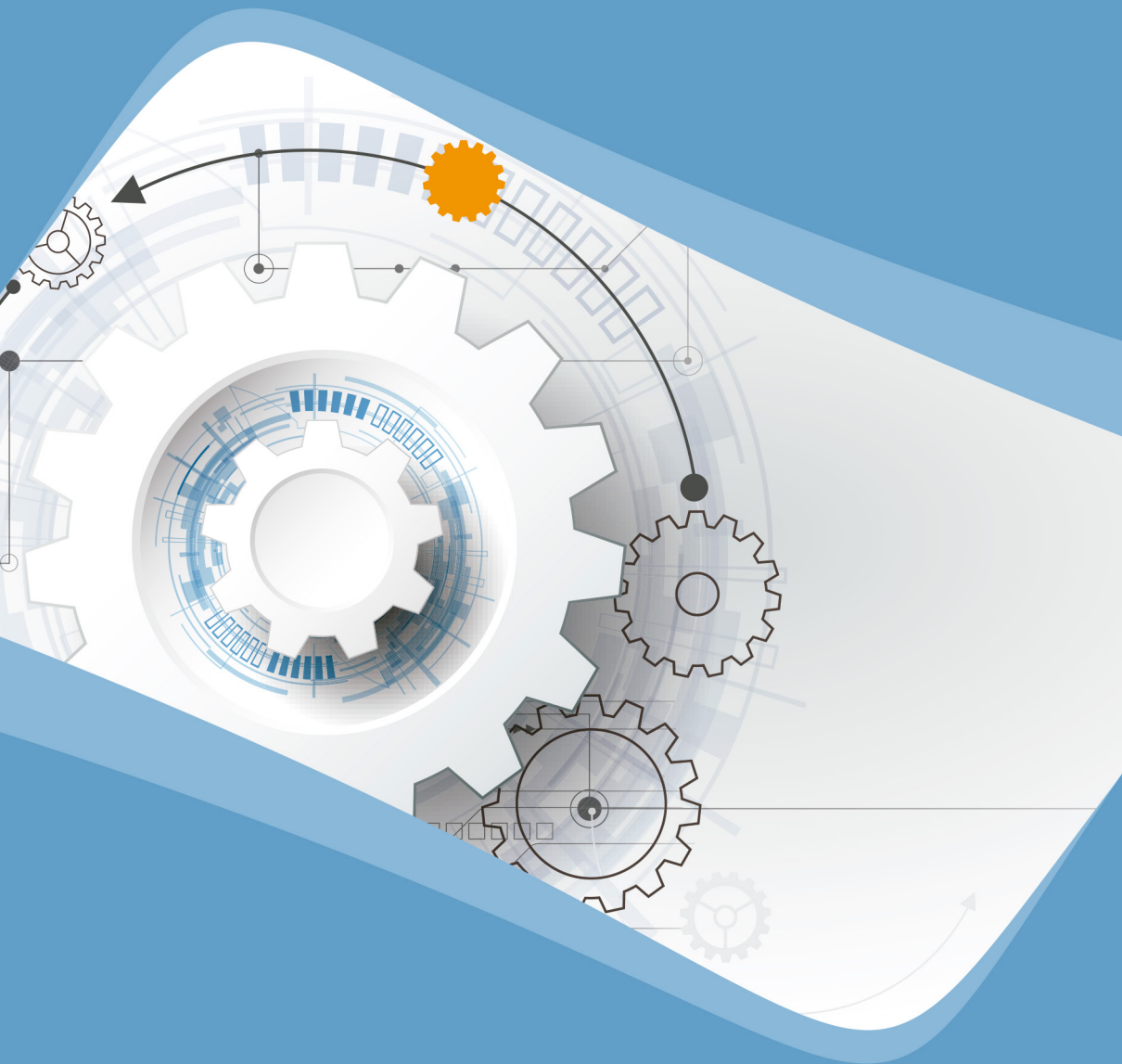


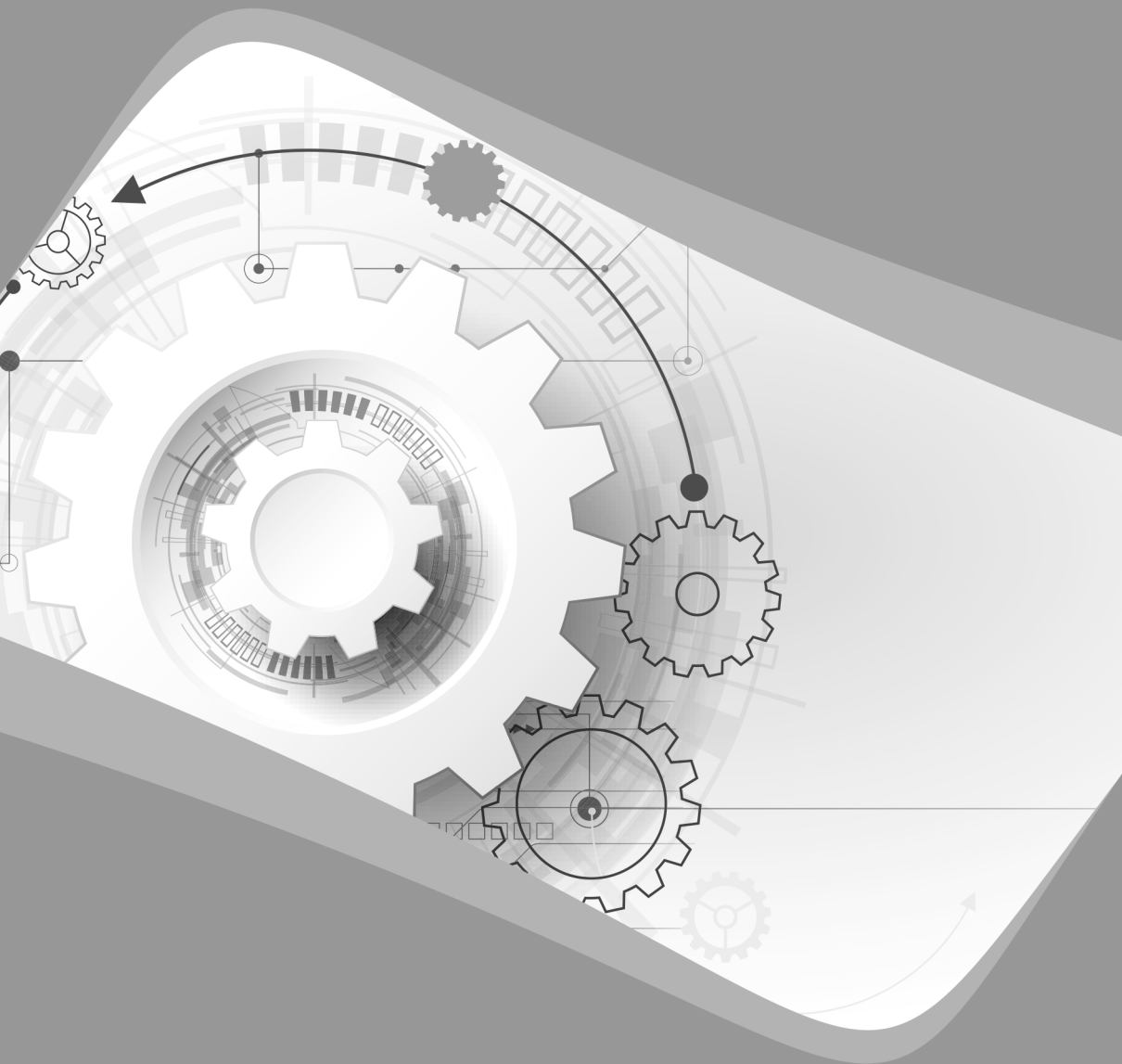
Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias 3 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-613-3

DOI 10.22533/at.ed.133202311

1. Engenharia. 2. Pesquisa. 3. Inovação. 4. Resultados.
 I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca os processos de reciclagem e sustentabilidade dentro do contexto empresarial e de resíduos gerados nos processos produtivos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a prevenção de incêndios florestais através do emprego de técnicas específicas, além de realizar um levantamento econômico dos prejuízos gerados com os mesmos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL NO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DA LIGA CU-8,5%SN

Ariovaldo Merlin Cipriano
Ricardo Aparecido da Cruz
Rogério Teram
Maurício Silva Nascimento
Vinícius Torres dos Santos
Márcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.1332023111

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DE LIGAS DE ALUMÍNIO OBTIDAS POR SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL

Jorge Athanasios Pimenidis
Rogério Teram
Maurício Silva Nascimento
Vinícius Torres dos Santos
Márcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.1332023112

CAPÍTULO 3..... 23

ANÁLISE MECÂNICA COMPARATIVA DE FIO ORTODÔNTICO NITI E AÇO INOXIDÁVEL

Manoel Quirino da Silva Júnior
Áleft Verlanger Rocha Gomes
Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Dyana Alves de Oliveira
Ricardo Alan da Silva Vieira
Brenda Nathália Fernandes Oliveira
Juciane Vieira de Assis
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis
Bárbara Jéssica Pinto Costa
Diogo Silva de Aguiar Nobre

DOI 10.22533/at.ed.1332023113

CAPÍTULO 4..... 34

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES À BASE DE FÉCULA DE BATATA E AMIDO DE MILHO

Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Kristy Emanuel Silva Fontes
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis
Bárbara Jéssica Pinto Costa

Dyana Alves de Oliveira
Diogo Silva de Aguiar Nobre
Ricardo Alan da Silva Vieira
Juciane Vieira de Assis
Francisco Leonardo Gomes de Menezes
Manoel Quirino da Silva Júnior
Brenda Nathália Fernandes Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.1332023114

CAPÍTULO 5..... 45

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BIOFILMES PRODUZIDOS A PARTIR DE FÉCULA DE MANDIOCA E FÉCULA DE BATATA

Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Kristy Emanuel Silva Fontes
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis
Bárbara Jéssica Pinto Costa
Dyana Alves de Oliveira
Diogo Silva de Aguiar Nobre
Ricardo Alan da Silva Vieira
Juciane Vieira de Assis
Francisco Leonardo Gomes de Menezes
Manoel Quirino da Silva Júnior
Brenda Nathália Fernandes Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.1332023115

CAPÍTULO 6..... 54

AVALIAÇÃO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE FIOS ORTODÔNTICOS DA LIGA NiTi COM EFM

Manoel Quirino da Silva Júnior
Áleft Verlanger Rocha Gomes
Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Dyana Alves de Oliveira
Ricardo Alan da Silva Vieira
Brenda Nathália Fernandes Oliveira
Juciane Vieira de Assis
Mariza Cláudia Pinheiro de Assis
Bárbara Jéssica Pinto Costa
Diogo Silva de Aguiar Nobre

DOI 10.22533/at.ed.1332023116

CAPÍTULO 7..... 65

METAIS, CERÂMICAS E POLÍMEROS: SUAS APLICAÇÕES COMO BIOMATERIAL

Thaíla Gomes Moreira
Amanda Melissa Damião Leite
Kaline Melo de Souto Viana

DOI 10.22533/at.ed.1332023117

CAPÍTULO 8	75
COMPONENTES FÍSICOS E SISTEMAS EMBARCADOS EM UM SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA	
Paulo Henrique Tokarski Glinski	
Alex Luiz de Sousa	
Mário Ezequiel Augusto	
DOI 10.22533/at.ed.1332023118	
CAPÍTULO 9	82
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CAMPO ELÉTRICO EM ESTRUTURAS PERIÓDICAS CONSIDERANDO O EFEITO DISPERSIVO DO MATERIAL	
André Ferreira Teixeira	
Moacir de Souza Júnior	
Ramon Dornelas Soares	
DOI 10.22533/at.ed.1332023119	
CAPÍTULO 10	96
ARIMA METHODOLOGY APPLIED TO DEVELOP A VERY SHORT-TERM WIND POWER FORECAST MODEL FOR THE PALMAS WIND FARM (BRAZIL)	
Paulo Henrique Soares	
Alexandre Kolodynskie Guetter	
DOI 10.22533/at.ed.13320231110	
CAPÍTULO 11	113
LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM MACEIÓ	
Adriano Marinheiro Pompeu	
João Victor de Holanda Porto Correia	
Lara Joanna Cardoso Nunes Ferreira	
Libel Pereira da Fonseca	
Nicole Maria da Silva Romeiro	
João Marcos da Silva Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.13320231111	
CAPÍTULO 12	127
A INTEGRAÇÃO DO <i>ESPAÇO</i> COMO UM FATOR DE RISCO PSICOSSOCIAL NO TRABALHO: AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO	
Carla Nunes de Carvalho Peixoto de Barros	
Luís Manuel Moreira Pinto de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.13320231112	
CAPÍTULO 13	138
REDIRECIONAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LEGADOS DA COMPOSTAGEM EM PRÁTICAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA	
Rui Pedro Cordeiro Abreu de Oliveira	
Carlos de Araújo de Farrapeira Neto	
Iury de Melo Venâncio	
Camila Santiago Martins Bernardini	

Fernando José Araújo da Silva
Leonardo Schramm Feitosa
Ana Vitória Gadelha Freitas
Ingrid Katelyn Costa Barroso
Gerson Breno Constantino de Sousa
André Luís Oliveira Cavaleiro de Macêdo
Enio Giuliano Girão
Raquel Jucá de Moraes Sales

DOI 10.22533/at.ed.13320231113

CAPÍTULO 14..... 151

CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS: ANÁLISE AOS PLANOS SETORIAIS COM INCIDÊNCIA TERRITORIAL (PSIT)

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231114

CAPÍTULO 15..... 168

ESTUDO SOCIOECONÓMICO DA ASPROCIVIL NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL: ANÁLISE AOS PLANOS ESPECIAIS DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PEOT)

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231115

CAPÍTULO 16..... 179

PLANEAMENTO NACIONAL DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (PNPOT): CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

João Rodrigues dos Santos
Ricardo Tojal Ribeiro
Alexandra Santos Domingos

DOI 10.22533/at.ed.13320231116

CAPÍTULO 17..... 190

MEDIDAS PROTETIVAS EM PROPRIEDADE INTELECTUAL DOS VINHOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO/PORTUGAL

Fátima Regina Zan
Rosângela Oliveira Soares
Carmen Regina Dorneles Nogueira
Manuel Luís Tibério
Jonas Pedro Fabris
Suzana Leitão Russo

