduos, nas residências, é motivo de preocupação é que a comunidade não sabe o que fazer com eles (tablets, celulares e computadores de mesa).

Então, nas três pesquisas, há um crescimento na produção desse tipo de resíduos que, se não houver uma sensibilidade ambiental do produtor e consumidor, os equipamentos considerados obsoletos pela evolução da tecnologia, poderão impactar o ambiente e determinar perda da sustentabilidade.

#### 4.2.3 DESCARTE

Os dados obtidos e analisados quanto ao descarte (n = 8; 34.78 %) dos componentes obsoletos, indicaram que a preocupação com essa ação já está em pesquisa tanto em Instituições de Ensino Superior quanto em organizações de saúde (Quadro 01).



Quadro 01 – Estudos e pesquisas realizadas sobre Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos entre 2005 a 2019.

| A.P. | Autores                                         | Assunto                            | Local da pesquisa                                              | Conclusão                                                                                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2010 | Giarretta et al.                                | Descarte de baterias de celulares  | F.S.P. USP (SP).                                               | O descarte é inadequado devido à ausência de coletores seletivos.                                                                                                                                       |
| 2011 | Carvalho et al.                                 | Processo de descarte de REE's      | Sete municípios do Grande ABC (SP)                             | Ainda há irregularidades diversas em todos os sete municípios analisados.                                                                                                                               |
| 2012 | Gigante, I. C.; Rigolin, C.C.D.; Marcelo, J. F. | Redes sociais e descarte de REE's. | Pesquisa eletrônica em busca de redes sociais.                 | Pouca expressividade dessas redes quanto ao descarte de REE's; China lidera o número de registros de empresas para descartes.                                                                           |
|      | Gomes, R. C.; Lima, A. M. F.; Tanimoto, A. H.   | Inventário dos REE's               | Instituto Federal da Bahia, Campus Salvador (BA).              | 404 máquinas não possuem Programa de Logística reversa (LR). Não há destinação correta de REE.                                                                                                          |
|      | Siqueira, V. S.; Marques. D. H. F.              | Gestão e descarte de REE's.        | Belo Horizonte (MG)                                            | A maioria da população desconhece os PEV's para descartes dos REE's; outros fazem doações; outros descartam no lixo comum.                                                                              |
| 2013 | Hospital Albert Einstein                        | Descarte de REE's                  | Hospital Albert Einstein (SP).                                 | Convenio efetivado com empresa certificada com ISO 9.000 e 14.001. Resultados positivos.                                                                                                                |
| 2017 | Ferreira, J, C. C.C.; e Prado. F, C. O.         | Destinação de REEE's.              | São João da Boa Vista (SP)                                     | Um trabalho de Educação Ambiental é necessário para que haja consumo consciente. hui6                                                                                                                   |
| 2018 | Ferreira et al.                                 | Destinação final de REE's.         | Instituições de Ensino Superior (IES) Públicas em Sobral (CE). | Há conhecimento acerca da destinação final para REE's, porém existem falhas: não cumprimento da PNRS; lentidão no processo; falta de espaço físico adequado devido a não prioridade para esse descarte. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados contidos nas publicações citadas (2019).

Nos estudos efetuados por Giarretta et al (2010), Gomes, Lima e Tanimoto (2012), em instituições de ensino, foram conclusivos que, em ambos, não é praticada a logística reversa na integridade e não há uma gestão eficaz em REEE. Já nas pesquisas realizadas por Carvalho et al. (2011), nos sete municípios da Grande ABC (SP); Siqueira e Marques (2012), na região metropolitana de Belo Horizonte (MG), Ferreira et al. (2018), em Sobral (CE), e Ferreira et al. (2017) em São João da Boa Vista (SP) foi verificado o baixo nível de preocupação dos usuários com relação a

sustentabilidade socioambiental. Em Belo Horizonte, não há locais de entrega voluntária de resíduos eletrônicos, embora alguns entrevistados façam doação de componentes obsoletos. A nível hospitalar, o hospital Albert Einstein, vem obtendo resultados positivos após a implantação de um plano de gestão dos REEE's nesse nosocômio, e já obteve Certificação com base nas ISOS 9.000 e 14.001.

Já em Sobral (CE), e São João da Boa vista (SP), a legislação quanto aos resíduos eletroeletrônicos é conhecida, porém, a gestão desse resíduos ainda é falha quando comparada com a legislação porque o espaço físico para armazenamento é inadequado, então mais uma vez, a disposição final e a conservação ambiental ainda não prioridades nessa localidade.

Logo, verifica-se que a conservação ambiental e a sustentabilidade, ainda é incipiente, e que há ganho econômico com a realização de leilões, contudo, os pesquisadores relataram que não há na parte física da organização, coletores seletivos e nem identificam a disposição final dos REE's.

#### 4.2.4 PNMA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Para essa relação, a análise dos dados obtidos (n = 5; 18.51 %) indicou que as principais pesquisas foram acerca das práticas administrativas e organizacionais e a que contribuição delas para a mitigação de impactos ambientais e incremento ao desenvolvimento sustentável (Quadro 02).

Quadro 02 – Pesquisas acerca da associação da Ti com o desenvolvimento sustentável entre 2005 e 2019. Continua..

| A.P. | Autores                               | Assunto                                                                                          | Local da pesquisa      | Conclusão                                                                                                                                                   |
|------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2011 | Natume, R. Y.;<br>Sant'Anna, F. S. P. | REEE's;<br>Desenvolvimento Sustentável;<br>Política Nacional de Resíduos Sólidos.                | Ponta Grossa (PR)      | Há necessidade da implantação de GREEE com base na PNRS bem como a definição das responsáveis pela geração desse tipo de resíduo e a forma de mitigar isso. |
|      | Seo, E. S. M.;<br>Fingernam, N. N.    | REEE's e Legislações nacionais (PNRS) e internacionais (WEEE <sup>1</sup> ; RoHS <sup>2</sup> ). | Pesquisa Bibliográfica | A PNRS responsabiliza municípios quanto à disposição final de REEE's, porém, naquela política, não há atenção maior a esse tipo de resíduo.                 |

Quadro 02 – Pesquisas acerca da associação da Ti com o desenvolvimento sustentável entre 2005 e 2019. Conclusão..

| A.P. | Autores                                                  | Assunto                                                                  | Local da pesquisa                                        | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2014 | Santos, C. A. F.; Nascimento, L. F. M.; Neutzling, D. M. | Práticas organizacionais e a gestão de REEE's.                           | Porto Alegre (RS)                                        | Nas duas organizações públicas, ocorrem leilões dos REEE's, porém ainda há falhas porque não conhecem a real destinação final deles e as consequências que isso gera. Na organização de caráter privado, há o atendimento às legislações vigentes com a correta destinação final dos REEE's. |
| 2015 | Ribeiro, B. P.; Ruiz, M. S; Serra, N.                    | Práticas de gestão acerca da otimização do ciclo de vida de computadores | Universidade Federal do ABC (SP).                        | A UFABC não possui procedimentos adequados para esse tipo de gestão e de resíduo. Porém possui, informalmente, um programa de Reciclagem com peças obsoletas.                                                                                                                                |
| 2017 | Rosa, M. R.; Smek, D. J.                                 | Uso de TI na administração federal                                       | Universidade Federal da Integração Latino-Americana (PR) | Proposição de Reuso dos computadores; construção de consciência sustentável; aplicação da TI Verde.                                                                                                                                                                                          |

<sup>1</sup> Waste from Electronic and Electrical Equipment; <sup>2</sup> Restriction of Hazardous Substances. Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados coletados nos artigos originais listados acima.

Os dados obtidos e analisados indicaram que em todas as pesquisas realizadas, não há uma relação efetiva e mitigadora dos impactos ambientais causados por descarte inadequado dos REEE's. Na pesquisa realizada no Campus da UFABC, os pesquisadores afirmaram que há uma ação na informalidade, porém, não houve relato de que ela será formalizada dentro de um plano de gestão que ainda não foi proposto, o que deve ser feito com urgência, posto que se trata de uma IES.

Outra contribuição negativa foi explicitada pela pesquisa realizada em duas organizações de caráter público. Isso agrava mais a situação ambiental porque nelas não há uma destinação final adequada de componentes eletrônicos obsoletos.

#### 4.2.5 RECICLAGEM E REUSO.

Para a reciclagem e reuso, a análise dos dados obtidos (n=3;11,11 %) indicou que há ocorrência do uso desses mecanismos como ferramentas para mitigação de

impactos ambientais negativos e que incrementem a sustentabilidade em relação à TI (Quadro 03).

Quadro 03 – Três pesquisas acerca da reciclagem e reuso de componentes eletroeletrônicos utilizados em TI.

| A.P. | Autores                     | Assunto                                                             | Local da pesquisa      | Conclusão                                                                                                                                                              |
|------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2011 | Novaes, M. P.; Zanta, V.M.  | Reuso de computadores                                               | Pesquisa Bibliográfica | A PNRS privilegia a adição da não geração, redução e reciclagem, tratamento e disposição final. O reuso estende a vida útil do equipamento e evita o descarte precoce. |
| 2015 | Kunrath, J. L.; Veit, H. M. | Reaproveitamento de REEE's na cadeia de processamento.              | São Paulo (SP)         | A maioria dos REEE's são coletados, desmontados e negociados com empresas brasileiras e internacionais. 80 % a 92 % do coletado é reciclado.                           |
|      | Schroeder, A. M. et al.     | Benefícios econômicos e ambientais na reciclagem e reuso de REEE's. | São Paulo (SP)         | Com a reciclagem, os ganhos econômicos e ambientais se elevam, pois, essa ação não permite a extração de material virgem do ambiente.                                  |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados coletados nos artigos originais citados acima.

A aplicabilidade da reciclagem e reuso mostrou-se mais eficaz quando comparado aos dados obtidos para PNRS, desenvolvimento sustentável /sustentabilidade. Nas duas pesquisas realizadas em São Paulo (SP), os dados indicaram que essa ação gera dividendos às empresas, determina menor extração de insumos para a confecção de novos componentes eletroeletrônicos. Isso corrobora com a afirmativa de Carvalho et al. (2011) acerca do consumo de 1.800 kg de recursos naturais para a produção de novos componentes dessa natureza.

Quanto a mitigação ambiental fornecida pela reciclagem e reuso, ela alinha-se ao exposto na Resolução CONAMA 257/09 que, em seu bojo, todos os equipamentos que contenham metais como o chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) devem ser entregues nos estabelecidos que os comercializam/rede de assistência técnica especializada, o que ocorre na pesquisa realizada por Schroeder et al.

#### 4.2.6 LOGÍSTICA REVERSA – LR

Quanto a LR, os dados obtidos e analisados indicaram que ocorreram (n = 9; 39.13 %) pesquisas acerca dessa associação no período analisado (Quadro 04).

Quadro 04 - Pesquisas efetuadas entre 2005 a 2019 para Logística Reversa dos REEE's. Continua...

| A.P. | Autores                                                    | Assunto                      | Local da pesquisa | Conclusão                                                                                                                             |
|------|------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2013 | Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) | Viabilidade da LR em REEE's. | Brasília (DF)     | O sistema de LR para REEE's proporciona impactos sociais, econômicos e ambientais positivos.                                          |
|      | Silva, L.A.A; Pimenta. H. C. D.; e Campos. L. M. S.        | LR para REEE's               | Natal (RN)        | As 20 empresas pesquisadas não mantêm vínculo de LR com os fornecedores, porém apresentam deficiência na infraestrutura para os REEE. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados contidos nas literaturas abordadas (2019).

Quadro 04 - Pesquisas efetuadas entre 2005 a 2019 para Logística Reversa dos REEE's. Conclusão.

| A.P. | Autores                                              | Assunto                       | Local da pesquisa                                                                                       | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2015 | Barreto, C. A. A.; França, D. S.; Oliveira, J. F. A. | LR                            | Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)                                                               | Apesar do reuso desses componentes eletroeletrônicos, ainda há como melhorar esse gerenciamento interno no Campus daquela IES.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2016 | Demajorovic, J.; Augusto, E.E.F; Souza, M.T.S.       | LR e os REE'S                 | Atores governamentais; industria; varejo, empresas de reciclagem; cooperativas de catadores e academia. | Ainda há conflitos entre fabricas LR e distribuidores quanto a custos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2017 | Azevedo, L. P.                                       | LR Pós consumo                | Minas Gerais                                                                                            | Algumas empresas, principalmente do ramo de telefonia celular, mostram-se relutantes em efetivar um plano desta magnitude. Existem problemas envolvendo a rede de comercialização e alguns aparelhos são difíceis de desmontar, exigindo ferramentas especiais. Provavelmente, como vem acontecendo agora, optarão por um recolhimento via comerciantes na ponta e utilizando a mesma cadeia de entrega do produto novo. |
|      | Petito, C.S.                                         | LR em operadora de celulares. | Porto Alegre (RS)                                                                                       | A operadora possui com oferta PEV's; programas de reciclagem abrangência nacional.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|      |                                                      |                          |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | Rocha, T. B.;<br>Penteado.<br>C. L. S. G.            | Gerenciamento<br>de REEE | Revisão de<br>Literatura  | A reciclagem REEE's evita os impactos ambientais na maioria das categorias avaliadas, com exceção das categorias relacionadas à toxicidade humana. Esse paradigma pode ser atenuado com utilização de processos de reciclagem que não utilizem a queima das PCI's para disponibilização dos metais, como por exemplo, os processos hidrometalúrgicos e biohidrometalúrgicos que podem ser alternativas ambientalmente mais corretas para a reciclagem de PCI. |
| 2018 | Pacheco, G. J.; Campos, T. M. P.; Nascimento, D.L.M. | LR de REEE's             | Rio de Janeiro (RJ)       | Em suma, os autores instituíram as responsabilidades ambientais aos fabricantes e distribuidores.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|      | Silva, D. J. M et al.                                | LR REEE's.<br>nos        | Agreste (PB)<br>paraibano | 100 % dos indivíduos amostrados descartaram/ descartam REEE's em locais inadequados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados contidos nos artigos listados acima.

Pode-se perceber que apesar da existência de uma política para resíduos sólidos (PNRS) a região sul (RS), apresenta melhor aplicabilidade para REEE's, quando comparado com a região nordeste (PB) e sudeste (RJ), logo, a ocorrência de impactos ambientais negativos e comprometimento da sustentabilidade por não cumprimento e desconhecimento, além da ausência da sensibilidade ambiental, são indutores a esses erros.

Outra deficiência quanto a esses erros pode estar associada a estratégia de aplicação da Educação Ambiental – Política Nacional da Educação Ambiental (PNEA), Lei n. 9.795 (BRASIL, 1999), pois ela apresenta ferramentas capazes de elevar a sensibilidade ambiental dos fabricantes, distribuidores e consumidores de componentes da TI, e que permitam ajustes a estas condutas errôneas, especialmente quando o descarte de metais pesados contidos nos componentes eletrônicos é inadequado, embora haja legislação para coibir isso.

### 4.3 COMUNICAÇÃO

Os dados obtidos e analisados (n = 4; 19,04 %); para a fase antecedente a TIC, ou seja, a comunicação, indicaram que elas discutem a comunicação desde o grunhido até a internet (Quadro 05).

Quadro 05 – literaturas acadêmicas acerca da comunicação publicadas entre 2005 a 2019.

| A.P. | Autores         | Assunto                                   | Local da pesquisa      | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|-----------------|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2006 | Perles, J. B.   | Os Conceitos e fundamentos da comunicação | Pesquisa bibliográfica | O novo tempo da sociedade tecnológica para sociedade nano informação ou nanotecnologia.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2016 | Fernandes, E.A. | O impacto a Tecnologia na comunicação     | Pesquisa bibliográfica | Cinema, televisão, computador e celular apresentam-se à sociedade como alternativas de comunicação, convivendo e se dispondo, conforme os interesses e potencialidades.                                                                                                                                                                            |
|      | Monteiro, D.    | O tempo e a comunicação                   | Pesquisa Bibliográfica | A sociedade está passando de um modelo de comunicação baseado nos meios de comunicação para um modelo baseado na comunicação em rede, o que traz implicações diretas para o sistema de mediação.                                                                                                                                                   |
|      | Silva, J. S.    | Educação e comunicação                    | Pesquisa bibliográfica | Nos poucos casos em que se tem usado os recursos tecnológicos como auxílio didático, os resultados foram eficientes. É preciso maiores investimentos em políticas públicas que garantam o acesso universal à tecnologia da comunicação e formação de professores, para que possam explorar mais a tecnologia disponível como instrumento didático. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir dos dados contidos nos artigos originais acima listados.

Para Perles (2006), a evolução da comunicação até a internet tem como base primeiro a compreensão do que é “tecnologia”: realização de tarefas pelo homem com o uso de partes externas do corpo. Relata também que isso foi verificado com Homo habilis que elaborou instrumentos líticos, perpassa por grito s grunhidos, adentra a escrita e oral (fonemas), os sistemas tipográficos, e chega à tecnologia e, com ela, a comunicação de massas com o advento da eletricidade.

Com o advento da geração de energia, Fernandes (2016), afirma que isso acelerou a chegada de projeção de imagens via cinema, televisão, computadores e celulares, sem que entre elas houvesse uma competição ou substituição de quaisquer deles.

Na era da computação, Monteiro (2016) escreveu que a internet a ideia de aldeia global, é superada por outro conceito que mostra mais interatividade na comunicação: a sociedade computacional em rede. Isso é consolidado na pesquisa efetuada por Silva (2016) porque ele afirma que o acesso a essa rede social tem sido utilizada como material didático, embora, de acordo com esse autor, ainda sejam necessários maiores investimentos na área educacional tecnológica.