DOI 10.22533/at.ed.13320231117

CAPÍTULO 18.....	200
GERAÇÃO DE PLANTAS DE VALORES GENÉRICOS COM APLICAÇÃO DE REGRESSÃO GEOGRAFICAMENTE PONDERADA	
Carlos Augusto Zilli	
Luiz Fernando Palin Droubi	
Murilo Damian Ribeiro	
Norberto Hochheim	
DOI 10.22533/at.ed.13320231118	
CAPÍTULO 19.....	226
AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO SENSORIAL DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO	
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves	
Ana Karine de Oliveira Soares	
Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.13320231119	
CAPÍTULO 20.....	231
ESTRATÉGIA DE CONVERSÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR NATALENSE EM GATILHO DE CONSTRUÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES	
Allan David Silva da Costa	
Pollianna Torres dos Santos Medeiros da Silva	
Silvania de Souza Araújo	
Zulmara Virginia de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.13320231120	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	241
ÍNDICE REMISSIVO.....	242

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL NO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DA LIGA CU-8,5%SN

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 04/10/2020

Ariovaldo Merlin Cipriano

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/9110582286235684>

Ricardo Aparecido da Cruz

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/7755838081954163>

Rogério Teram

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/4022090335939212>

Maurício Silva Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0654610769101785>

Vinícius Torres dos Santos

Termomecanica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/5999855342195422>

Márcio Rodrigues da Silva

Termomecanica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8275374225297308>

Antonio Augusto Couto

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
– IPEN
Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2893737202813850>

Givanildo Alves dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0046237693009702>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar se as variáveis térmicas de solidificação influenciam ou não no comportamento elétrico da liga Cu-8,5%Sn. A liga foi solidificada em uma lingoteira de aço inoxidável AISI 304, montada em um dispositivo de resfriamento unidirecional ascendente. O ensaio de condutividade elétrica foi realizado pelo equipamento ponte de Wheatstone, que mede a resistividade elétrica, e com o medidor de condutividade obteve-se os valores em %IACS, conforme norma ASTM B193-02. Como resultados, notou-se que a condutividade elétrica não foi influenciada pelas variáveis térmicas de solidificação, obtendo-se valores de IACS praticamente constantes para a liga de cobre estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Solidificação unidirecional, Liga Cu-8,5%Sn, Condutividade elétrica.

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE UNIDIRECTIONAL SOLIDIFICATION PROCESS ON THE ELECTRICAL BEHAVIOR OF THE CU-8.5WT.%SN ALLOY

ABSTRACT: The objective of this work is to analyze whether the thermal solidification variables influence or not the electrical behavior of the Cu-8.5wt.% Sn alloy. The copper alloy was solidified in an AISI 304 stainless steel ingot, mounted in an unidirectional ascending cooling device. The electrical conductivity test was performed by the Wheatstone bridge equipment that measures the electrical resistivity and with the conductivity meter the values in IACS are obtained, according to ASTM B193-02. As a result, it was noticed that the electrical conductivity was not influenced by the thermal solidification variables, obtaining practically constant IACS values for the studied copper alloy.

KEYWORDS: Unidirectional solidification, Cu-8.5wt.%Sn alloy, Electrical conductivity.

1 | INTRODUÇÃO

A fundição de metais é um importante processo na obtenção dos mais variados itens do nosso dia a dia. Entretanto, controlar somente o processo de fusão dos metais não garante o resultado esperado ao produto final. Há que se ter também um controle durante o processo de solidificação desses metais. O estudo do processo de fusão aliado ao de solidificação assegura ao produto final melhores propriedades mecânicas em função de microestruturas resultantes.

A estabilidade de propriedades tanto em altas como em baixas temperaturas, a grande resistência à corrosão, a alta condutividade térmica e elétrica, as boas propriedades tribológicas, resistência à incrustação, a boa fundibilidade e a excelente usabilidade, fazem com que o cobre e suas ligas sejam sistematicamente empregados em diversos setores da indústria (COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION, 1992).

Tendo em vista o campo de aplicação industrial da liga Cu-8,5%Sn, torna-se indispensável à realização de estudos que busquem o aprimoramento de suas propriedades mecânicas, microestruturais e condutividade elétrica.

Devido a trabalhos e estudos já desenvolvidos, sabe-se que o controle das variáveis térmicas de solidificação definirá as características do produto final, tais como resistência mecânica. (Nascimento et al., 2017; Nascimento et al., 2018; Nascimento et al., 2019; Santos et al., 2017)

A segurança das propriedades elétricas dos materiais e em especial do Cu-8,5%Sn (bronze fosforoso), neste trabalho se faz importante por tratar de um material utilizado em diversos produtos de uso comercial, e sua aplicação poderá ser favorável ou desfavorável, dependendo do comportamento elétrico desejado.

O cobre em 1913 tornou-se o padrão de condutividade, definindo-se a condutividade em 100% de cobre recozido, que em inglês é denominado "International Annealed Copper

Standard” (I.A.C.S.), Padrão Internacional do Cobre Recozido. A resistividade do cobre adotada como padrão vale $0,01723 \cdot 10^{-8} \Omega/m$ e sua condutividade $58,1 \Omega \cdot m/mm^2$. Na tabela 1 são mostrados alguns metais e suas respectivas resistividades.

Metal	Resistividade (Ωm)
Prata	$1,58 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,67 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,65 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,60 \times 10^{-8}$

Tabela 1 Metais e suas respectivas resistividades. (Adaptado de ASM Handbook, 1990)

2 | MATERIAIS E METÓDOS

O dispositivo utilizado no processo de solidificação unidirecional ascendente está representado na figura 1, possuindo formato cilíndrico e revestido internamente com material refratário e externamente com chapa de aço. O calor para manter o metal líquido aquecido antes do processo de resfriamento é gerado por resistências elétricas. Dois tubos servem de suporte para a placa de troca de calor e a lingoteira, sendo o externo de aço SAE 1020 e o interno de aço inoxidável AISI 304. Entre estes dois tubos foi colocado cimento refratário para aumentar o isolamento no espaço interno do forno. Um tubo dentro dos dois tubos de suporte direciona o jato de água para uma placa de 5 mm de espessura, que é responsável pela extração do calor da liga $Cu_{8,5\%}Sn$. A superfície superior da placa, que estará em contato com o metal fundido, foi lixada com lixas de até 600 *mesh*. A lingoteira, construída de aço inoxidável AISI 304, tem altura de 160 mm, diâmetro interno de 60 mm e externo de 76 mm.

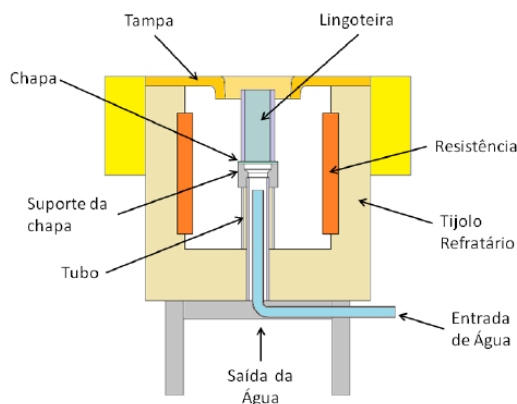


Figura 1 – Ilustração esquemática do forno de solidificação unidirecional ascendente.

Fonte: NASCIMENTO et al., 2017.

A liga foi aquecida à temperatura acima da temperatura *liquidus* em um forno elétrico tipo mufla, da marca Fortelab, utilizando um cadinho de carbetto de silício, da marca Corona, revestido internamente com cimento refratário tipo QF-180, da marca Unifrax. Após a fusão, o cadinho foi removido do forno e o metal líquido foi vazado na lingoteira revestida internamente com cimento refratário posicionada no dispositivo de solidificação direcional ascendente. O resfriamento do metal líquido dentro da lingoteira deu-se por meio de jato d'água na placa de troca de calor a uma vazão de 18 L/min.

O material utilizado no experimento foi quantificado e fornecido pela empresa Termomecanica São Paulo S.A. O lingote foi solidificado no laboratório de solidificação do IFSP- Campus São Paulo, no equipamento mostrado na figura 1. O lingote utilizado no ensaio de condutividade elétrica é mostrado na figura 2.

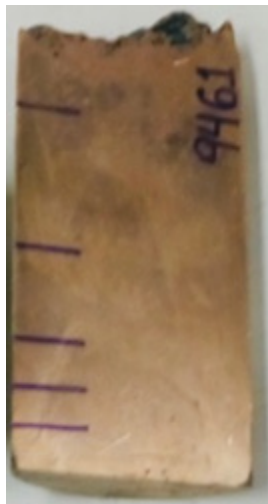


Figura 2- Amostra de Cu-8,5%Sn.

2.1 Ponte de Wheatstone

Utilizada para medir a resistividade elétrica, para amostras de até um metro de comprimento. A medição foi realizada no corpo de prova (figura 2) no laboratório da Termomecanica São Paulo S.A., conforme norma ASTM B193 – 02 (2014): *Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials*.

A Ponte WHEATSTONE mede a resistividade da amostra pela equação:

$$R_{amostra} = S \cdot \Omega \cdot f / L \text{ (mm}^2 \cdot \Omega / \text{m)} \quad (1)$$

Em que S = área da amostra em mm²; Ω = resistência medida em ohms; f = fator de temperatura 1 a 20°C; e L = comprimento da amostra a ser medida em m.

2.2 Medidor de Condutividade Elétrica DC10

Utilizado para medir a condutividade elétrica em % IACS, conforme padrão de referência. O medidor é da marca DC10, seguindo a norma ASTM B193, adotada para a medir a % em IACS (International Annealed Copper Standard). O ensaio foi realizado na Termomecanica São Paulo S.A. e o aparelho de medição é mostrado figura 3.



Figura 3 – Medidor de Condutividade elétrica DC10.

O processo de medição no aparelho DC10 utiliza uma amostra padrão de cobre, que define o resultado em % da relação entre a resistividade da amostra (corpo de prova) e a resistividade do padrão de cobre, conforme a seguinte equação:

$$IACS \% = R_{amostra} / R_{cobre} \quad (2)$$

Em que $R_{amostra}$ = Resistividade da amostra ($\text{mm}^2 \cdot \Omega / \text{m}$); R_{cobre} = Resistividade do cobre ($\text{mm}^2 \cdot \Omega / \text{m}$); e IACS % = condutividade elétrica a 20°C (%).

Na figura 4 é mostrada uma ilustração da amostra com as respectivas posições onde foram efetuadas as medições de condutividade elétrica.

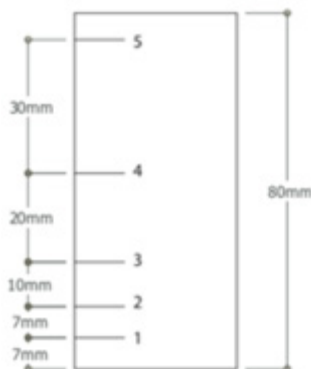


Figura 4. Ilustração da amostra com as posições para a medição de condutividade elétrica.
(Adaptado de Cruz, 2018)

2.3 Composição química da liga

A técnica de análise química empregada foi a espectroscopia de emissão óptica, a qual necessita de uma amostra padrão para fazer a quantificação da composição química de outras amostras. Por meio dessa técnica foram obtidas as composições químicas de cada amostra em função de sua altura, medida a partir da base do lingote. Os resultados são apresentados na tabela 2, a qual inclui a composição da amostra padrão, evidenciando que se trata da liga Cu-8,5%Sn.

Amostra	Pos. (mm)	Zn	Pb	Sn	Fe	Ni	As	Sb	S	Cu	Al	Si, Mg, Bi, Co, Be, P
Padrão	-	0,004	0,009	8,571	0,02	0,014	0,003	0,012	0,005	91,357	0,004	0,001 (cada)
1	10	0,004	0,009	8,515	0,011	0,014	0,003	0,012	0,005	91,422	0,004	0,001 (cada)
2	20	0,004	0,009	8,556	0,012	0,014	0,003	0,012	0,005	91,381	0,004	0,001 (cada)
3	30	0,004	0,009	8,546	0,013	0,014	0,003	0,012	0,005	91,388	0,004	0,001 (cada)
4	40	0,004	0,009	8,556	0,012	0,014	0,003	0,012	0,005	91,380	0,004	0,001 (cada)
5	55	0,004	0,009	8,648	0,013	0,014	0,003	0,012	0,005	91,287	0,004	0,001 (cada)
6	70	0,003	0,009	8,517	0,012	0,014	0,003	0,011	0,005	91,420	0,004	0,001 (cada)

Tabela 2 - Composição química (% em massa) para a amostra padrão e para 6 amostras retiradas de diferentes posições (medidas a partir da base do lingote).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico apresentado na Figura 5 mostra os dados experimentais e a curva que correlaciona o tempo de passagem da isoterma *liquidus* (t_L) com a posição (P) em relação ao início da extração de calor para a liga Cu-8,5%Sn.

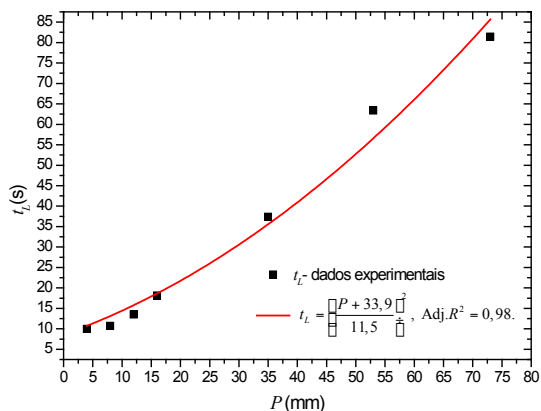


Figura 5 – Gráfico tempo de passagem de isoterma liquidus x posição. (Cruz, 2018)

Por meio deste gráfico, nota-se que t_L apresenta valores menores para as posições mais próximas do início da extração de calor no processo de solidificação unidirecional ascendente. Em termos de variáveis térmicas de solidificação, isso resultará em maiores velocidades de deslocamento da isoterma *liquidus* e taxas de resfriamento nas posições iniciais e, conseqüentemente, em diminuição desses valores para posições mais afastadas.

O gráfico apresentado na figura 6 mostra a relação entre os resultados das medições de condutividade elétrica obtidos na liga Cu-8,5%Sn com as respectivas posições onde foram executadas. Pode-se observar que o valor mínimo é apresentado na posição 1, que é de 14 %IACS; e o maior é apresentado na posição 5, que é de 14,8 %IACS. A média resultante foi de 14,46 %IACS. Em termos práticos, nota-se que a variação de condutividade elétrica é mínima em função da posição considerada.

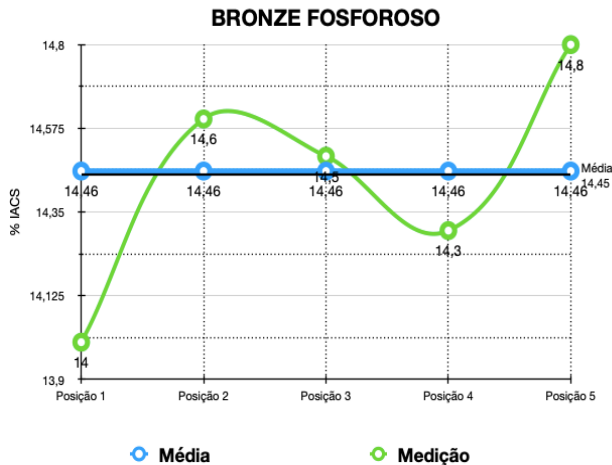


Figura 6. Relação entre %IACS e posição onde foi realizada a medição.

Após as cinco leituras realizadas na amostra de liga Cu-8,5%Sn, representadas na figura 6, notamos que a condutividade elétrica do material após o processo de solidificação, se mantém, porém em valores inferiores em relação ao padrão para o cobre e para o estanho da norma ASTM B 193-02, conforme mostrado na Tabela 3.

Descrição da amostra	Resultado
Cu-8,5%Sn	14,46 % I.A.C.S
Padrões	%IACS
Cobre	93,15 a 100
Bronze	23,6

Tabela 3 – Valores de condutividade elétrica da liga Cu-8,5%Sn e dos padrões de cobre e bronze.

4 | CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, nota-se que o tempo de obtenção da isoterma *liquidus* apresenta valores menores para as posições mais próximas do início da extração de calor no processo de solidificação unidirecional ascendente. Em termos de variáveis térmicas de solidificação, isso resultará em maiores velocidades de deslocamento da isoterma *liquidus* e taxas de resfriamento nas posições iniciais, e diminuição desses valores para as posições mais afastadas.

Comparando os valores %IACS com a posição onde foram medidos, observou-se que a variação de condutividade elétrica é mínima (praticamente constante), porém em

valores inferiores em relação ao padrão para o cobre e para o estanho da norma ASTM B193-02.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Termomecânica São Paulo S. A. e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pela parceria no desenvolvimento de pesquisas em solidificações de materiais, e ao apoio fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

ASM. **ASM Handbook: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials**. ASM International, vol. 2, 1990.

ASTM B193 – 02. **Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials**; West Conshohocken, PA, USA, 2014.

ASTM E10. **Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials**; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2012.

CRUZ, R. A. **Estudo sobre a influência das variáveis térmicas de solidificação na microestrutura e nas propriedades mecânicas da liga Cu-8,5%Sn**. 2018. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2018.

GARCIA, A. **Solidificação: Fundamentos e Aplicações**. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* Correlação entre variáveis térmicas de solidificação, microestrutura e resistência mecânica da liga Al-10%Si-2%Cu. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e11774, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000100403&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 07 maio 2020. Epub 06-Abr-2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0106>.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* An Experimental Study of the Solidification Thermal Parameters Influence upon Microstructure and Mechanical Properties of Al-Si-Cu Alloys. **Materials Research**, São Carlos, v. 21, n. 5, e20170864, 2018. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-0864>.

NASCIMENTO, M. S.; SANTOS, G. A.; TERAM, R.; SANTOS, V. T.; SILVA, M. R.; COUTO, A. A. Effects of Thermal Variables of Solidification on the Microstructure, Hardness, and Microhardness of Cu-Al-Ni-Fe Alloys. **Materials**, 2019, 12 (8), 1267. <https://doi.org/10.3390/ma12081267>.

TERAM, R. *et al.* Influência das variáveis térmicas de solidificação na microestrutura e dureza da liga Cu-14Al-5Ni-5Fe. In: 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2019, São Carlos. **Anais eletrônicos...** Disponível em <<https://doi.org/10.26678/ABCM.COBEP2019.COF2019-0542>>. Acesso em 07 maio 2020.

SANTOS, G. A. **Tecnologia dos materiais metálicos: propriedades, estruturas e processos de obtenção**. São Paulo: Editora Érica, 2015.

SANTOS, G. A.; GOULART, P. R.; COUTO, A. A.; GARCIA, A. Primary Dendrite Arm Spacing Effects upon Mechanical Properties of an Al 3wt%Cu 1wt%Li Alloy. In: Andreas Ochsner; Holm Altenbach. (Org.). **Advanced Structured Materials**. 1 ed. Singapore: Springer Singapore, v. 33, p. 215-229, 2017. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1602-8_19

SANTOS, V. T. **Correlação entre as variáveis térmicas de solidificação, microestrutura, microdureza e dureza da liga bronze alumínio níquel – CuAl10Ni5Fe5**. 2017. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2017.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ELÉTRICO DE LIGAS DE ALUMÍNIO OBTIDAS POR SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 05/10/2020

Jorge Athanasios Pimenidis

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2971135823415601>

Rogério Teram

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/4022090335939212>

Maurício Silva Nascimento

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0654610769101785>

Vinícius Torres dos Santos

Termomecânica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/5999855342195422>

Márcio Rodrigues da Silva

Termomecânica São Paulo S.A. – TM
Centro Educacional da Fundação Salvador
Arena – CEFSA
São Bernardo do Campo – SP
<http://lattes.cnpq.br/8275374225297308>

Antonio Augusto Couto

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
– IPEN
Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/2893737202813850>

Givanildo Alves dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP
São Paulo – SP
<http://lattes.cnpq.br/0046237693009702>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é analisar se a macroestrutura resultante de solidificação unidirecional influencia no comportamento elétrico da liga Al-6%Zn. O comportamento mecânico e elétrico de produtos industrializados, em muitas vezes significa dar garantias de durabilidade e solidez nas mais variadas aplicações de esforços e robustez de composição química. O ensaio de condutividade normalizado, norma técnica ASTM B193 – 02 (2014), utilizado neste trabalho é adotado industrialmente. O método de comparação dos resultados com a tabela de resistividade dos materiais foi adotado para análise dos resultados. Os resultados mostram que a macroestrutura resultante da solidificação praticamente não influencia na condutividade e resistividade elétrica da liga estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Solidificação, liga de alumínio, macroestrutura, condutividade e resistividade elétrica.

ANALYSIS OF THE ELECTRICAL BEHAVIOR OF AN AL-6WT.%ZN ALLOY OBTAINED BY UNIDIRECTIONAL SOLIDIFICATION

ABSTRACT: The objective of this work is to analyze whether the macrostructure resulting from unidirectional solidification influences the electrical behavior of the Al-6% Zn alloy. The mechanical and electrical behavior of industrialized products often means giving guarantees of durability and strength in the most varied applications of efforts and robustness of chemical composition. Electrical behavior is crucial for certain technological applications of aluminum and its alloys. The standardized conductivity test, technical standard ASTM B193 - 02 (2014), used in this work is adopted industrially. The method of comparing the results with the table of resistivity of the materials was adopted to analyze the results. The results show that the macrostructure resulting from solidification do not influence the conductivity and electrical resistivity of the studied alloy.

KEYWORDS: Solidification, aluminum alloy, macrostructure, conductivity and electrical resistivity.

1 | INTRODUÇÃO

Aplicações específicas forçam o desenvolvimento de ligas de alumínio, assim novas ligas são desenvolvidas constantemente, cada uma combinada com um material diferente, combinação apropriada de propriedades na busca de características desejadas, um dos principais objetivos é mexer com a resistência mecânica e tentar manter todas as outras propriedades.

A indústria se utiliza de diversos processos e associa o alumínio a outros metais de engenharia, como o cobre, o silício, o ferro, o zinco e o manganês, para gerar as chamadas ligas. De acordo com os elementos associados, as ligas possuem vantagens e desvantagens sobre o alumínio puro, como maior resistência mecânica, menor resistência à corrosão, maior fluidez no preenchimento de moldes etc. (HATCH, 1993; ASM Handbook, 1990) apud (SILVA, 2017)

O processo de fundição, por exemplo, desde o aquecimento dos materiais, assim como a temperatura a ser atingida e sua manutenção para a associação com outros metais e o seu resfriamento direcionado pode interferir em diversas propriedades mecânicas do produto e inclusive na condutividade elétrica do material de liga produzido.

Dentre as várias possibilidades de processamento para a obtenção dessas ligas, o processo de solidificação é mais uma etapa na busca do controle da composição química das ligas e a estrutura de grãos, sendo a solidificação unidirecional o processo utilizado na aquisição do lingote produzido para este trabalho. A etapa de resfriamento da homogeneização também é de grande importância, pois a taxa de resfriamento controla a precipitação dos elementos de liga que estão em solução sólida (SILVA, 2017).

Em função de trabalhos e estudos já desenvolvidos, sabe-se que o controle das variáveis térmicas de solidificação definirá as características do produto final, tais como

resistência mecânica. (Nascimento et al., 2017; Nascimento et al., 2018; Nascimento et al., 2019; Santos et al., 2017)

A etapa de manutenção da temperatura e resfriamento também são de grande importância, pois controlam a possibilidade de solução do material adicionado, e também podem ajudar na difusão e na precipitação dos elementos de liga que estão em solução.

Dentre as ligas de fundição as ligas fundidas de alumínio são as mais versáteis (ASM HANDBOOK, 1992) apud (NASCIMENTO, 2017). O alumínio tem massa específica de 2,7 g/cm³, fator que contribui com sua popularidade entre os metais não ferrosos (SHACKELFORD, 2008) apud (NASCIMENTO, 2017). O alumínio e todas as suas propriedades mecânicas, com tal massa específica, resultam em produtos que podem ser considerados leves em comparação com os mais diversos produtos metálicos apud (SILVA, 2017).

Dentre as muitas propriedades físicas da matéria, suas propriedades elétricas são estritamente importantes tanto do ponto de vista acadêmico, para o entendimento do comportamento fundamental da matéria, quanto do ponto de vista tecnológico, para o desenvolvimento destinado a obtenção e caracterização de novos materiais (GIROTTO e SANTOS, 2001) apud (SILVA, 2017).

A condutividade, resistência e potencial elétrico de produtos que na indústria ainda podem ser considerados matéria prima, tem grande importância nas aplicações comerciais de produtos finais, fabricados com diversos materiais metálicos, aí se incluem o alumínio e suas ligas, que no uso final podem ter contato com ácidos, água potável, água salgada, alimentos, líquidos refrigerantes, outras soluções aquosas eletrolíticas etc., que podem ter ou adquirir potencial elétrico diferente, e assim trocar elétrons espontaneamente, processo de oxirredução ou de corrosão galvânica, com estes materiais, depositando material contaminante ou retirando dele partes específicas de sua composição química final. Corrosão Galvânica consiste no o mecanismo geral da corrosão, que é conduzido pela formação de pilhas eletroquímicas. Um quadro geral da corrosão que tem como mecanismo o contato elétrico entre dois metais de potenciais eletroquímicos diferentes imersos em um mesmo eletrólito, metais de igual potencial imersos em eletrólitos diferentes ou ainda de metais diferentes em eletrólitos diferentes. A corrosão galvânica é um processo eletroquímico em que um metal sofre corrosão preferencialmente em relação a outro quando os dois metais estão em contato elétrico e imersos em um eletrólito. Esta mesma reação galvânica é explorada em baterias primárias (como as vulgarmente chamadas de pilhas) para gerar uma tensão. A corrosão galvânica e seus processos podem ser uma das formas mais comuns e frequentes de corrosão na natureza, bem como um dos mais destrutivas. (SCIETIA, 2019)

Silva (2017) afirma que há uma boa relação linear entre a condutividade elétrica e as propriedades mecânicas, para situações específicas.

Santos (2017) produziu em laboratório apropriado, onde se pode controlar as taxas de resfriamento, a liga Al-6,0Zn (% em massa) que foi solidificada em um sistema ascendente sob condições não-estacionárias de fluxo de calor, e afirma: Constata-se que o espaçamento dendrítico primário diminui com o aumento da velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* e da taxa de resfriamento. Em ambos casos o arranjo dendrítico mais refinado apresenta maior resistência mecânica. O resultado desse trabalho demonstra que, para espaçamentos dendríticos menores, há o aumento da resistência mecânica.

O cobre em 1913 tornou-se o padrão de condutibilidade, definindo-se a condutibilidade em 100% de cobre recozido, que em inglês é denominado “International Annealed Copper Standard” (I.A.C.S.), Padrão Internacional do Cobre Recozido. A resistividade do cobre adotada como padrão vale $0,01723 \cdot 10^{-8} \Omega/m$ e sua condutividade $58,1 \text{ S.m/mm}^2$. (NDE, 2019)

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A liga de alumínio Al-6%Zn, com percentuais em massa, ensaiada foi assim produzida: A solidificação unidirecional ascendente consiste em solidificar um metal fundido com resfriamento da superfície inferior do molde, promovendo uma solidificação da base para o topo do molde, sendo necessário um bom isolamento térmico nas laterais e parte superior, de modo a evitar a extração de calor pelas paredes do molde e, assim, impedir a nucleação de cristais nessa região. Essa forma de solidificação permite minimizar os efeitos de convecção no metal líquido (SIQUEIRA *et al.*, 2002) apud Teram, 2019.