Então, a evolução da tecnologia da informação, melhora a comunicação, facilita o aprendizado porque permite maior acesso a informações e produções acadêmicas que contribuam para o desenvolvimento intelectual e ambiental, seja local, regional ou internacional. Mas é necessário incrementar a sensibilidade ambiental dos usuários desse meio de comunicação para que se mantenha a sustentabilidade do meio em que vivem.

#### 4.3.1 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO - TIC.

Após a análise dos dados obtidos para essa associação (n=21; 28.76%), foi identificado que, no período de 2005 a 2019, a TIC é utilizada em áreas de conhecimento distintas: economia (n=3;18,75 %); estudos (n= 10;47,61 %); inclusão digital (n=1;6,25%) e saúde (n=3;18,75%) e, atualmente permite melhor dissipação e uso da informação e comunicação (Quadro 06).

Quadro 06 – Literaturas científicas sobre aplicação da TIC publicadas entre 2005 e 2019. Continua...

| A.P             | Autores                     | Assunto                     | Local da pesquisa     | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ECONOMIA</b> |                             |                             |                       |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2010            | Pires, L. C.                | Impactos da TIC no turismo  | São Luis (MA)         | A evolução tecnológica e o advento da internet trouxeram, pois, alterações significativas no mercado e nos relacionamentos de compra e venda de serviços turísticos.                                                                                   |
| 2014            | França, G. M.               | TIC e o teletrabalho        | Revisão Bibliográfica | Nos processos administrativos, ao se informatizar as atividades, há redução de tempo e de recursos possibilitando mais eficiência, melhorando também as ações e projetos da empresa, provocando diversas mudanças na sociedade e em seu comportamento. |
| 2019            | Nammayande, P.; Khanseh, A. | TIC e as pequenas empresas. | Irã                   | No Irã, não só não foram desenvolvidos tais desenhos conceituais, como nem sequer existe um estudo sobre o ecossistema de inovação e empreendedorismo baseado nas TIC.                                                                                 |



| ESTUDOS |                                  |     |                       |                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|----------------------------------|-----|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2007    | Guimarães, A. M.; Ribeiro, A. M. | TIC | Educação e Tecnologia | Os professores devem conhecer os desafios, o potencial, as restrições e as dificuldades destas tecnologias passa a ser essencial para qualquer pessoa, especialmente para qualquer aprendiz e qualquer educador. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados compilados dos artigos acima listados.

Quadro 06 – Literaturas científicas sobre aplicação da TIC publicadas entre 2005 e 2019. Continua...

| A.P  | Autores                               | Assunto                    | Local da pesquisa          | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2008 | Rodrigues, G. S. C.; Colesanti, M. M. | Educação Ambiental e a TIC | Revisão Bibliográfica      | Para uma hipermídia ser realmente uma ferramenta cognitiva deve haver um ambiente contextualmente rico de aprendizagem que dê suporte aos estudantes. Apesar de poder ser projetada com o objetivo de estimular, sensibilizar o aluno à temática ambiental, a hipermídia é um programa que pode somente informar, não ocorrendo a aprendizagem pelo projeto em si, mas pelo uso que se faz por meio dela.                                                                                                                           |
| 2009 | Silva, E. L. F.                       | Ensino de História e a TIC | Santana do Livramento (RS) | A utilização de ferramentas tecnológicas sem uma orientação adequada vira uma panaceia na cabeça do discente que, ao invés de facilitar, complica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2011 | Cury, L.; Capobianco, L.              | TIC e as grandes invenções | Revisão bibliográfica      | Conclui-se pela importância das TIC's (tecnologias de informação e comunicação) para finalidades de ensino e aprendizagem.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2016 | Bitante, A. P. et al.                 | TIC nas escolas públicas   | São Caetano do Sul (SP)    | As ferramentas da TIC introduzidas possibilitaram a consulta, pesquisa e produção de informações, viabilização de comunicação e intercâmbio dessas informações entre os participantes (gestão escolar, professores, alunos), além de permitir o desenvolvimento das disciplinas e projetos. Paradoxalmente, embora a utilização das ferramentas de TIC seja grande, a maior parte dos professores (91,7 %) pesquisados não possui formação especializada o que causa, na opinião dos respondentes, a subutilização das ferramentas. |

|      |                                             |                                      |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|---------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | Geraldi, L. M. A.; Bizelli, J. L.           | TIC na educação.                     | Revisão Bibliográfica  | A perspectiva da abordagem proposta indica a importância de investimentos no acesso e letramento para o uso de inovações, começando pela formação de educadores aptos a rever seus métodos e práticas de ensino.                                                                        |
|      | Jesus, A. L. G.; Lima, M. P. V. M.          | TIC, trabalho escolar, aprendizagem. | Revisão Bibliográfica  | Tal prática evidenciou possibilidades de oferecer aos estudantes outras portas de acesso ao conhecimento, a partir da inclusão das TICs na Educação.                                                                                                                                    |
| 2017 | Caliari, K. V. Z.; Zilber, M. A.; Perez, G. | TIC no ensino superior.              | Vila Velha (ES)        | As variáveis: vantagem relativa, imagem, compatibilidade e demonstração dos resultados afetaram significativamente na adoção/uso de Webaula.                                                                                                                                            |
| 2019 | Nasu, V. H.                                 | TIC os aspectos acadêmicos           | Pesquisa bibliográfica | O uso das TICs e a metodologia de ensino também se mostraram positivamente correlacionadas, sugerindo que as TICs poderiam ser úteis para elaborar ou aperfeiçoar os métodos de ensino. Como implicações, as TICs podem ser adotadas visando vantagem competitiva e motivação discente. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados compilados dos artigos acima listados.

Quadro 06 – Literaturas científicas sobre aplicação da TIC publicadas entre 2005 e 2019. Conclusão.

| A.P                     | Autores                                   | Assunto                                     | Local da pesquisa | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2019                    | Santos, E. A.; Moura, E. V.; Matos, R. M. | Ferramentas Informais em contextos formais. | Curitiba (PR).    | Os resultados sugerem ações específicas para os gestores da instituição que podem melhorar a experiência dos professores com recursos tecnológicos a se adaptar com as mudanças na instituição. Como limitação, os resultados de nossa pesquisa não podem ser generalizados por ter investigado somente professores de uma única instituição. Entretanto, apesar desta, os achados instigam a realização de estudos em outras instituições de ensino presencial que utilizam os mais diversos tipos de recursos para apoio ao processo de ensino-aprendizagem e de atividades administrativas para fins de comparação. |
| <b>INCLUSÃO DIGITAL</b> |                                           |                                             |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|              |                                                 |                                                        |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2006         | Porcaro, R. M.                                  | TIC e a inclusão social                                | Rio de Janeiro (RJ)             | Muitos telecentros são ligados diretamente à administração direta: telecentros da administração direta, que funcionam em prédios públicos, com a função de revitalizar ruas do entorno. Outros são unidades conveniadas: telecentros conveniados, implementados através de parcerias com entidades da sociedade civil. Muitas empresas são, também, parceiras da prefeitura contribuindo em atividades de promoção, manutenção etc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>SAÚDE</b> |                                                 |                                                        |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2005         | Moraes, I. H. S.; Vasconcelos, M. M. B          | Política Nacional de Informação, Informática em Saúde. | Projeto                         | O desafio é ampliar o uso da informação no cotidiano do processo decisório da saúde, seja na formulação de políticas, na gestão, nas vigilâncias, na clínica, seja no controle social, enfrentando a desigualdade de acesso aos benefícios do avanço tecnológico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2011         | Isidro-Filho, A.; Guimarães, t. a.; Perin, M.G. | TIC nos hospitais.                                     | 40 hospitais de Brasília (DF) B | Mudanças nos perfis de comportamento dos profissionais de hospitais quanto ao uso de novas tecnologias, bem como o serviço hospitalar como um todo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2014         | Pinochet, L. H. C.; Lopes, A. S.; Silva, J. S.  | TIC na gestão de saúde.                                | Revisão bibliográfica.          | Foi observado que o problema com o gerenciamento da informação tem sido ainda mais dificultado devido a um exponencial aumento na quantidade de dados a serem gerenciados, no número de profissionais, que controlam os processos e nas demandas para acesso em tempo real. A tecnologia pode agir como legitimadora do ato profissional da saúde e da instituição que a adota, sendo utilizada como critério de avaliação de qualidade dos seus serviços prestados. Nesse sentido, faz-se necessário um posicionamento estratégico das organizações da área da saúde para o tratamento dos recursos informacionais, bem como, a escolha de um conjunto de ferramentas de Tecnologia da Informação capaz de trazer os benefícios esperados para estas organizações. |

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados compilados dos artigos acima listados.