Na figura 1 é mostrada uma esquematização do dispositivo de solidificação unidirecional ascendente. (SANTOS, 2009)

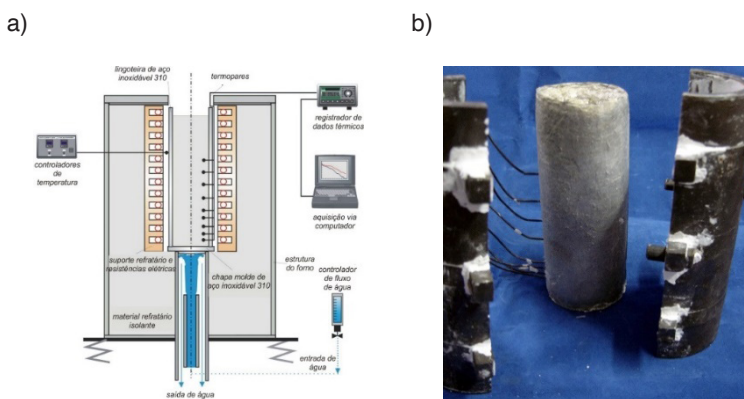


Figura 1 – Em a) esquema do dispositivo de solidificação unidirecional ascendente, controle do resfriamento e aquisição de dados; e em b) o material obtido experimentalmente deste dispositivo.

Na figura 2 é mostrado o material produzido experimentalmente. Esse material foi solidificado unidirecionalmente na forma vertical ascendente em molde como já descrito neste trabalho, e vazado com superaquecimento de 10°C. Observa-se a ocorrência de estrutura predominantemente colunar e o surgimento de uma estrutura equiaxial no fim do lingote da liga Al-6%Zn.



Figura 2 – Macroestrutura da liga Al-6%Zn (aumento de 1x).

Durante o processo de solidificação, o calor foi direcionalmente extraído através de um molde refrigerado a água feito de aço (SAE 1020). Para poder observar correlações entre a microestrutura, variáveis térmicas de solidificação e propriedades mecânicas da liga fundidas. Os resultados mostraram que taxa de resfriamento determina espaçamentos dendríticos primários que melhoram o limite de resistência à tração ($\sigma_{m\acute{a}x.}$) e limite de escoamento (σ_e) em função das condições de solidificação impostas pelo sistema metal/molde. Constata-se que o espaçamento dendrítico primário diminui com o aumento da velocidade de deslocamento da isoterma *liquidus* e da taxa de resfriamento. O sistema de resfriamento provocou um arranjo dendrítico mais refinado que apresenta maior resistência mecânica (SANTOS, 2009).

A resistência elétrica de um material é uma grandeza física que expressa o impedimento sofrido pelos portadores de carga, de se desligarem do núcleo do átomo de um determinado material, e partirem para o movimento ordenado, sujeitos a uma pressão elétrica, ao percorrerem de um ponto a outro de um corpo, a resistência pode ser encontrada sendo ela dependente das dimensões deste corpo e do material de que é constituído. A resistividade, por outro lado, também é uma grandeza dependente de impedimento sofrido por portadores de carga, porém é uma propriedade intrínseca da matéria, sendo independente das dimensões do corpo estudado.

Podemos definir a resistência elétrica entre dois pontos quaisquer de um material aplicando uma tensão entre estes dois pontos e medindo a corrente elétrica que flui no interior dele. A resistência do material será dada pela equação 1 – Lei de Ohm.

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Em que R = resistência elétrica, em Ohm; U = tensão elétrica, em Volt; e I = intensidade da corrente elétrica, em Ampére.

Na figura 3 é mostrado um esquema de um material condutor de dimensões W , L e t .

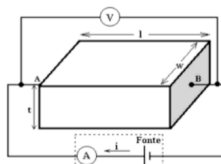


Figura 3 - V = Voltímetro e A = Amperímetro, instrumentos em atuação, medindo tensão elétrica e corrente elétrica, Fonte = Fonte ideal de Tensão e Corrente elétrica.

Podemos definir a condutividade elétrica como sendo o inverso da resistividade, conforme Equação 2.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

Em que σ = Condutividade elétrica, em Siemens; e ρ = Resistividade elétrica, em Ohm.metro.

De forma respectiva, a definição matemática da resistividade e a da resistência podem ser:

$$\rho = \frac{R A}{l} \quad (3)$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (4)$$

Em que:

R = Resistência elétrica, em Ω .

ρ = Resistividade elétrica do material, em ohm.m.

A = Área da seção transversal do condutor, em m^2 .

l = Comprimento do condutor, em m.

A unidade no Sistema Internacional para a resistência elétrica R, é o V/A ou ohm (Ω), e para a resistividade elétrica, é o ohm.m ou (Ω .m), a Tensão elétrica U é o Volt (V) e para a corrente elétrica i o ampère (A).

As medições foram realizadas nos corpos de prova apresentados no laboratório da Termomecânica São Paulo S.A., conforme norma ASTM B193 – 02 (2014) Standard Test Method for Resistivity of Electrical Conductor Materials.

Na Equação 5 está representada a formulação para a medição da resistência elétrica.

$$R_{\text{amostra}} = S \cdot \Omega \cdot f / L \text{ (mm}^2 \cdot \Omega / \text{m)} \quad (5)$$

Em que:

S = área da amostra, em mm^2 .

Ω = resistência medida em ohms.

f = fator de temperatura, 1 a 20 °C.

L = comprimento da amostra a ser medida, em m.

O corpo de prova de Al-6%Zn foi submetido ao teste por um um condutivímetro apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Equipamento de laboratório da Termomecânica e corpos de prova. A amostra de Al-6%Zn foi ensaiada pelo equipamento eletrônico cujos dados de saída são os valores da condutividade em I.A.C.S. Fonte: autor, 2019.

Na Figura 5 é destacado o condutivímetro e sua placa de calibragem padrão para a temperatura do local do ensaio. O equipamento que realmente produziu os resultados apresentados neste trabalho foi o equipamento digital, o instrumento e sua placa padrão de calibragem para uma determinada temperatura e o material examinado, as leituras de condutividade em porcentagem da condutividade do cobre I.A.C.S, foram realizadas da base da peça para a parte superior da mesma, a extremidade debaixo corresponde ao aparelho de pé.



Figura 5 – O Condutivímetro, corpo de prova e sua placa padrão de calibragem. Fonte: autor, 2019.

Para a medir a % em IACS (International Annealed Copper Standard), utilizamos o aparelho de medição de condutividade elétrica DC 10 da Termomecanica São Paulo S.A.

O ensaio de condutividade elétrica ocorreu no laboratório da empresa Termomecanica, regido segundo a norma técnica ASTM B193 – 02 (2014) Standard Test Method For Resistivity Of Electrical Conductor Materials, onde o ambiente controlado, em acesso, em temperatura e segurança próprios para ensaios e contando ainda com a expertise de laboratoristas em materiais comerciais produzidos pela empresa, promoveu o ensaio e a coleta dos dados. A temperatura ambiente registrada pelo equipamento que realizou o ensaio é de 22° Celsius que foi calibrada pelo padrão visto ao lado do instrumento (Figura 5).

O processo de medição define o resultado em % da relação entre a resistividade da amostra (corpo de prova) e a resistividade do padrão de cobre, resultando a seguinte formulação:

$$\text{IACS \%} = R_{\text{amostra}} / R_{\text{cobre}} \quad (6)$$

Em que R_{amostra} = Resistividade da amostra, em $\Omega \cdot \text{M}$; R_{cobre} = Resistividade do cobre, em $\Omega \cdot \text{m}$; e IACS % = condutividade elétrica a 20 °C.

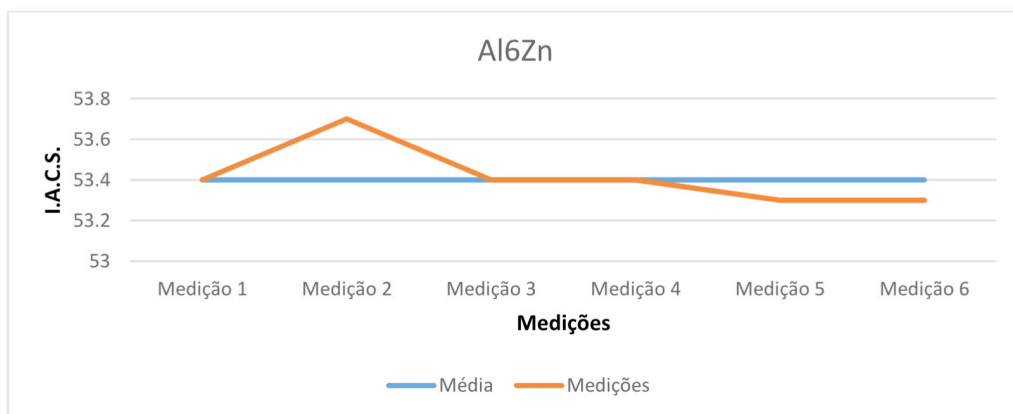
3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 são mostrados os resultados das medições de condutividade elétrica realizadas na liga Al-6%Zn, desde a região mais próxima à extração de calor (medição 1) até a parte final (próxima ao rechupe), em que a macroestrutura já não é mais colunar e sim equiaxial.

Amostra	Resultados	Observações
Al6Zn	53,4 % I.A.C.S.	O resultado reportado é a média de 7 medições Medição 1 (interface de resfriamento) = 53,4 % IACS Medição 2 = 53,7 % IACS Medição 3 = 53,4 % IACS Medição 4 = 53,4 % IACS Medição 5 = 53,3 % IACS Medição 6 (próximo ao rechupe) = 53,3 % IACS

Tabela 1 – Resultados de condutividade elétrica da liga Al6Zn em diferentes posições no lingote.

Na Figura 6 está representado o gráfico que correlaciona as medições em diferentes posições com as respectivas condutividades elétricas em %IACS, em porcentagem da condução do cobre recozido.



Por meio de análise dos resultados apresentados na tabela 1 e na Figura 6, nota-se que a variação da condutividade elétrica da liga Al-6%Zn é mínima, variando de 53,3%IACS (região do rechupe, que é equiaxial) a 53,7%IACS (região mais próxima da base de extração de calor, que é colunar). Ou seja, a macroestrutura resultante do processo de solidificação, seja ela colunar ou equiaxial, praticamente não interfere na condutividade elétrica da liga Al-6%Zn.

Nos metais a adição de impurezas, em geral aumenta a resistividade elétrica destes materiais, exceto a prata em alguns casos, como o cobre quando ligado com alguma porcentagem de prata a condutância é melhorada. (FERNANDES, 2010). Na liga estudada, a resistividade do alumínio foi alterada para um aumento da resistência elétrica, a condutividade diminuiu, quando comparada com a do alumínio puro que fica em 62% da condutividade do cobre em IACS.

Em geral, o teor de elementos de liga altera os valores de condutividade e de resistividade, pois alteram a rede cristalina com tamanhos diferentes de átomos. Desta maneira, os átomos estranhos ao metal puro alteram a resistividade do metal (SILVA, 2006). O espalhamento dos elétrons pelos átomos dos materiais citados parece que contribuíram para a alteração da condutividade elétrica.

Um ponto positivo em termos de aplicações tecnológicas é que a inserção de zinco no alumínio possibilita ganho de resistência mecânica após o processo de solidificação e, além disso, faz com que o material entre no seletivo grupo das ligas de alumínio que podem ter incremento de resistência mecânica e dureza por meio de tratamentos térmicos.

4 | CONCLUSÕES

Os estudos em literatura específica GARCIA (2007) e ensaio realizado em corpo de prova produzido por SANTOS (2009), indicam que o controle da fundição de ligas de alumínio e solidificadas em um sistema ascendente de fluxo de calor, sob condições não estacionárias com o calor extraído unidirecionalmente através de uma base de aço refrigerada a água, proporcionam estruturas que favorecem e melhoram as propriedades mecânicas. É observado na amostra ensaiada a zona colunar na base do lingote e predominando no material, e a estrutura equiaxial na parte superior, próximo ao rechupe. Os ensaios com o condutivímetro abrangeram estas duas regiões e os resultados das medições foram bem próximos, dos quais concluímos que não há diferença significativa de condutividade entre as regiões colunar e equiaxial.

As propriedades elétricas, por sua vez, são alteradas sim, mas pela nova formação da composição química dos produtos acabados. A influência na resistividade elétrica será modificada de acordo com a concentração que a nova liga terá em sua composição final. A observação aos resultados obtidos de forma experimental, também mostra que a composição química do material agregado ao alumínio influencia de maneira direta na resistividade do material resultante.

Na liga Al-6%Zn ocorreu uma mudança em relação ao alumínio puro, o aumento da resistividade aparece na análise: houve a diminuição da condutividade elétrica do material produzido com o alumínio ligado ao zinco.

O aparente prejuízo em relação a condutividade elétrica, pode ser compensado, em alguns casos pode ser interessante se analisado sob outros aspectos e aplicações, e

devido a melhora das características mecânicas, os materiais ligados podem ter um custo final menor que o alumínio puro e com isso beneficiar algumas aplicações de produtos no mercado industrial, e inclusive diminuir os custos na obtenção de produto final e preços ao consumidor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Termomecânica São Paulo S. A. e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pela parceria no desenvolvimento de pesquisas em solidificações de materiais, e ao apoio fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

Garcia, Amauri. Solidificação: Fundamentos e Aplicações / Amauri Garcia. - 2ª edição - Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2007.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* Correlação entre variáveis térmicas de solidificação, microestrutura e resistência mecânica da liga Al-10%Si-2%Cu. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e11774, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000100403&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 07 maio 2020. Epub 06-Abr-2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0106>.

NASCIMENTO, M. S. *et al.* An Experimental Study of the Solidification Thermal Parameters Influence upon Microstructure and Mechanical Properties of Al-Si-Cu Alloys. **Materials Research**, São Carlos, v. 21, n. 5, e20170864, 2018. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2017-0864>.

NASCIMENTO, M. S.; SANTOS, G. A.; TERAM, R.; SANTOS, V. T.; SILVA, M. R.; COUTO, A. A. Effects of Thermal Variables of Solidification on the Microstructure, Hardness, and Microhardness of Cu-Al-Ni-Fe Alloys. **Materials**, 2019, 12 (8), 1267. <https://doi.org/10.3390/ma12081267>.

NDT Resource Center. The International Annealed Copper Standard, acessado em 22/01/2020, disponível em: <https://www.nde-ed.org/GeneralResources/IACS/IACS.htm>

SANTOS, G. A. **Tecnologia dos materiais metálicos: propriedades, estruturas e processos de obtenção**. São Paulo: Editora Érica, 2015.

SANTOS, G. A.; GOULART, P. R.; COUTO, A. A.; GARCIA, A. Primary Dendrite Arm Spacing Effects upon Mechanical Properties of an Al 3wt%Cu 1wt%Li Alloy. In: Andreas Ochsner; Holm Altenbach. (Org.). **Advanced Structured Materials**. 1 ed. Singapore: Springer Singapore, v. 33, p. 215-229, 2017. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1602-8_19

SANTOS, V. T. **Correlação entre as variáveis térmicas de solidificação, microestrutura, microdureza e dureza da liga bronze alumínio níquel – CuAl10Ni5Fe5**. 2017. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2017.

Santos, Givanildo Alves dos. Correlação entre Variáveis Térmicas de Solidificação, Microestrutura e Comportamento Mecânico de Ligas Al-Zn e Al-Cu-Li / Givanildo Alves dos Santos - São José dos Campos, SP ,2009.

Santos, Givanildo Alves dos. Correlação entre as Variáveis Térmicas de Solidificação, Microestrutura, Microdureza e Dureza da Liga Bronze Alumínio Níquel – CU-10AL-5NI-5FE / Givanildo Alves dos Santos - São José dos Campos, SP ,2017.

Scientia, Corrosão Galvânica, acessado em 22/01/2020, disponível em: <https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/corrosao/corrosao-galvanica>

Silva, Aline da. Efeito das Taxas de Resfriamento nas Propriedades Mecânicas e Elétricas da Liga AA2024 / Aline da Silva. Itajubá, 2017.

Silva, Luis carlos Elias da. Estudos do Desenvolvimento e Caracterização das Ligas CuNiPt e CuNiSn para Fins Eléctro - Eletrônicos, São Paulo, 2006, acessado em 16/04/2020, disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-31052007-153314/publico/LuisCEdaSilva.pdf>

Teram, Rogério. Influência das variáveis térmicas de solidificação na microestrutura e dureza da liga Cu-14Al-5Ni-5Fe / Rogério Teram. São Paulo: [s.n.], 2019.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE MECÂNICA COMPARATIVA DE FIO ORTODÔNTICO NITI E AÇO INOXIDÁVEL

Data de aceite: 01/12/2020

Manoel Quirino da Silva Júnior

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

Áleft Verlanger Rocha Gomes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6746912480900237>

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Dyana Alves de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

Ricardo Alan da Silva Vieira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

Brenda Nathália Fernandes Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2772853721186171>

Juciane Vieira de Assis

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6453039303697433>

Mariza Cláudia Pinheiro de Assis

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3427294252115931>

Bárbara Jéssica Pinto Costa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2011653107939973>

Diogo Silva de Aguiar Nobre

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte

RESUMO: As ligas com memória de forma são ligas metálicas que possuem a habilidade de retornar a sua forma previamente definidas quando submetidas a um tratamento termomecânico apropriado. A transformação de fase martensítica promove a recuperação da forma das ligas com memória de forma, gerando dois tipos de efeitos, a superelasticidade e o efeito com memória de forma. Estas propriedades despertam interesses tecnológicos e as ligas possuem inúmeras aplicações. Embora uma variedade de ligas exiba o efeito memória de forma, somente aquelas que podem recuperar uma quantidade substancial de deformação possuem interesses comerciais.

Dentre estas, vale destacar as ligas a base de NiTi. Esse tipo de liga vem sendo empregada, com sucesso, no ramo da odontologia, especificamente no uso de aparelhos ortodônticos. Comparadas aos fios de aço inoxidável, que são os mais utilizados atualmente, a utilização dos fios de NiTi, por permitirem ao ortodontista a aplicação de forças suaves e contínuas para a movimentação dentária, apresentam sensível diminuição no tempo de manutenção dos fios e significativa redução ou ausência de dor ao paciente. O presente trabalho comparou o comportamento mecânico de fios ortodôntico NiTi superelástico e de aço inoxidável, mediante ensaio de tração estático e ensaios cíclicos de carga e descarga numa máquina de ensaios universal. Os fios de NiTi apresentam deformação cinco vezes maior que a de aço inoxidável com um quarto da tensão necessária para essa deformação, indicando que os fios NiTi resultam num maior deslocamento para ajuste dentário com diminuição de força necessária para tal ajuste, promovendo menor intensidade de dor ao paciente e diminuição de tempo de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Ligas NiTi, Superelasticidade, Fios ortodônticos, Ensaio de tração, Ensaio de carga-descarga.

EVALUATION OF THE TENSION-DEFORMATION CURVE OF NITI ALLOY ORTHODONTIC WIRES WITH EFM

ABSTRACT: The shape with memory alloys are metal alloys that have the ability to return to its previously defined form when subjected to an appropriate thermomechanical treatment. The transformation from martensitic phase promotes recovery of the shape memory alloys, generating two types of effects, the effect of superelasticity and shape memory. These properties awaken technological interests and alloys have numerous applications. Although a variety of alloys display the shape memory effect, only those that can retrieve a substantial amount of deformation have commercial interests. Among these, it is worth highlighting the NiTi alloys base. This type of alloy has been used successfully in the branch of dentistry, specifically in the use of orthodontic appliances. Compared to stainless steel wires, which are used nowadays, the use of NiTi wires, allow the orthodontist to apply smooth and continuous force for the tooth motion, exhibit considerable reduction in maintenance time of the yarn and a significant reduction or no pain to the patient. This study compared the mechanical behavior of NiTi superelastic orthodontic wires and stainless steel by testing static tensile and cyclic tests of loading and unloading in a universal testing machine. NiTi wires have deformation five times greater than that of stainless steel with a quarter of tension required for this deformation, indicating that the NiTi wires results in a larger displacement for dental set with reduction of force required for such adjustment, providing less pain to the patient and decrease treatment time.

KEYWORDS: NiTi alloys, superelasticity, orthodontic wires, tension test, load-unload test.

1 | INTRODUÇÃO

A maioria dos materiais metálicos quando são submetidos a uma carga e deformados além do seu limite elástico, apresentam uma deformação permanente e não conseguem retomar a sua forma original integralmente. Todavia, existem algumas ligas metálicas que

possuem a capacidade de recuperar completamente suas dimensões, mesmo quando são deformados acima do seu limite elástico. Essa recuperação ocorre através do aquecimento do material ou pela retirada da carga que produziu a deformação.

O efeito memória de forma é caracterizado quando o material recupera totalmente seu formato original quando aquecido a uma temperatura adequada. A superelasticidade é o fenômeno que alguns materiais possuem de recuperarem suas dimensões, meramente com a retirada da carga à qual foram submetidos. Esta é uma propriedade caracterizada por tensões e não pela variação de temperatura, como acontece no efeito memória de forma. As duas propriedades, efeito memória de forma e superelasticidade, estão atrelados à transformação de fase austenita-martensita. (Silva Júnior, 2010)

Dentre as ligas metálicas que apresentam o efeito memória de forma e/ou superelasticidade, destacam-se aquelas do sistema NiTi aproximadamente equiatômico. Esse tipo de liga vem sendo empregada, com sucesso, no ramo da odontologia, especificamente no uso de aparelhos ortodônticos, por permitirem ao ortodontista a aplicação de forças suaves e contínuas para a movimentação dentária (Antunes Souza, 2006). Nessa área, as ligas NiTi vêm substituindo alguns materiais convencionais, como os aços inoxidáveis, por principalmente sustentarem ampla deformação elástica, devido ao seu comportamento singular relacionado à transformação martensítica de sua microestrutura.

As ligas do sistema NiTi e sua aplicação como fios ortodônticos, será o enfoque de estudo no presente trabalho, já que estas são de grande importância para a área, por reduzir eficazmente o tempo para os tratamentos dentários com uso de aparelhos ortodônticos, e por apresentarem comportamento diferenciado da maior parte de outras ligas metálicas (Minervo, 2000).

No presente trabalho, será demonstrado a potencialidade de deformação através do estudo do comportamento de fios de liga NiTi superelástico sob ensaio de tração e sob ensaio de carga-descarga, comparando-o com o comportamento de fios de aço inoxidável.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados ensaios mecânicos de tração no Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFERSA. Para estes ensaios, seguem as especificações dos materiais e métodos utilizados:

- i. Os fios de níquel-titânio utilizados para os experimentos foram comprados comercialmente, sendo utilizados fios da marca Dental Morelli Ltda, do tipo superelástico na forma de arco, com secção transversal de 0,021" (0,53 mm) x 0,025" (0,63mm).
- ii. Os fios de aço inoxidável utilizados para os experimentos foram comprados comercialmente, sendo utilizados fios da marca Dental Morelli Ltda na forma de arco, com secção transversal de 0,021" (0,53 mm) x 0,025" (0,63mm).

A máquina de ensaios utilizada é uma Máquina Universal de Ensaio, modelo: DL10000, eletromecânica, marca EMIC. Os fios em forma de arco foram fixados em suas extremidades nas garras tipo GR-012. A velocidade dos ensaios foi constante de 0,05mm/s, com uma célula de carga de 30kN. Os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC e com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos

Os ensaios foram realizados primeiramente nos fios de aço inoxidável e, posteriormente, nos de NiTi. Com o objetivo de verificar a capacidade de recuperação de deformações, foram realizados, no mesmo equipamento, ensaios de carga e descarga por tração com o fio NiTi com a aplicação das mesmas condições de tensão e deformação, sob velocidade de deformação de e com o fio de aço inoxidável.

Os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC e com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os corpos de provas foram ensaiados até a sua fratura, onde os dados com os resultados foram obtidos através do programa computacional TESC. Com o auxílio do Excel foi possível determinar os gráficos que serão mostrados a seguir.

Na Fig.1 está mostrado a curva de tensão versus deslocamento para o fio de aço inoxidável

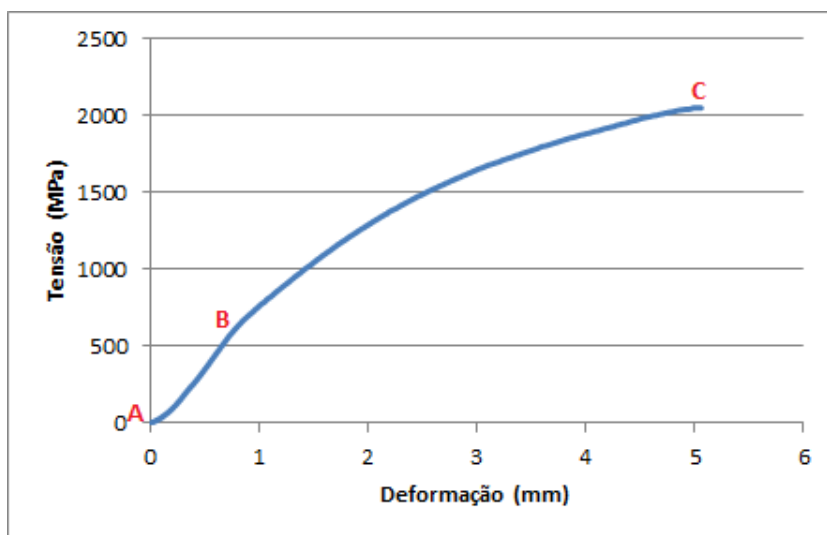


Figura 1 – Diagrama tensão-deformação resultante do ensaio de tração para fio de aço inoxidável

Fonte: Autoria própria (2014).

Como pode ser observado na Fig. 1, o material possui uma região elástica, do ponto A ao ponto B, onde para qualquer aumento de tensão ocorre proporcionalmente um aumento na deformação. Após o ponto B, para qualquer aumento de tensão ocorre a transição gradual do comportamento elástico para um comportamento plástico do material, ocorrendo deformação permanente. A deformação aumenta rapidamente com a elevação da tensão até atingir o ponto C em que ocorre a ruptura do fio.

Para o fio de NiTi, podemos observar um comportamento diferente. Esse comportamento está representado na curva da Fig. 2.

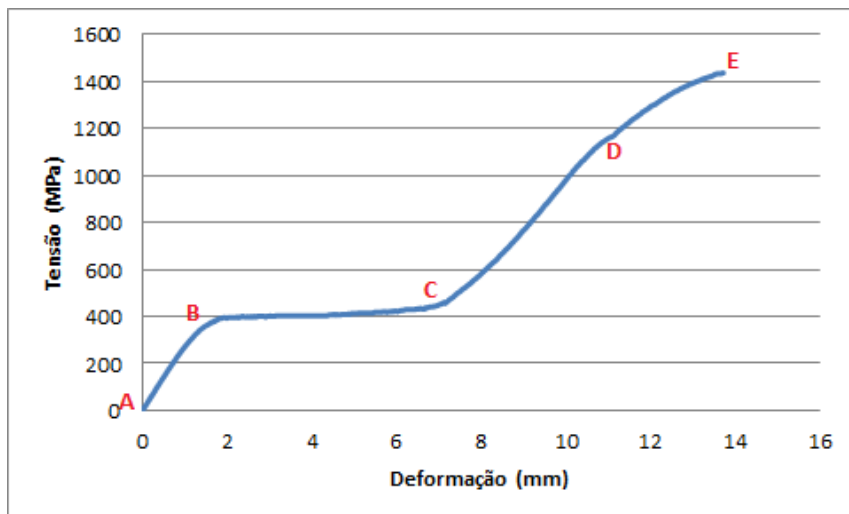


Figura 2 – Diagrama tensão-deformação para fio de NiTi

Fonte: Autoria própria (2014).