Na pesquisa realizada em São Luiz (MA), por Pires (2010) os dados por ela obtidos indicaram que a TIC provoca mudanças nas relações comerciais e gera conhecimentos entre parceiros e clientes o que economicamente foi favorável, portanto, um impacto considerado positivo. Mas, o elevado número de turistas também incrementa a geração de resíduos sólidos e REEE's (Ex.: troca de baterias e pilhas de câmeras fotográficas). Isso não foi objeto de estudo pela pesquisadora.

Já a aplicação na área de estudos, os dados analisados indicaram que a TIC está sendo utilizada como ferramenta pedagógica no ensino fundamental, como o estudo efetuado por Bitante et al. (2016), em São Caetano do Sul (SP), ou no ensino superior, nas pesquisas realizadas por Caliari,

Zilber e Perez (2017), em Vila Velha (ES) e Nasu (2019), em revisão bibliográfica associada ao curso de Contabilidade. Para esses pesquisadores, a TIC é uma ferramenta que adiciona o hábito aos estudos e indica uma evolução do aprendizado já que a troca do conhecimento ocorrem uma escala global.

Porém, os dados também indicaram que apenas Rodrigues e Colesanti (2008), promoveram uma associação do uso da TIC com o meio ambiente (processo pedagógico com imagens, textos e sons) que permitem uma melhor interação entre a TIC e a EA. Portanto, a aplicação da TIC nesse contexto, é eficaz, mas ainda não há práticas ambientais envolvidas e ações que permitam aos educandos, discentes e docentes e gestores educacionais, o uso e conservação, reuso e reaproveitamento de peças e componentes causadores de impactos ambientais como, por exemplo, cartuchos de tintas para impressoras.

Nos outros três estudos efetuados por Geraldi e Bizelli (2016), Jesus e Lima (2016) e Santos, Moura e Matos (2019) foi verificado que, no primeiro, o uso dessa tecnologia é importante para o acesso e letramento às inovações. Todavia, afirmam que é necessário a capacitação/formação do docente. No segundo, os pesquisadores escreveram que é importante para a confecção de trabalhos escolares, o uso da TIC, com iniciativa dos docentes que devem utilizar como uma proposta inovadora. Na terceira e última, os autores afirmaram que esses recursos fornecem insights, além das ações que os gestores escolares devem associar a isso.

Em relação a inclusão digital a análise dos dados obtidos indicou que há apenas uma pesquisa realizada por Porcaro (2006), e ela abre um debate acerca desse tema, a partir do que é ofertado a nível internacional: Objetivos do

Desenvolvimento do Milênio (ODS); Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), e Economic and Social Council, além da nacional.

Ele ainda afirma que o Plano de Ação elabora pela Cúpula Mundial da Sociedade da Informação (CMSI), elaborado em 2003, com proposição para 2005, e metas até 2015, onde as instituições internacionais e nacionais envolvidas deveriam elaborar estratégias para uso da TIC em prol do “desenvolvimento sustentável”.

Logo, as estratégias contidas nas pesquisas analisadas ainda não aplicaram a meta do desenvolvimento sustentável, embora contemplem o uso da TIC para aprendizado e inclusão social. A ausência de ações ambientais concretas e efetivas, em especial a prática da logística reversa e a do reaproveitamento podem ser ferramentas que as empresas educacionais podem começar a fazer uso para melhorar a sensibilidade ambiental e incrementar a sustentabilidade.

Para o uso da TIC associada à saúde, a elaboração e discussão de uma Política que envolva a TIC foi posta em discussão na pesquisa realizada por Moraes e Vasconcelos (2005): Como a informação e suas tecnologias podem contribuir para um processo democrático emancipador e, ao mesmo tempo, serem macrofunção estratégica da gestão do SUS comprometido com a melhoria da saúde da população? Notou-se que apesar da extrema necessidade dessa ação, poderia ser crescido nela outra discussão: como as ações ambientais dessa política contribuem para a manutenção da saúde humana e ambiental?

Esse acréscimo ocorreu de forma parcial na pesquisa realizada em três hospitais de caráter particular em Brasília (DF). Em dois deles, a TIC já está implantada: Sistema de Gestão de Unidade de Tratamento Intensivo (UTI); Prontuário Eletrônico de Paciente (PEP), e a Sala Inteligente de Cirurgia (SIC). Na SIC, encontram-se monitores de vídeo, câmeras de vídeo, microfones, iluminação e sonorização, onde a maior barreira é a manutenção técnica.

Já no estudo efetuado por Pinochet, Lopes e Silva (2014), a gestão hospitalar via TIC é uma ferramenta que promove uma economia de até 30%, especialmente na gestão de estoques diversos (Ex.: medicamentos), sobrevida dos pacientes e melhor relação custo/benefício quanto a prescrição, solicitação de exames radiológicos e laboratoriais, ou seja, o sistema Enterprise Resource Planning (ERP).

Logo, o uso da TIC na saúde, especialmente a hospitalar, causa impacto positivo na saúde do paciente, o que eleva a qualidade de vida dele. Porém em nenhum deles, há informações, projetos, práticas e ações quanto a manutenção,

estudo do ciclo de vida, reaproveitamento de peças e acessórios, destinação e disposição final dos componentes obsoletos, fazem parte da implantação e uso, ou da gestão de TIC hospitalar. Com isso, a preocupação com a redução de custos passou a ser o “alvo prioritário” com o uso da TIC.

#### 4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Os dados obtidos e analisados indicaram que (n=9;12.38 %) que as pesquisas acerca desse tema ainda são incipientes em tratar a sensibilidade ambiental e o uso da TI/TIC como fator de impacto. Na pesquisa realizada por Ko, M, Clarck e Ko, D. (2011), os dados indicaram que as empresas estão participando do “esforço verde”. Mas há uma oposição a essa adesão, e ela foi constatada no estudo efetuado por Alves, Cogo e Santos (2013). Nele, os autores concluíram que os gestores de microempresas de assistência técnica, ainda não possuem sensibilidade ambiental em relação a destinação e disposição final de REEE's.

Para evitar os impactos ambientais causados por essas duas ações com esse tipo de resíduos, Batista e Souza (2019), realizaram pesquisa na Universidade Federal de Rondônia (2019) e verificaram que ela executa, via coordenação de suporte, a manutenção em desktops, notebooks, data show, impressoras etc.

Porém aquela universidade está carente de um plano de gestão/política de descarte para os REEE's, embora mantenha o leilão de peças inservíveis como via de escoamento. Isso apenas transfere o problema ambiental para terceiros (ndo f pipe), o que não a isenta da corresponsabilidade pelos impactos gerados no descarte inadequado. Além disso, eles ainda listaram, as principais substâncias contidas nos equipamentos eletroeletrônicos da TI/TIC e os principais impactos que eles causam ao meio ambiente (Quadro 07)

Quadro 07 – Elementos químicos presentes em REEE's: os problemas de saúde a ambiental.

| E. Q         | Ocorrência                                  | Problemas                                                                                                             |                                                                                                                 |
|--------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                             | Na Saúde                                                                                                              | No Ambiente                                                                                                     |
| Arsênio (Ar) | Circuito integrado                          | Doenças de pelo sistema nervoso e câncer no pulmão.                                                                   | Presente no carvão e queimado em fornos pequenos não ventilados, é poluente do ar interior (Baird; Cann, 2011). |
| Cádmio (Cd)  | Bateria; semicondutor; chip e estabilizador | Agente cancerígeno; afeta o sistema nervoso; provoca dores reumáticas; distúrbios metabólicos e problemas pulmonares. | Contaminação por acúmulo e disseminação no solo agricultável (Homero, 2017).                                    |

|                                        |                                             |                                                                                                     |                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chumbo (Pb)                            | Circuito integrado; soldas; bateria.        | Irritabilidade; tremores musculares; lentidão de raciocínio; alucinação; insônia e hiperatividade.  | É hidrofóbico, logo, acumula-se na água e no solo. Não sofre decomposição (Souza; Konrad Gonçalves Junior, 2016)                                      |
| Cloreto de Amônia (NH <sub>4</sub> Cl) | Baterias de celulares e Laptops.            | Acumula-se no organismo e provoca asfixia- PALLONE.                                                 | Concentra na atmosfera, mas não sofre ação das tendências de variações da temperatura, mas da umidade relativa do ar em ordem inversa ((Silva, 2015)  |
| Manganês (Mn)                          | Gabinets, encaixes.                         | Anemia; dores abdominais; vômito; seborreia; impotência; tremor nas mãos e perturbações emocionais. | Quando se acumula em solos ácidos, torna-se tóxicos (Farias, 2007)                                                                                    |
| Mercúrio (Hg)                          | Bateria; ligamentos; termostatos; sensores. | Problemas no estômago; distúrbios renais e neurológicos; alterações genéticas e no metabolismo.     | Biodisponível no meio aquático, reage com o metil e gera o metilmercúrio [CH <sub>3</sub> Hg] <sup>+</sup> que é cancerígeno (Oliveira et al., 2016). |
| Zinco (Zn)                             | Baterias de celulares e laptops.            | Vômitos, diarreias e problemas pulmonares.                                                          | No solo prejudica a microbiota (Ribeiro et al., 2013)                                                                                                 |

Legendas: E. Q. – Elemento Químico Fonte: Adaptada a partir de Batista e Souza (2019).