O resultado da curva de tensão-deformação do fio NiTi superelástico se comportou similarmente à literatura, como mostra o diagrama acima. Esse comportamento ocorre diferentemente do comportamento apresentado pelo ensaio de tração com o fio de aço inoxidável, devido à transformação da fase austenítica para martensítica pela tensão induzida. Assim que se aplica a tensão no fio, ocorre a deformação elástica da fase austenítica, que corresponde a parte A-B do gráfico. Ao atingir a tensão do ponto B se inicia a transformação da fase martensítica. E esta transformação se completa no ponto C. A diferença de inclinação das curvas de A-B e B-C indica a facilidade com que cada transformação acontece. Ou seja, o prosseguimento da transformação ocorre com facilidade, praticamente sem a necessidade de se aumentar. Após o ponto C, para que a deformação aumente é necessário também um aumento de tensão, ocorrendo deformação elástica da estrutura martensítica até atingir o ponto D. Após esse ponto, a tensão chega

então a um valor suficientemente alto gerando o escorregamento da martensita, deformando plasticamente e causando o decaimento da inclinação da curva até que ocorre a fratura no ponto E. (Antunes Souza, 2006, Quintão, 2001 e 2009)

Comparando os dois fios através dos seus comportamentos nos diagramas apresentados, percebe-se que os fios de aço inoxidável possuem módulo de elasticidade maior que o de NiTi, portanto, as ligas de aço inoxidável são mais rígidas (Martins, 1996). E por estes apresentarem um módulo de elasticidade alto causam forças maiores sobre o dente, podendo ser inadequadas e não suportadas pelo paciente, por causarem dores constantes.

Pode-se perceber também no gráfico que os fios de aço inoxidável possuem baixa resiliência e, portanto, esses fios armazenam pouca energia, implicando na rápida dissipação das altas forças produzidas por estes, sendo necessária a constante manutenção do aparelho ortodôntico utilizado com esse tipo de fio e um longo tempo de cadeira do paciente. (Reis, 2001)

Nota-se também que o fio de NiTi se rompe com deformação aproximada de 13 mm a uma tensão aproximada de 1500MPa, enquanto que o aço inoxidável a uma deformação e tensão, aproximadamente, de 5 mm e 200 MPa. Isto mostra que o fio de aço inoxidável gera grandes forças sobre os dentes, causando aumento da dor no paciente, e comprova a vantagem da utilização do fio de NiTi, visto que este consegue um grande aumento de deformação com níveis de tensões baixos em relação ao fio de aço inoxidável até se romper.

Para verificar a capacidade de recuperação de deformações, foram realizados, no mesmo equipamento, ensaios de carga e descarga por tração com o fio NiTi e com o fio de aço inoxidável, como pode ser visto na Fig. 3.

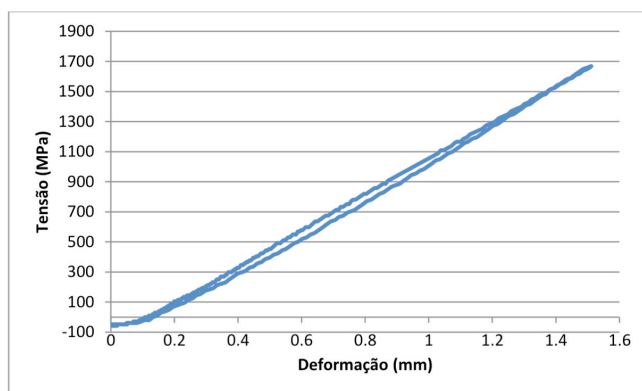


Figura 3 – Curva de carga e descarga para fio de aço inoxidável a uma deformação de 8% da deformação máxima

Fonte: Autoria própria (2014).

Observamos na Fig. 3 que curva onde a tensão é aplicada, durante a ativação do fio, é semelhante a da curva de descarregamento, na qual o fio é desativado, mostrando o comportamento elástico linear do fio.

Conforme esperando, durante a desativação do fio, onde temos o movimento dentário, a força é dissipada abruptamente de um valor extremamente alto de tensão para um valor baixo, o que gera grandes dores ao paciente, sendo uma desvantagem da utilização desse fio como fio ortodôntico. (Gurgel, Ramos e Kerr, 2001)

Na Fig. 4, temos o gráfico do comportamento do fio de aço inoxidável após ser submetido a dez carregamentos e descarregamentos. Percebe-se que este fio consegue suportar diversas aplicações e retiradas de tensão, porém acaba gerando alguma deformação residual no material, além de conseguir pouca deformação pra uma aplicação de tensão extremamente alta para o paciente suportar.

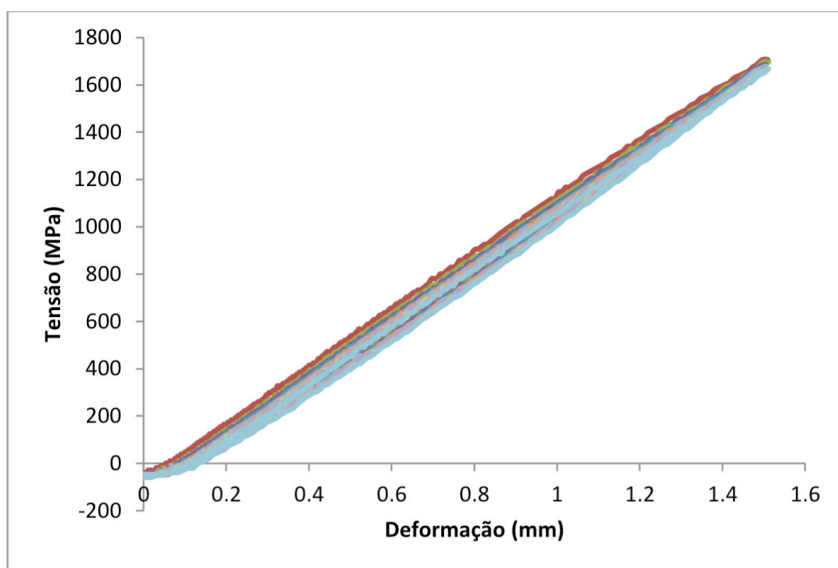


Figura 4 – Curvas de carga e descarga para dez fios de aço inoxidável sob as mesmas condições de tensão e deformação

Fonte: Autoria própria (2014).

Já para os fios de NiTi, podemos observar uma redução de força acrescido de maior deformação, como pode ser visto na Fig. 5.

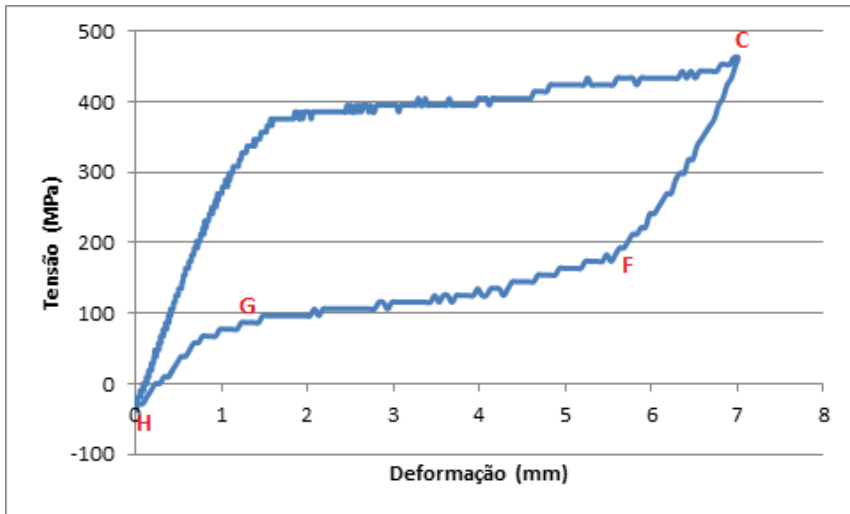


Figura 5 – Curva de carga e descarga para fio de NiTi a uma deformação de 8% da deformação máxima

Fonte: Autoria própria (2014).

O ensaio mostrado na Fig. 5 foi realizado até uma tensão máxima em que não ocorre deformação plástica da martensita. Portanto, o início do comportamento do gráfico é idêntico ao já explanado na figura x. Porém, nesse ensaio, ao se atingir uma tensão no ponto C, esta é liberada e a deformação é então recuperada em diversos estágios. Do ponto C ao ponto F ocorre um descarregamento elástico da martensita. Quando se chega então a tensão do ponto F se inicia a transformação reversa, ou seja, a fração de martensita diminui até que a fase austenítica seja completamente restaurada, no ponto G. Se a tensão diminuir abaixo do ponto G, ocorre o descarregamento elástico da austenita e a deformação causada pelo aumento de tensão é então recuperada no ponto H. (Reis, 2001; Quintão, 2001 e Ducos, 2006)

Para uma análise prévia do comportamento de fadiga dos fios de Niti, foram realizados 10 ciclos de carga-descarga e plotadas as curvas na Fig. 6.

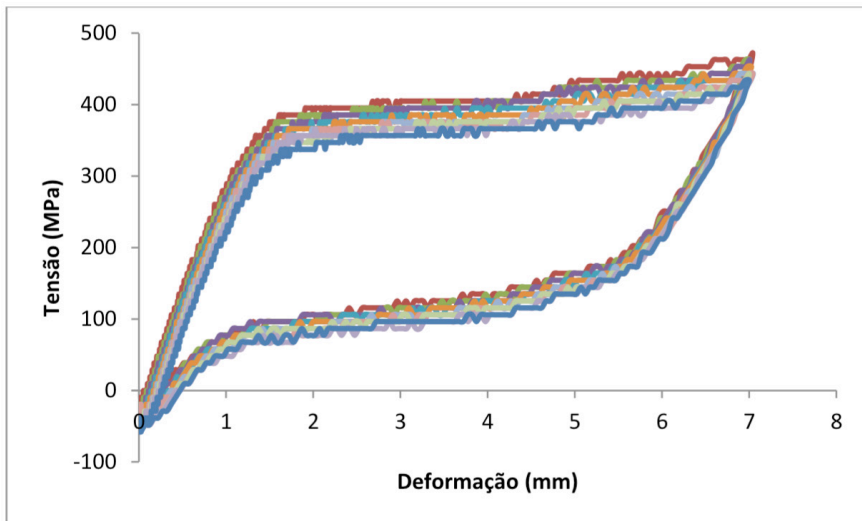


Figura 6 – Curva de carga e descarga para fios de NiTi sob as mesmas condições de tensão e deformação

Fonte: Autoria própria (2014).

Percebe-se que este fio consegue recuperar a sua forma original mesmo após diversas aplicações e retiradas de tensão, o que é extremamente favorável na Ortodontia, visto que o profissional pode fletir e defletir o fio diversas vezes sem ocasionar dano ao material. (Figueiredo, 2206)

Após análise dos gráficos, vimos que na curva tensão x deformação do fio de NiTi, em comparação ao aço inoxidável que apresenta comportamento elástico linear, não possui esse tipo de comportamento, pois a curva onde a tensão é aplicada, durante a ativação do fio, é diferente da curva de descarregamento, na qual o fio é desativado. Na desativação de um fio NiTi, a força é liberada praticamente constante e de maneira suave, diferentemente do fio de aço inoxidável, pois esse tipo de liga apresenta um alto módulo de resiliência e armazenam grande energia enquanto o fio é ativado. Essa característica do fio NiTi implica num menor tempo de cadeira do paciente e menor desconforto, já que as forças são descarregadas suavemente.

4 | CONCLUSÕES

A efetividade do movimento ortodôntico depende da ação dos fios ortodônticos e das suas propriedades mecânicas. Os fios de aço inoxidável, por um longo período de tempo, predominaram na Ortodontia, mas com o surgimento de novas ligas metálicas a escolha dos fios ortodônticos disponíveis para serem utilizados no tratamento se tornou

diversificada. Uma dessas ligas denominadas como modernas é a liga NiTi e como foi apresentado, estas possuem duas propriedades fundamentais que promovem a sua potencialidade como fio ortodôntico, o efeito memória de forma e a superelasticidade. Um fio de NiTi superelástico, como foi mostrado, foi comparado com um fio de aço inoxidável, através dos ensaios mecânicos, e o comportamento mostrado comprovou as vantagens que as propriedades do fio de NiTi propiciam, gerando um tratamento mais eficaz, encurtando o tempo de cadeira, bem como do tratamento como um todo, além de durante a ativação e desativação dos fios possuir uma grande deflexão elástica, com a dissipação de forças constantes e leves durante o tratamento por um longo período de tempo. As propriedades particulares desta liga permitem a aplicação nas várias fases do tratamento, substituindo em grande parte o uso dos fios clássicos de aço. Percebeu-se que, após o término do trabalho, que o uso dos fios de NiTi comparado aos de aço inoxidável promove um aumento no custo do tratamento, porém os benefícios desta opção, para o profissional e para o paciente, são cada vez mais claros. Portanto, o uso coerente das ligas NiTi resultam de forma eficiente para aplicação como fio ortodôntico.

AGRADECIMENTOS

Os devidos agradecimentos a UFERSA.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES SOUZA, A. C. R. **Características Estruturais e Propriedades Mecânicas de Fios Ortodônticos de Níquel-Titânio**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- DUCOS, P. C. D., **Transformações de fase em ligas de Níquel – Titânio para ortodontia**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia) – Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- FERREIRA, F. V. **Diagnóstico e Planejamento Clínico**. 7. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2008. 576 p.
- FIGUEIREDO, A. M. G. **Caracterização da fadiga mecânica de baixo ciclo em ligas superelásticas de NiTi**. 2006. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- GURGEL, J. A.; Ramos A. L.; Kerr S. D. **Fios Ortodônticos**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 6, n. 4, p. 103-114., jul./ago. 2001.
- MARTINS et al. **Utilização de Fios de Memória nas fases de Nivelamento e Fechamento de Espaço na Ortodontia Contemporânea**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Maxilar, Maringá, v. 1, n. 2, p. 78-83, nov./dez. 1996.
- MINERVO, B. **Características dos Fios de “Memória de Forma” e Aplicação clínica**. Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 5, n. 4, p. 72-76, jul./ago. 2000.

QUINTÃO, B. **Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica.** Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, Maringá, v. 14, n. 6, p. 144-157, nov./dez. 2009.

QUINTÃO et al. **Efeitos de memória de forma e de superelasticidade de fios ortodônticos.** Ortodontia Gaúcha, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 112-122, jul./dez., 2001.

REIS, P. W. **Caracterização de Ligas NiTi para Ortodontia.** 2001. 144f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES À BASE DE FÉCULA DE BATATA E AMIDO DE MILHO

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 19/10/2020

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Kristy Emanuel Silva Fontes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3191482294056161>

Mariza Cláudia Pinheiro de Assis

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3427294252115931>

Bárbara Jéssica Pinto Costa

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2011653107939973>

Dyana Alves de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

Diogo Silva de Aguiar Nobre

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte

Ricardo Alan da Silva Vieira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

Juciane Vieira de Assis

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6453039303697433>

Francisco Leonardo Gomes de Menezes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3229396868250843>

Manoel Quirino da Silva Júnior

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

Brenda Nathália Fernandes Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2772853721186171>

RESUMO: A crescente preocupação com o uso dos polímeros sintéticos provenientes do petróleo tem impulsionado as pesquisas na busca de polímeros de fontes naturais, que possam ser recicláveis e com tempo de degradação menor para as mais diversas aplicações. Os biofilmes têm sido uma alternativa para o uso dos polímeros sintéticos nas embalagens

alimentícias. O objetivo deste trabalho é desenvolver e caracterizar mecanicamente filmes à base de fécula de batata (FB) e amido de milho (AM) com variações percentuais dos componentes, mantendo a massa seca total fixa em 3% e a adição do glicerol fixa em 20% da massa seca. O método casting foi utilizado para a fabricação dos filmes e a secagem ocorreu em estufa com recirculação de ar a 50°C por 5h. A norma ASTM D-882-91 foi utilizada para as informações referentes aos corpos de prova. Foi realizado ensaio de tração nas amostras e obteve-se valores de limite de resistência a tração (LRT), alongamento na ruptura (AI) e módulo de elasticidade (ME). O filme com maior LRT e ME foi o P8, o qual apresenta 66,66% de amido de milho e 33,33% de fécula de batata. O maior alongamento foi identificado no P1, o qual possui 100% de fécula de batata. A ANOVA verificou significância entre os valores obtidos.

PALAVRAS-CHAVE: Filme, amido, propriedades mecânicas.

MECHANICAL CHARACTERIZATION OF FILMS BASED ON POTATO AND CORN STARCH

ABSTRACT: The growing concern with the use of synthetic polymers from petroleum has driven research in the search for polymers from natural sources, which can be recyclable and with less degradation time for the most diverse applications. Biofilms have been an alternative for the use of synthetic polymers in food packaging. The objective of this work is to develop and mechanically characterize films based on potato starch (FB) and corn starch (AM) with percentage variations of the components, keeping the total dry mass fixed at 3% and the addition of glycerol fixed at 20% dry mass. The casting method was used to manufacture the films and drying took place in an oven with air recirculation at 50 ° C for 5 hours. The ASTM D-882-91 standard was used for information regarding the specimens. Tensile test was carried out on the samples and obtained values of tensile strength limit (LRT), elongation at break (AI) and modulus of elasticity (ME). The film with the highest LRT and ME was P8, which has 66.66% corn starch and 33.33% potato starch. The greatest elongation was identified in P1, which has 100% potato starch. ANOVA found significance between the values obtained.

KEYWORDS: Film, starch, mechanical properties.

1 | INTRODUÇÃO

Os polímeros sintéticos têm sido a solução mais prática e econômica no ramo das embalagens alimentícias, uma vez que exibem boas propriedades mecânicas e apresentam em grande disponibilidade, além de terem um baixo custo e mostrarem boa resistência à água e gordura. Para aplicação na indústria alimentícia, os polímeros sintéticos apresentam também como vantagens a capacidade de estiramento e a transparência. (NANDI, 2018) No entanto, mesmo com todas essas vantagens, o interesse por materiais que tenham um tempo menor de degradação é crescente. (OLEYAEI, 2016) Associado a este, tem-se também o interesse por materiais que possam ser recicláveis e não agridam o meio ambiente. Dessa forma, surge o interesse por embalagens produzidas de polímeros naturais. (VIÉGAS, 2016)

Henrique (2008) define o biofilme como filme de pequena espessura oriundo de materiais biodegradáveis que atuam como barreira a elementos externos, protegendo o alimento de danos físicos e biológicos, bem como aumentando sua vida útil. O filme pode ainda, fornecer nutrientes adicionais, os quais podem agir na melhoria das características sensoriais do alimento, bem como agente antimicrobiano. (HU, 2009)

Alguns fatores influenciam diretamente o desempenho de um biofilme: a composição, o processo de formação, a aplicação, concentração das macromoléculas, tipo de suporte, condições ambientais e condições de secagem. (VIÉGAS, 2016) As blendas poliméricas, ou seja, a junção de dois ou mais polímeros com adição de um solvente e um plastificante, são uma alternativa a fim de otimizar as propriedades do biofilme, bem como compensar as propriedades baixas de um material com as características do outro. (ALMEIDA, 2013)

O amido é considerado o polímero natural mais promissor, em função de se apresentar em grande disponibilidade na natureza, é biodegradável e tem baixo custo. (DAI, 2015) É a fonte principal de armazenamento de carboidratos em plantas (BERGEL, 2018). O amido de milho tem predominado na fabricação de embalagens biodegradáveis. (LUCHESE, 2017) Porém, o amido apresenta a desvantagem de ser um material com baixas propriedades mecânicas, além de ter um caráter bastante hidrofílico. (ALMASI, 2011)

O amido pode ser processado tendo sua estrutura granular quebrada através de meios mecânicos e energia na presença de água e plastificante. (REN, 2017) É composto de amilose e amilopectina. A amilopectina apresenta como características alta ramificação e alto peso molecular e a amilose possui principalmente moléculas lineares e médio peso molecular. O alto teor de amilose implica em excelente desempenho mecânico. Cada tipo de amido tem sua concentração específica de amilose. A amilose tem propriedades gelificantes mais fortes que a amilopectina, já que suas moléculas lineares formam ligações de hidrogênio. (WANG, 2017)

O fósforo presente na amilopectina da fécula de batata tem carga negativa e repulsiva, o que pode causar o inchaço dos grânulos da fécula de batata na presença de água quente, além de alta viscosidade e transparência. (NAFCHI, 2014) As proteínas da batata, quando comparadas com proteínas de outros vegetais, além de apresentarem alto valor nutricional, exibem também boas propriedades gelificantes. (REINELT, 2018)

Os filmes a base de amido necessitam da adição de plastificantes a fim de melhorar suas propriedades físico-químicas e mecânicas, já que este tipo de filme possui caráter hidrofílico e propriedades mecânicas pobres em relação aos filmes de polímeros sintéticos. (DAI, 2015) O glicerol é o plastificante mais utilizado, uma vez que ganha acesso com facilidade entre as ligações de hidrogênio das cadeias polissacarídeas, aumentando o espaçamento intermolecular, o que faz com que cresça o valor da elasticidade do filme. (LI, 2015)

O método casting é a prática laboral mais utilizada para a fabricação de filmes biodegradáveis. Essa técnica se baseia no espalhamento da solução em uma placa de

vidro. A secagem pode ocorrer de forma natural ou pode ser acelerada por aquecimento em estufa. (VIÉGAS, 2016)

Na avaliação de propriedades como uniformidade do filme, reptibilidade das medidas de suas propriedades e validade da comparação entre filmes é relevante a análise da espessura dos filmes. O controle dessa propriedade não é fácil. Com o conhecimento da espessura do material é possível obter informações a respeito das propriedades de barreira aos gases e ao vapor d'água, bem como propriedades mecânicas. (HENRIQUE, 2008)

O objetivo deste trabalho é desenvolver e caracterizar mecanicamente filmes a base de fécula de batata e amido de milho variando suas concentrações, porém mantendo fixa a massa seca total em 3%. O plastificante é o glicerol. Os ensaios de tração disponibilizam análise de limite de resistência a tração, alongamento na ruptura e módulo de elasticidade.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A fécula de batata utilizada para a fabricação dos biofilmes foi fornecida pela empresa Kouzina Alimentos Saudáveis (Brasil), o amido de milho foi oriundo da fabricante 3 Corações Alimentos SA e o glicerol bidestilado P.A., da empresa Dinâmica- Química Contemporânea Ltda.

Foram realizados 10 experimentos diversificando a concentração da fécula de batata e do amido de milho, mantendo-se constante a concentração de glicerol como 20% da massa seca. Então, as variáveis independentes são a fécula de batata (FB) e o amido de milho (AM). As análises realizadas nos filmes foram propriedades mecânicas, onde foram avaliadas as variáveis dependentes: limite de resistência a tração (LRT), alongamento na ruptura (AI) e módulo de elasticidade (ME). A Tabela 1 mostra as variações de concentrações das variáveis independentes para a fabricação dos filmes.

Variação dos componentes			
	FB (%)	AM (%)	Glicerol
1	100	0	20%M.S
2	0	100	20%M.S
3	50	50	20%M.S
4	50	50	20%M.S
5	50	50	20%M.S
6	50	50	20%M.S
7	66,66	33,33	20%M.S
8	33,33	66,66	20%M.S
9	16,66	83,33	20%M.S
10	83,33	16,66	20%M.S

Tabela 1 - Composição dos filmes

Fonte: Autoria própria, 2019.

O método utilizado para a fabricação dos filmes foi o método *casting*, utilizando 3% de massa seca e 20% de plastificante. Os componentes foram pesados em uma balança analítica de precisão digital (AY220 da Marte) com resolução de 0,0001g no Laboratório de Processos Químicos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Foram feitas as misturas puras de fécula de batata, glicerol e água destilada e amido de milho, glicerol e água destilada, correspondentes aos pontos 1 e 2 da Tabela 1, respectivamente. O laboratório apresenta temperatura média de 25°C e umidade relativa de aproximadamente 50%.

As misturas puras de fécula de batata e de amido de milho foram colocadas sob agitação constante em um agitador magnético com aquecimento (Ref. 752^a da Fisatom), ambas por 40 minutos a 90°C.

As soluções foram colocadas em bandejas e acrílico 15 cm x 15 cm e foram submetidas à desidratação forçada em estufa com recirculação de ar (TE-394/1 da TECNAL) do Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido com temperatura de 50°C por 5h.

Após a secagem, obteve-se dos filmes corpos de prova com dimensões 100mm x 20mm, baseado na norma ASTM D 882-91.

Os corpos de prova foram então, submetidos a ensaio de tração na máquina de ensaios universal (DL 10000 da EMIC) do Laboratório de Ensaios Mecânicos da Universidade Federal do Semi-Árido, com uma célula de carga de 5KN e velocidade de ensaio de 5 mm/min. Foram gerados gráficos tensão-deformação para posterior avaliação dos valores correspondentes ao limite de resistência a tração (LRT), alongamento na ruptura (AL) e módulo de elasticidade (ME).

Obtidos os dados na análise mecânica dos filmes, os valores foram submetidos a um teste de variância ANOVA, bem como teste F objetivando a verificação dos modelos em relação à significância com $p < 0,05$. O software utilizado foi o Excel[®].

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As propriedades mecânicas de filmes de amido são normalmente obtidas através de ensaios de perfuração, tração ou relaxação. O ensaio de tração é o mais relatado, sendo capaz de oferecer dados da resistência do material ao alongamento e ao rompimento quando submetido ao esforço de tração. (MALI, 2010) A metodologia para análise das propriedades mecânicas dos filmes com espessura inferior a 1mm foi baseada na norma ASTM D-882-91. (OLIVEIRA et al, 1996)

A formulação e o processo de obtenção do filme são fatores que influenciam diretamente nas propriedades mecânicas. (MALI, 2010) Logo, as formulações apresentadas na Tabela 1 estão diretamente ligados aos valores das propriedades mecânicas mais comumente apresentadas (LRT, AL, ME) em literatura. A Tabela 2 exibe as médias de cada

mistura (P1 – P10) para limite de resistência a tração, alongamento na ruptura e módulo de elasticidade.

	LRT (MPa)	AI (%)	ME (MPa)
P1	6,06241 ± 2,322	9,1533 ± 0,075	119,4388 ± 104,378
P2	7,086437 ± 2,22	3,0094 ± 0,003	302,8144 ± 25,894
P3	8,027961 ± 9,07	5,3862 ± 0,029	290,058 ± 236,481
P4	4,506206 ± 2,807	4,5837 ± 0,064	274,7812 ± 263,408
P5	4,692655 ± 4,129	3,0953 ± 0,045	271,085 ± 197,542
P6	11,03688 ± 6,653	4,2333 ± 0,033	328,4423 ± 222,739
P7	13,61697 ± 7,014	4,5748 ± 0,016	346,3823 ± 185,175
P8	15,09862 ± 12,561	3,6554 ± 0,022	403,036 ± 183,083
P9	8,446204 ± 5,929	4,3356 ± 0,014	372,7029 ± 185,255
P10	3,68615 ± 1,867	6,221 ± 0,067	163,5683 ± 190,636

Tabela 2 - Médias das propriedades mecânicas

Fonte: Autoria própria, 2019.

Conforme Henrique (2008), o que determina o comportamento do amido são as mudanças que ocorrem nos grânulos durante a gelatinização e a retrogradação. Já Viégas (2016), afirma que a capacidade geleificante é influenciada pela quantidade de amilose e amilopectina e Bobio e Bobio (2003) apresenta o amido de milho com 25% de amilose e a fécula de batata com 18%. Não é uma diferença tão grande, porém justifica as relações dos LRT dos pontos P9 com P10, P8 com P7 e P2 com P1, onde os primeiros são misturas em que o amido de milho tem maior concentração em relação à fécula de batata, quando comparados com os segundos.