Os dados obtidos quanto aos impactos ambientais pelos elementos químicos presentes nos componentes eletroeletrônicos, indicaram que na pesquisa realizada por Souza, Konrad e Gonçalves Júnior (2016) houve um processo de remediação de áreas contaminadas por Pb, a partir de plantas hiperacumuladoras: girassol (*Helianthus annuus*; tabaco (*Nicotiana tabacum*) e de capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) via rizosfera.

Enfim, os impactos ambientais causados por elementos químicos ao meio ambiente, seja aquático, terrestre ou aéreo, devem ser analisados não os métodos para o descarte, mas também uma preocupação com a destinação e disposição final, além de aprofundar as pesquisas quanto ao incremento no ciclo de vida deles.

#### 4.4.1 SUSTENTABILIDADE

A análise dos dados obtidos (n=14;19.17 %) indicou que para TI, já existem métodos, técnicas e modelos de gestão que, aplicados a ela, podem contribuir para a manutenção da sustentabilidade (Quadro 08).

Quadro 08 – Pesquisas realizada acerca da sustentabilidade no período analisado.

| A.P. | Autores                                                        | Assunto                                                                      | Local da pesquisa                                                     | Conclusão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2013 | Sobral, F.A.;<br>Hourneaux<br>Júnior, F.                       | Projeto ATM <sup>1</sup> CX3<br>aplicado em<br>REES's.                       | Pesquisa<br>bibliográfica                                             | A empresa objeto da pesquisa<br>segue as diretrizes nacionais e<br>internacionais de<br>sustentabilidade.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2014 | Daniel,<br>R.H.M.A.;<br>Aguiar, K. C.<br>A.                    | A sustentabilidade,<br>responsabilidade<br>social, econômica e<br>ambiental. | Pesquisa<br>bibliográfica                                             | As organizações têm tomado<br>consciência de que o<br>crescimento econômico, sem<br>uma preocupação com a<br>reposição dos recursos<br>naturais, não tem sido<br>favorável a nenhuma das<br>partes e que, sem a reposição<br>ou mesmo um consumo mais<br>consciente, esses recursos<br>estão fadados a um fim e<br>consequentemente não haverá<br>matéria prima para sua<br>produção. |
|      | Moraes, D. O.<br>C.; Oliveira,<br>N. Q. S.;<br>Souza, E. M.    | As práticas<br>sustentáveis e as<br>organizações                             | Ensaio Teórico                                                        | Proposição de um framework<br>buscando facilitar o<br>entendimento e incitar novas<br>discussões sobre triangulações<br>conceituais envolvendo a<br>influência de práticas de<br>sustentabilidade ambiental na<br>nova formatação institucional<br>das organizações, o papel das<br>variáveis ambientais e a análise<br>causal dos fenômenos.                                         |
| 2015 | Duarte, C. et<br>al.                                           | Sustentabilidade<br>em empresas de TI                                        | Chapecó (SC)                                                          | O tripé da sustentabilidade<br>ainda não foi assimilado pelos<br>gestores, bem como o<br>equilíbrio econômico e<br>ambiental e social.                                                                                                                                                                                                                                                |
|      | Machado,<br>M.C.; Sobral,<br>F. A.;<br>Hourneaux<br>Júnior, F. | Modelo COBIT <sup>2</sup><br>para TI e a<br>sustentabilidade                 | Pesquisa<br>Bibliográfica                                             | Foram identificadas fortes<br>relações com as categorias<br>gerais que abordam a<br>governança, moderada relação<br>com os aspectos sociais e<br>baixa relação com os aspectos<br>ambientais e econômicos.                                                                                                                                                                            |
| 2017 | Casagrande<br>Júnior, E. F.                                    | Inovação<br>tecnológica e a<br>sustentabilidade                              | UTF(PR)                                                               | Deve-se ajustar a realidade<br>atual do TI com a<br>sustentabilidade. Incentivar<br>parcerias para obtenção desse<br>ajuste.                                                                                                                                                                                                                                                          |
|      | Rosa, M. R.;<br>Smek, D.J.                                     | Práticas<br>sustentáveis e a<br>Administração<br>pública federal.            | Universidade<br>Federal da<br>Integração<br>Latino-<br>Americana (PR) | Proposição de três iniciativas<br>para melhorar a gestão do<br>REEE's.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



|      |                                                              |                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2018 | Schneider, J.;<br>Henkes, J. A;<br>Guerra, J. B.<br>S. O. A. | Inovação<br>Tecnológica e a<br>sustentabilidade. | Análise<br>Bibliométrica | O estudo revelou que não há pesquisas sobre isso nas revistas brasileiras indexadas à Base Scopus, mas que existem produções de autores brasileiros publicados em revistas internacionais, indexadas a ela. A área do conhecimento com o maior número de produções é ciências ambientais, identificou-se que 56 % das produções do período estão ligadas a essa área de conhecimento. |
|------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

<sup>1</sup>Automated Teller Machine. Trata-se de um programa de informática para atendimento ao público em redes do Banco Itaú, a partir da Itaútec. <sup>2</sup> Control Objectives for Information and Related Technologies, framework criado pela Information Systems Audit and Control Association (ISACA, 1995) como governança da TI. Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados contidos nos artigos acima listados.

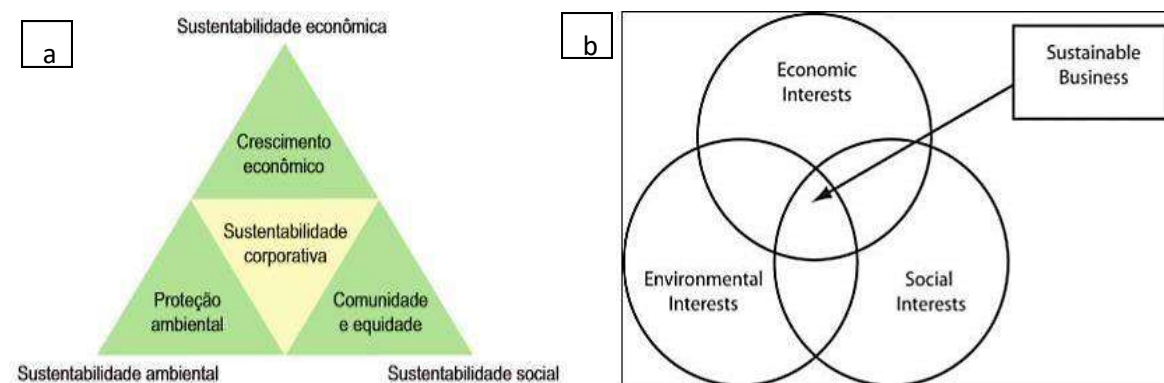
No estudo efetuado por Sobral e Hourneaux Júnior (2013), os autores concluíram que uma TI sustentável agora denomina-se “TI VERDE” ou green computing, é um conjunto de práticas que proporcionam benefícios em longo prazo, para três eixos: econômico, social e ambiental. Isso corrobora como a afirmativa contida na pesquisa realizada por Moraes, Oliveira e Souza (2016). Esses pesquisadores escreveram que o desenvolvimento sustentável é um conjunto de práticas empresariais que as direcionam a nova estrutura sustentável como resposta as pressões governamentais.

Já na pesquisa realizada por Machado, Sobral Júnior e Hourneaux Júnior (2015), os dados por eles obtidos indicaram que o método COBIT pode e deve ser alinhado à governança da TI sustentável, TI Verde e software verde. Isso entra em consonância ao proposto por Daniel e Aguiar (2014) para a sustentabilidade, em que esses conceitos são associados aos cenários ambiental, social, econômico e funcionar de modo harmônico, já que há presença de três pês (pessoa, planeta e lucro). Logo, a associação de métodos e técnica que incrementem a TI sustentável podem proporcionar às empresas e ao meio ambiente, uma sustentabilidade crescente.

Outro estudo efetuado em Chapecó (SC), por Duarte et al. (2015), os autores concluíram que que nas três empresas objetos de estudos deles, houve maior preocupação com os stakeholders e os gestores das três empresas estudadas não

consideram a sustentabilidade ambiental e social como agentes geradoras de novos valores para si e a circunvizinhança, o que não coaduna com o tripé da sustentabilidade (Figura 04a) citado por Daniel e Aguiar (2014) e atualizado daquele elabora por Elkington em 1994 (Figura 4b).

Figura 04 – a) Tripé para a sustentabilidade corporativa atualizado; b) Tripé elaborado por Elkington em 1994.



Fontes: a) Daniel e Aguiar (2014); b) Valença et al. (2017)

Para Casagrande Júnior (2017), cujo estudo foi efetuado no Rio Grande do Sul (RS), esse pesquisador afirmou que a sustentabilidade socioambiental ocorre por ações sistêmicas já que o acesso a um ambiente saudável é um direito de todos. Na pesquisa realizada por Rosa e Smek (2017), em Foz do Iguaçu (PR), para que haja sustentabilidade ambiental são necessárias aplicações de práticas sustentáveis como boa gestão de parques tecnológicos.

Já na análise bibliométrica efetuada por Schneider, Henker e Guerra (2018), a sustentabilidade ambiental e a indústria mantêm uma discussão política acerca desses dois assuntos, todavia, houve pouca prática, e isso foi comprovado pelos pesquisadores quando concluíram que, no Brasil a TI envolveu mais a área do conhecimento. Isso está linear ao dados contidos na pesquisa realizada por Ferreira et al. (2015) que, ao analisar a visão de administradores quanto a prática da sustentabilidade ambiental nesse campo de estudo, concluíram que, além da perspectiva do retorno financeiro à empresa, as práticas sustentáveis (Ex.: reaproveitamento, reuso, etc.) ainda não são um foco primordial nas empresas que utilizam TI.

Então, a efetividade da sustentabilidade está associada a ações empresariais com participação direta do quadro funcional, da elevada sensibilidade que eles devem

possuir ou serem capacitados para que isso melhore, bem como elaborar mecanismos como, por exemplo, reuso e reaproveitamento ou ainda manutenção de contatos e convênios para devolução de equipamentos obsoletos aos fornecedores para evitar descartes prematuros delas e, conseqüentemente, os impactos ambientais.

## **5. CONCLUSÃO**

As pesquisas e estudos acerca da evolução da TI/TIC ocorrem de forma lenta, esparsa e escassa, logo são incipientes e, com isso causam impactos econômicos e socioambientais e isso compromete a sustentabilidade. Os impactos ambientais estão direcionados ao ser socioambiental e causa desequilíbrio na saúde dele, e isso envolve a não obediência ou ineficiência na aplicação da legislação para resíduos sólidos e eletroeletrônicos no Brasil.

Então, há uma relação direta e comprovada de que essa evolução e a aplicação, seja na área da saúde, agricultura, informática, construção civil, mineração ou outros setores econômicos, os impactos são identificáveis e mensuráveis o que diminui a manutenção do equilíbrio à sustentabilidade.

Recomenda-se que haja maior divulgação dos processos de produção, incremento do ciclo de vida útil, química dos componentes eletrônicos e os males que eles podem causar à saúde humana e ao meio ambiente, especialmente, em instituições de ensino superior, revendedores e lojas de assistência técnica, e as prefeituras dos 5.540 municípios brasileiros.

## REFERÊNCIAS

ABDI. Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**. Análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília: ABDI, 2013.

ALBUQUERQUE NETO, F. S. Guia de boas práticas para uma TI sustentável. Recife: Porto digital, 2007. Disponível em: [https://portodigital.org/arqSite/Guia\\_de\\_Boas\\_Praticas\\_para\\_uma\\_TIC\\_mais\\_sustentavel.pdf](https://portodigital.org/arqSite/Guia_de_Boas_Praticas_para_uma_TIC_mais_sustentavel.pdf). Acesso em: 28 dez. 2019.

ALVES, N. B.; COGO, G. S.; SANTOS, A. F. O descarte de resíduos eletroeletrônicos pelas empresas de assistência técnica sob a perspectiva do conceito de green it . *In*: Fórum internacional Ecoinovar. 2. 2013. Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2013/trabalhos.html#>. Acesso em: 27 dez. 2019.

ANDRADE, M. A. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

AZEVEDO, L. P. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade. 2017. 195 P. Tese (Doutorado em Engenharia de materiais. Universidade Federal de Ouro Preto. 2017.

BAIRD. C.; CANN, M. Química ambiental. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BARRETO, C. A. A.; FRANÇA, D. S.; OLIVEIRA, J. F. A. Abordagem da rastreabilidade no sistema de logística reversa para os REEE de computadores na UFPE. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife, v. 3, n. 3, p. 15 – 2,, 2015.

BATISTA, W. S.; SOUZA, M. P. TI verde: processo de gestão de descarte de equipamentos de informática na Universidade Federal de Rondônia. **Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade**, Campina Grande,

BITANTE, A. P. *et al.* Impactos da tecnologia da informação e comunicação na aprendizagem dos alunos em escolas públicas de São Caetano do Sul (SP). **Holos**, Natal, v. 8, p. 281 – 302, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. **Resolução n. 257**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 30 jun. 1999. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/\\_arquivos/36\\_09102008040356.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008040356.pdf). Acesso em: 30 dez. 2019.

BRASIL. Política Nacional da Educação Ambiental. **Lei n. 9.795**. Brasília. Presidência da República. 27 abr. 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm). Acesso em: 27 dez. 2019.

CALIARI, K. V.; ZILBER, M. A.; PEREZ, G. Tecnologias da informação e comunicação como inovação no ensino superior presencial: uma análise das variáveis que influenciam na sua adoção. **Revista de Gestão**, n. 24, p. 247 – 255, 2017.

CARDOZO, R.; MURAROLLI, P. L. Tecnologia da informação verde: sustentabilidade tecnológica. O avanço da tecnologia em relação ao meio ambiente: tecnologia e sustentabilidade. **Perspectivas em Ciências Tecnológicas**, Pirassununga, v. 4, n.4, p. 148 – 165, 2015.

CASAGRANDE JÚNIOR, E. F. **Inovação tecnológica e sustentabilidade: integrando as partes para proteger o todo**. 2017. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23231.pdf>. Acesso em 30 dez. 2019.

CARVALHO, P. P. et al. **Equipamentos eletroeletrônicos: um estudo sobre o processo de descarte nas prefeituras do Grande ABC Paulista**. 2011  
[http://www4.pucsp.br/eitt/downloads/ix\\_ciclo/IX\\_Ciclo\\_2011\\_Artigo\\_Pedro\\_Carvalho\\_Raquel\\_Peireira\\_Arnoldo\\_Hoyos.pdf](http://www4.pucsp.br/eitt/downloads/ix_ciclo/IX_Ciclo_2011_Artigo_Pedro_Carvalho_Raquel_Peireira_Arnoldo_Hoyos.pdf). Acesso em: 28 dez. 2019.

CURY, L.; CAPOBIANCO, L. Princípios da História das Tecnologias da Informação e Comunicação Grandes Invenções. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA HISTÓRIA DA MÍDIA. 8. 2011. Paraná. **Anais eletrônicos**. Disponível em: [http://www3.eca.usp.br/sites/default/files/form/cpedagogica/Capobianco-Principios\\_da\\_Historia\\_das\\_Tecnologias\\_da\\_Informacao\\_e\\_Comunicacao\\_Grandes\\_Histrias\\_Principles\\_of\\_ICT\\_History.pdf](http://www3.eca.usp.br/sites/default/files/form/cpedagogica/Capobianco-Principios_da_Historia_das_Tecnologias_da_Informacao_e_Comunicacao_Grandes_Histrias_Principles_of_ICT_History.pdf). Acesso em: 26 dez. 2019.

DANIEL, R. H. M. A.; AGUIAR, K. C. A. A. Sustentabilidade. O Ciclo do Sucesso: Responsabilidade Social, Econômica e Ambiental Como Vantagem Competitiva. **Revista Ciências Gerenciais**, Londrina, v. 18, n. 28, p. 114-120, 2014.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. E.; SOUZA, M. T. S. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n.2, p. 119 – 138, 2016.

DUARTE, C. et al. Diretrizes de sustentabilidade empresarial nas empresas de tecnologia da informação de Chapecó – SC. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 77 – 103, 2015.

FARIAS, E. L. F. **As tecnologias da comunicação e informação e o ensino da História**. 2009. Santa Maria: USFS/EAD/UAB.

FARIAS, M. S. S. et al. Riscos sociais e ambientais devido à presença de metais pesados nas águas superficiais no distrito industrial da Mangabeira. **Qualitos**, v. 6, n. 2, p. 01 – 10, 2007.

FERNANDES, E. A. A evolução da comunicação impactada pela tecnologia. **Revista Ideias & Inovação**, Aracajú, v. 3, n. 2, p. 93 – 102, 2016.

FERREIRA, C. F. et al. Análise do processo de destinação dos resíduos eletroeletrônicos de informática nas IES públicas do município de Sobral - CE. *In*: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO AMBIENTAL E MEIO AMBIENTE. 20. 2018. São

Paulo. **Anais eletrônicos [...]** Disponível em:  
<http://engemausp.submissao.com.br/20/anais/index.php>. Acesso em: 26 dez. 2019.

FERREIRA, J. C. C.; PRADO, F. C. O. Panorama atual dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de informática e telecomunicações. *In*: CONFRESSO DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSP. 8. 2017. São Paulo. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <http://ocs.ifsp.edu.br/index.php/conict/8cic/schedConf/presentations>. Acesso em 26 dez. 2019.

FRANÇA, G. M. A influência das novas tecnologias de comunicação e informação nas novas formas de trabalho: O Teletrabalho. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIBERJORNALISMO. 5. 2014. Mato Grosso do Sul. **Anais eletrônicos. Disponível em:** <http://www.ciberjor.ufms.br/ciberjor5/anais-5o-simposio-de-ciberjornalismo/>. Acesso em: 19 dez. 2019.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 16, n. 1., p. 73 – 82, 2011.

GERARDI, L. M. A.; BIZELLI, J. L. Tecnologias da informação e comunicação na educação: conceitos e definições. Universidade do Estado de São Paulo - USP, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301229975\\_Tecnologias\\_da\\_informacao\\_e\\_comunicacao\\_na\\_educacao\\_conceitos\\_e\\_definicoes](https://www.researchgate.net/publication/301229975_Tecnologias_da_informacao_e_comunicacao_na_educacao_conceitos_e_definicoes). Acesso em 30 dez. 2019.

GIARETTA, J. B. Z. et al. Hábitos relacionados ao pós-consumo de aparelhos e baterias de telefones celulares em uma comunidade acadêmica. **Revista Saúde & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 674 – 684, 2010.

GIGANTE, L. C.; RIGOLIN, C. C. D. MARCELO, J. F. Redes sociais de produção e colaboração tecnológica para o descarte de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. **AtoZ, Novas práticas em informação e conhecimento**, v. 1, n 2, p. 1 – 8, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, R. C.; LIMA, A. M. F.; TANIMOTO, A. H. Inventario dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) no Instituto Federal da Bahia, Campus Salvador: O caso dos computadores. *In*: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO. 7, 2012. Tocantins. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/schedConf/presentations>. Acesso em 27 dez. 2019.

HAU, F.; TODESCAT, M. O teletrabalho na percepção dos teletrabalhadores e seus gestores: vantagens e desvantagens em um estudo de caso. **Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v.8, n. 3, p. 37 – 52, 2018.

HEPPER, E. L.; HANSEN, P. B.; SANTOS, J. L. S. Iniciativas Sustentáveis e Desempenho Organizacional: Uma Análise das Publicações na Base Web of Science. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 98, 2016.

HOMERO, V. Descarte de baterias de aparelhos portáteis ameaça o meio ambiente. **Revista Rio Pesquisa**, Rio de Janeiro, n. 37. 2017. Disponível em: [http://www.faperj.br/downloads/revista/Rio\\_Pesquisa\\_37/meio\\_ambiente.pdf](http://www.faperj.br/downloads/revista/Rio_Pesquisa_37/meio_ambiente.pdf). Acesso em 03. 01. 2020.

HOSPITAL ALBERT EINSTEIN. **Descarte de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**. 2013. Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/arquivos/Eletroeletr%C3%B4nicos%20-%20Albert%20Einstein%20-%20SP.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2019.

ISACA. **COBIT**. 1995. Disponível em: <https://www.isaca.org/COBIT/Documents/COBIT-20-Timeline.PDF>. Acesso em: 01 jan. 2020.

ISIDRO-FILHO, A.; GUIMARÃES, T.A.; PERIN, M. G. Determinantes de inovações apoiadas em tecnologias de informação e comunicação adotada por hospitais. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 142 – 159, 2011

JESUS, A. L. G.; LIMA, M. P. V. M. **Tecnologias da informação e comunicação (TICS): trabalho escolar e processo de ensino-aprendizagem**. 2016. 15 P. Trabalho de Conclusão de Curso (Habilitação em Pedagogia). Faculdade São Luis de França.

KAHUMBA, J. K. Evolução da tecnologia da informação na gestão de projectos nas organizações. 2016. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/evolucao-da-tecnologia-da-informacao-na-gestao-de-projectos/145319>. Acesso em: 29 dez. 2019.

KO, M.; CLARCK, J. G.; KO, D. Investigating the impact of ‘green’ information technology innovators on firm performance. **Journal of Information Technology Management**, v. 22, n. 2, 2011.

KUNRATH, J. L.; VEIT, H. M. Resíduos eletroeletrônicos: materiais reaproveitados dentro da cadeia de processamento. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 10, n.2, 68 – 72, 2015.

LUNARDI, G. L.; SIMÕES, R.; FRIO, R. S. **TI Verde: uma análise dos principais benefícios e práticas utilizadas pelas organizações**. Revista Eletrônica de Administração, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 1-30, 2014.

MACHADO, M. C.; SOBRAL, F. A.; HORNEUAUX JÚNIOR, F. Sustentabilidade na tecnologia da informação: análise dos aspectos considerados no modelo COBIT. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE. 4.2016. São Paulo. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <https://singep.org.br/anais-do-iv-singep/>. Acesso em 31.dez. 2019.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2003.

MEDEIROS, J.; BALDIM, N. Tecnologia da informação verde (TI verde), uma abordagem sobre a educação ambiental e a sustentabilidade na educação profissional e tecnológica. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*. 12. 2015. Paraná. **Anais...** Curitiba: Fundepar, 2015.

MONTEIRO, D. **A comunicação e o tempo**. 2016. Disponível em: <https://medium.com/@dudamonteiro/nesse-texto-iremos-narrar-a-evolu%C3%A7%C3%A3o-da-comunica%C3%A7%C3%A3o-humana-desde-os-prim%C3%B3rdios-at%C3%A9-os-dias-atuais-91cd52510d8>. Acesso em 26 dez. 2019.

MORAES, H. S; VASCONCELOS M. M. Política nacional de Informação, Informática e Comunicação em Saúde: um pacto a ser construído. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 69, p. 86 – 98, 2005.

MORAES, D. O. C.; OLIVEIRA, N. Q. S; SOUZA, E. M. S práticas de sustentabilidade ambiental e suas influências na nova formatação institucional das organizações. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v.3, n3, p. 90 -106, 2014

NAMAAYANDE, P.; KHAMSEH, A. Innovation ecosystem for SMES in ICT industry. **Journal of Management & Technology**, v. 19, p. 141 – 159, 2019.

NASU, V. H. Relationship between the Use of Information and Communication Technology (ICT) and Academic Aspects: Perceptions from Brazilian Accounting Students. **Revista de Administração e Contabilidade**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 235 – 255, 2019.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION*. 3. 2011. **Anais Eletrônicos [...]** Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/ptbr/site/home.asp> Acesso em: 27 dez. 2019.

NOVAES, M. P.; ZONTA, V. M. O reuso de computadores pós consumo: desafios e oportunidades. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. 31. Moinas Gerais. 2011. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?ano=2011>. Acesso em: 27 dez. 2019.

OLIVEIRA, D. S. et al. Impactos do mercúrio no meio ambiente e na saúde. Faculdade Alfredo Nasser. 2016. Disponível em: [http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar\\_5/21-11-2016-21.40.55.pdf](http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar_5/21-11-2016-21.40.55.pdf). Acesso em 03 dez. 2010.

PACHECO, G. J.; CAMPOS, T. M. P.; NASCIMENTO, D. L. M. Análise do sistema de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Alemanha e suas influências na logística reversa do município do Rio de Janeiro. **Revista Sistemas & Gestão**, v. 13, n. 4, p. 541 – 556, 2018.



PERLES, J. B. Comunicação: conceitos, fundamentos e história. 2006. Disponível em: <http://www.bocc.ubi.pt/pag/perles-joao-comunicacao-conceitos-fundamentos-historia.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2019.

PESSANHA, L. P. M.; MORALES, G. Modelagem da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos urbanos: caracterização do fluxo domiciliar no município de Campos-RJ. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTIONS*. 6. 2017. São Paulo. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em [http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/ptbr/site/downloads.html#f\\_p](http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/ptbr/site/downloads.html#f_p). Acesso em: 05.01.2020.

PETITO, C. S. Desafios e oportunidades da logística reversa de eletroeletrônicos em uma operadora de celular na visão de gestores e usuários. **Revista Metodista de Administração do Sul**, Porto Alegre, v.2, n. 1, p. 109 – 141, 2017.

PINOCHET, L. H.; LOPES, A. S.; SILVA, J. S. Inovações e tendências aplicadas nas tecnologias de informação e comunicação na gestão da saúde. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, v.3, n. 2, p. 11 – 29, 2014.

PIRES, L. C. Análise dos impactos da tecnologia de informação e comunicação para o turismo. **Revista Observatório de Inovação do Turismo**, São Paulo, 5, n. 4, p. 01 – 20, 2010.

PORCARO, R. M. Tecnologia da comunicação e informação e desenvolvimento: políticas e estratégias de inclusão digital no Brasil. Texto para discussão n. 1147. **Instituto de Pesquisa Pura e Aplicada**, 2006. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4750](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4750). Acesso em: 19 dez. 2019.

RIBEIRO, B. P.; RUIZ, M. S.; SERRA, N. Práticas de gestão para otimização da vida útil de computadores pessoais: um estudo de caso no Campus de Santo André da Universidade Federal do ABC. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 80 – 96, 2015.

RIBEIRO, R. R. et al. Caracterização do solo contaminado com zinco após o processo de vermicompostagem. *In: SALÃO DE ENSINO E DE EXTENSÃO E SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*. 10, 25. 2013. Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: <https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semic/issue/view/46>. Acesso em: 03 jan. 2020.

ROCHA, T. B.; PENTEADO, C. L. G. Impactos e benefícios ambientais do gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Latino-Americana em Avaliação de Ciclo de Vida**, edição especial, p. 78 – 89, 2016. Disponível em: <http://acv.ibict.br/comunicacao/noticias/3316-lalca-edicao-especial-v-congresso-brasileiro-de-gestao-do-ciclo-de-vida-v-cbgcv/>. Acesso em: 19 dez. 2019.

RODRIGUES, A. P. A comunicação e sua evolução. **Recanto das letras**. 2007. Disponível em: <https://www.recantodasletras.com.br/artigos/624715>. Acesso em: 26 dez. 2019.

RODRIGUES, G. S. S. C.; COLESANTI, M. T. M. Educação Ambiental e as novas Tecnologias de Informação e Comunicação, **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 51 – 66, 2008.

RONDOW JÚNIOR, N. von. **Energia. Da revolução à conscientização**. 2013. Disponível em: [http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC\\_DSC\\_NOME\\_ARQUI20131008130053.pdf](http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20131008130053.pdf). Acesso em: 29 dez. 2019.

**ROSA, A.** Fabricação de cada computador consome 1.800 quilos de materiais. **2007**. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010125070309&id=010125070309#.Xg3WokdKjIU> . Acesso em: **28 dez. 2019**.

ROSA, M. R.; SMEK, D. J. Práticas sustentáveis para utilização de recursos de TI na Administração pública federal. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, v. 17, n.3, p. 239 – 263, 2017.

ROSSETTI, A.; MORALES, A. B. O papel da tecnologia da informação na gestão do conhecimento. **Ciência da Infomação**, Brasília, v. 36, n. 1. P. 124 – 135, 2007. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1191/1362>. Acesso em: 21 dez.2019.

SALGADO, A. C. **O mundo moderno da Tecnologia da Informação**. 2012. Disponível em: <http://www.unicap.br/webjornalismo/geeksdebatom/?p=61>. Acesso em 29 dez. 2019.

SALLES, A. C *et al.* Tecnologia da Informação Verde: Um Estudo sobre sua Adoção nas Organizações. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 41 – 63, 2015.

SANTOS, E. A.; MOURA, E. V.; MATOS, R. M. Ferramentas informais em contextos formais: aplicação de um modelo para avaliar a aceitação de tecnologias móveis entre Professores Universitários. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, v. 19, n. 4, p. 117 – 137, 2019.

SANTOS, F. N. FRESCHI, J. C. A evolução da t.i. e os impactos na administração das empresas. **Revista Terceiro Setor**, Guarulhos, v.7, n. 1, p. 05 – 13, 2013.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, L. F. M.; NEURZLING, D. M. A Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e as Consequências para a Sustentabilidade: As Práticas de Descarte dos Usuários Organizacionais. **Revista Capital Científico**, v. 12, n. 1, p. 01 – 18, 2014.

SANTOS, J. V. T.; TEIXEIRA, A. N; RUSSO, M. **Violência e cidadania: práticas sociológicas e compromissos sociais**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SCHNEIDER, J.; HENKER, J. A.; GUERRA, J. B. S. O. A. Uma análise bibliométrica sobre a produção científica focadas na inovação tecnológica da indústria e a sustentabilidade ambiental. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis v. 7, n 4, p. 609 – 631, 2018.

SCHROEDER, A. M. et al., Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de resíduos eletroeletrônicos: Estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo. SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. 22. 2015. **Anais eletrônicos [...]** Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/artigos2015.php?pag=217>. Acesso em: 20 dez. 2019.

SEO, E. S. M.; FINGERMAN, N. N. Sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos: panorama do segmento eletro eletrônicos. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, São Paulo, v.6, n.3, p. 03 - 15, 2011.

SILVA, D. J. M. et al. Logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: análise da percepção ambiental em município no agreste paraibano. *In*: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE. 1. 2018. Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos [...]** Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/1conresol.htm>. Acesso em: 28 dez. 2019.

SILVA, E. L. F. As tecnologias da comunicação e informação e o ensino de História. 2009. 13 p. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/1744>. Acesso em: 29 dez. 2019.

SILVA, J. S. História da comunicação e seus meios: um constitutivo pedagógico, *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO. 7. 2016. Sergipe. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/index.php/simeduc/article/viewFile/3308/1236>. Acesso em: 26 dez. 2019.

SILVA, L. A. A.; PIMENTEL, H. C. D.; CAMPOS, L. M. S. Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do Natal-RN. **Revista Produção online**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 544 – 576, 2013.

SILVA, S. R. Concentrações de Amônia na Atmosfera na Cidade de São Paulo e sua Relação com a Poluição Veicular. 2015 109 p. Dissertação (Mestrado profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2015.

SIQUEIRA, V. S.; MARQUES, D. H. F. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 174 – 187, 2012.

SOBRAL, F. A.; HOURNEAUX JÚNIOR, F. TI sustentável: redução dos resíduos por meio da inovação tecnológica - o projeto ATM CX3. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES CLEANER PRODUCTION. 5. 2015. São Paulo. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: [http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/4B/6/sobral\\_and\\_horneaux\\_junior\\_a\\_cademic.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/4B/6/sobral_and_horneaux_junior_a_cademic.pdf). Acesso em 31 dez. 2019.

SOUZA, V.; KONRAD, O.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. **Revista Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 13, n. 25, p. 249 – 276, 2016.

TAVARES, L. A. **James Watt: a trajetória que levou ao desenvolvimento da máquina a vapor vista por seus biógrafos e homens da ciência**. 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2008

TEODORO, A. N.; PRZEYBILOVICZ, E.; CUNHA, M. A. Governança de tecnologia da informação: uma investigação sobre a representação do conceito. **Revista Administração**, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 307 – 321, 2014.

VALENÇA, A. K. *et al.* Produção Científica sobre Tecnologia da Informação Verde: estudo a partir de periódicos nacionais. *In*: CONGRESSÃO DE GESTÃO, NEGÓCIO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, 1. 2017. Sergipe. **Anais eletrônicos...**Aracaju: Universidade Tiradentes, *Campus*

Farolândia. P. 1-11. Disponível em:  
<https://eventos.set.edu.br/index.php/congenti/article/view/8149/2933>. Acesso em: 17 dez. 2019.

VERASZTO, E. V. Desafios da globalização para garantir um desenvolvimento científico, tecnológico e sustentável. **Revista do Centro de Educação a Distância**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 15 – 36, 2009.

VILAÇA, V. Evolução das comunicações. 2015. Disponível em:  
[https://pt.slideshare.net/Thomas\\_ferreira/a-evolucao-da-comunicacao-46689660](https://pt.slideshare.net/Thomas_ferreira/a-evolucao-da-comunicacao-46689660). Acesso em: 04. Jan. 2020.

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. B. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Campus, 2014.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. Mineração urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, n. 379. 2018. Disponível em:  
<https://www.cetem.gov.br/images/periodicos/2018/mineracao-urbana.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2019.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Edilson Antonio Catapan:** Doutor e Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2005 e 2001), Especialista em Gestão de Concessionárias de Energia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (1997), Especialista em Engenharia Econômica pela Faculdade de Administração e Economia - FAE (1987) e Graduado em Administração pela Universidade Positivo (1984). Foi Executivo de Finanças por 33 anos (1980 a 2013) da Companhia Paranaense de Energia - COPEL/PR. Atuou como Coordenador do Curso de Administração da Faculdade da Indústria da Federação das Indústrias do Paraná - FIEP e Coordenador de Cursos de Pós-Graduação da FIEP. Foi Professor da UTFPR (CEFET/PR) de 1986 a 1998 e da PUCPR entre 1999 a 2008. Membro do Conselho Editorial da Revista Espaço e Energia, avaliador de Artigos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP e do Congresso Nacional de Excelência em Gestão - CNEG. Também atua como Editor Chefe das seguintes Revistas Acadêmicas: Brazilian Journal of Development, Brazilian Applied Science Review e Brazilian Journal of Health Review.