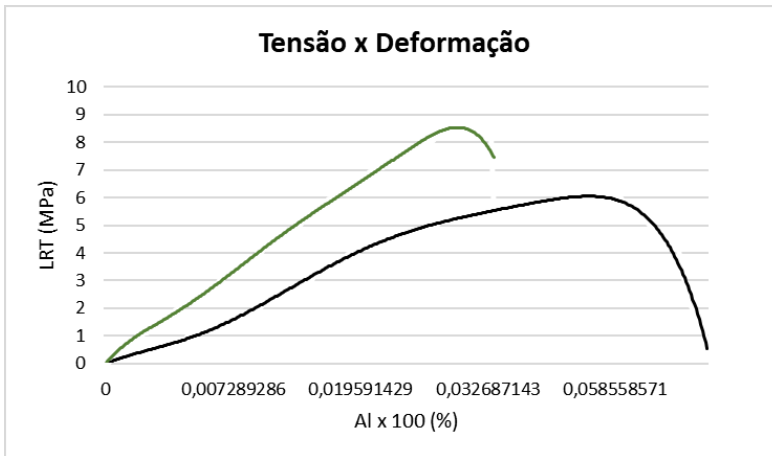
A duração da tensão aplicada no filme em forma de embalagem, a temperatura a que está submetido e a carga aplicada são fatores que influenciam no desempenho do material e podem ser avaliados pelas propriedades mecânicas apresentadas na Tabela 2. Dependendo desses valores os materiais podem falhar em uso. (HERNIOU-JULIEN, 2019) Em relação a carga que vai ser aplicada pôde-se perceber uma maior resistência dos filmes com maiores concentrações de amido de milho. O maior LRT foi registrado no ponto 8 (66,66% de AM e 33,33% de FB). Mali (2006) exhibe em seu trabalho valores de LRT e ME condizentes com os apresentados na Tabela 2 para filmes de amido de milho com adição de 20% de glicerol. Esses resultados são justificados em função das cadeias lineares de amilose apresentarem alta tendência de interação através de ligações de hidrogênio e, conseqüentemente, os filmes de amido de milho (com maior teor de amilose) são mais rígidos e fortes.

Em relação a baixa porcentagem de alongamento dos filmes de amido de milho em relação aos de fécula de batata, Ortega-Toro (2014) apresenta valores semelhantes e justifica tal fato pela interação entre o glicerol e o amido. A adição do glicerol acarreta a diminuição dos valores de alongamento. O fato de os filmes com maior concentração de fécula de batata em relação ao amido de milho apresentam maior alongamento no ruptura podem ser identificados na comparação de P1 com P2, de P7 com P8 e de P10 com P9. Reinelt (2018) mostra em seu trabalho que corpos de prova de fécula de batata com adição de 20% de glicerol tem alongamento de 10,5%, valor bem próximo do apresentado na Tabela 2 deste trabalho.

Torabi (2013) afirma que a relação entre o alongamento na ruptura e o limite de resistência a tração é inversamente proporcional e a relação entre o módulo de elasticidade e o limite de resistência a tração é direta. Define também o módulo de elasticidade como a medida da rigidez do material. A Tabela 2 apresenta valores condizentes as relações apresentadas por Torabi (2013), perceptível no ponto 8, o qual exibe maior limite de resistência a tração e maior módulo de elasticidade e nos pontos 1 e 2 (misturas puras de fécula de batata e amido de milho, respectivamente), onde os alongamentos e os módulos de resistência a tração se apresentam de forma inversa.

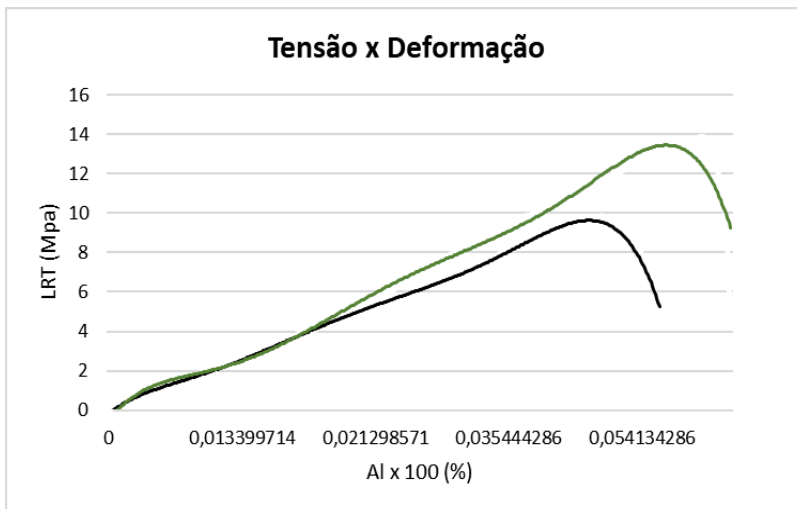
Nandi (2018) e Torabi (2013) apresentam a queda do limite de resistência a tração e do módulo de elasticidade em função do aumento do plastificante. Nandi (2018) mostra em forma de superfície de resposta valores próximos aos apresentados na Tabela 2 deste trabalho para o limite de resistência a tração de filmes de fécula de batata com adição de 20% de glicerol (cerca de 6MPa). Nafchi (2014) exibe para filmes de fécula de batata valores de limite de resistência a tração e módulo de elasticidade próximos dos apresentados na Tabela 2 deste trabalho. Talja (2007) analisou em seu trabalho a influência da variação da concentração e do tipo do plastificante, bem como da umidade relativa do ambiente para filmes de fécula de batata. Para filmes com adição de 20% de glicerol e ambiente com umidade relativa de 54% (condições próximas das deste trabalho) foi exibido um alongamento entre 8 e 9%, condizente com a Tabela 2.

O Gráfico 1 apresenta as curvas tensão-deformação dos pontos 1 e 2. O Gráfico 2, as curvas dos pontos 7 e 8. E o Gráfico 3, as curvas dos pontos 9 e 10.



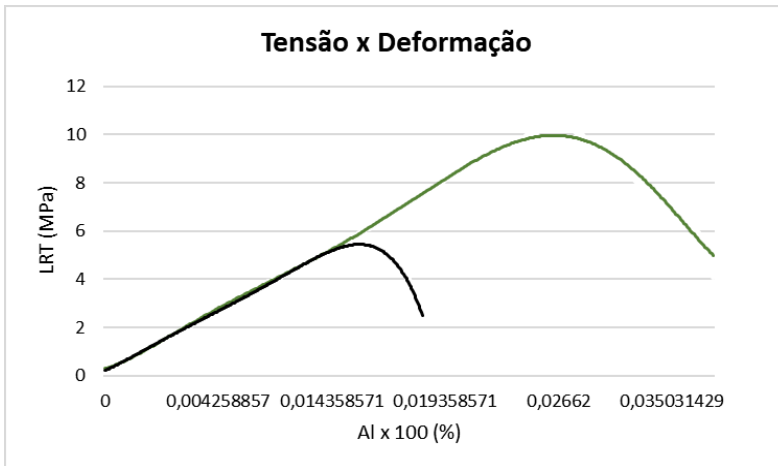
O Gráfico 1- curvas tensão-deformação dos pontos P1 e P2.

Fonte: Autoria Própria, 2019.



O Gráfico 2- Curvas tensão-deformação dos pontos P7 e P8.

Fonte: Autoria Própria, 2019.



O Gráfico 2- Curvas tensão-deformação dos pontos P9 e P10.

Fonte: Aatoria Própria, 2019.

Foi realizada uma análise estatística ANOVA ($p < 0,05$) para os resultados encontrados e foi possível verificar o valor de p inferior em todos os casos, bem como o valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$, o que representa uma conclusão de que os valores obtidos foram estatisticamente significativos.

4 | CONCLUSÕES

Após desenvolvimento de filmes à base de fécula de batata e amido de milho com variação de concentrações das variáveis independentes, conforme a Tabela 1, considerando a adição do plastificante fixa em 20%, foram realizadas análises de propriedades mecânicas como LRT, AL e ME através de ensaios de tração. Posteriormente, foi feita análise estatística ANOVA. O ponto que apresentou melhor limite de resistência a tração foi o P8 (15,09 MPa), em que tem-se 66,66% de amido de milho e 33,33% de fécula de batata. Como o LRT e o ME são propriedades com relação direta o P8 também apresentou o melhor módulo de elasticidade (403,03 MPa). Já o ponto que apresentou maior resultado para o alongamento na ruptura foi o P1, em que tem-se 100% de fécula de batata, justificado pelo fato do plastificante ter mais acesso as cadeias do amido e diminuïrem o alongamento deste.

Com os resultados obtidos, a análise estatística comprovou haver significância entre os valores.

REFERÊNCIAS

- ALMASI, H. et al. Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. **Industrial Crops and Products**. v. 33, p. 229-235, 2011.
- ALMEIDA, D. M. et al. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formado por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. **Polímeros**. V. 23, n. 4, p. 538-546, 2013.
- BERGEL, B. F. et al. Effects of hydrophobized starches on thermoplastic starch foams made from potato starch. **Carbohydrate Polymers**. v. 200, p. 106-114, 2018.
- DAI, L. et al. Characterization of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. **Food Chemistry**. v. 174, p. 82-88, 2015.
- HENRIQUE, C. M. et al. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 38, n. 1, p. 231-240, 2008.
- HERNIOU-JULIEN, C. et al. Characterization of biodegradable/non-compostable films made from cellulose acetate/corn starch blends processed under reactive extrusion. **Food Hydrocolloids**. v. 89, p. 67-79, 2019.
- HU, G. et al. Preparation and characteristics of oxidized potato starch films. **Carbohydrate Polymers**. v. 76, p. 291-298, 2009.
- LI, J. et al. effects of octenylsuccination on physical, mechanical and moisture-proof properties of stretchable sweet potato film. **Food Hydrocolloids**. v. 46, p. 226-232, 2015.
- LUCHESE, C. L. et al. Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. **Industrial Crops & Products**. v. 109, p. 619-626, 2017.
- MALI, S. et al. Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. **Journal of Food Engineering**. v. 75, p.453-460, 2006.
- MALI, S. et al. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.
- NAFCHI, A. M. et al. Preparation and characterization of bionanocomposite films based on potato starch/halloysite nanoclay. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 67, p. 458-462, 2014.
- NANDI, S. et al. Modelling the effect of guar gum on physical, optical, barrier and mechanical properties of potato starch based composite film. **Carbohydrate Polymers**. v. 200, p. 498-507, 2018.
- OLEYAEI, S. A. et al. Synergistic reinforcing effect of TiO₂ and montmorillonite on potato starch nanocomposite films: thermal, mechanical and barrier properties. **Carbohydrate Polymers**. v. 152, p. 253-262, 2016.
- ORTEGA-TORO, R. et al. Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films. **Food Hydrocolloids**. v. 38, p. 66-75, 2014.

REINELT, M. et al. Mechanical and barrier properties of potato protein isolate-based films. **Coatings**. v. 8, n. 58, 2018.

REN, L. et al. Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 105, p. 1636-1643, 2017.

TALJA, R. A. et al. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. **Carbohydrate Polymers**. v. 67, p. 288-295, 2007.

TORABI, Z. et al. The effect of SiO₂ nanoparticles on mechanical and physicochemical properties of potato starch films. **Journal of Chemical Health Risks**. v. 3, n. 1, p. 33-42, 2013.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos**. 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2016.

WANG, K. et al. Mechanical properties and solubility in water of corn starch-collagen composite films: effect of starch type and concentrations. **Food Chemistry**. v. 216, p. 209-216, 2016.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BIOFILMES PRODUZIDOS A PARTIR DE FÉCULA DE MANDIOCA E FÉCULA DE BATATA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 19/10/2020

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Kristy Emanuel Silva Fontes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3191482294056161>

Mariza Cláudia Pinheiro de Assis

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3427294252115931>

Bárbara Jéssica Pinto Costa

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2011653107939973>

Dyana Alves de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

Diogo Silva de Aguiar Nobre

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte

Ricardo Alan da Silva Vieira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

Juciane Vieira de Assis

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6453039303697433>

Francisco Leonardo Gomes de Menezes

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3229396868250843>

Manoel Quirino da Silva Júnior

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

Brenda Nathália Fernandes Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2772853721186171>

RESUMO: Devido o grande aumento da procura por produtos biodegradáveis e a grande preocupação com os transtornos ambientais e a saúde humana causados pela presença de microplásticos no ambiente, tornou-se válido a procura por materiais de origem biodegradável. Esse trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de biofilmes

constituídos por fécula de batata e mandioca. A composição é feita a partir da variação da concentração de fécula de batata e fécula de mandioca, com o glicerol fixo, onde são obtidos filmes homogêneos a partir do método de *casting*. Foi observado que limite de resistência a tração é menor no filme constituído por apenas fécula de batata e o maior valor do limite de resistência a tração no filme constituído por 66,66% de fécula de batata e 33,34% de fécula de mandioca. Em contrapartida o maior alongamento está presente no filme com 100% fécula de batata.

PALAVRAS-CHAVES: Biofilmes, fécula de batata, fécula de mandioca, propriedades mecânicas.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF BIOFILMS PRODUCED FROM CASSAVA AND POTATO FULAULA

ABSTRACT: The great increase in the demand for biodegradable products and the great concern with environmental disorders and human health caused by the presence of microplastics in the environment, the search for materials of biodegradable origin became valid. This work aims to evaluate the mechanical properties of biofilms consisting of potato and cassava starch. The composition is made from the variation of the concentration of potato starch and cassava starch, with the fixed glycerol, where homogeneous films are obtained from the casting method. It was observed that the tensile strength limit is lower in the film consisting of only potato starch and the higher value of the tensile strength limit in the film consisting of 66.66% potato starch and 33.34% cassava starch. In contrast, the greatest elongation is present in the film with 100% potato starch.

KEYWORDS: Biofilms, potato starch, cassava starch, mechanical properties.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, a busca por produtos que sejam recicláveis, biodegradável e que não agrida ao meio ambiente é constante. Diante de todos os problemas ambientais causados pela utilização de produtos provenientes de combustíveis fósseis. Os plásticos, por exemplo, tem uma larga escala de utilização nos mais diversos produtos, estes plásticos ao ser jogado fora passam décadas para se degradar totalmente, ou seja, ao longo de desse processo surge os microplásticos (COLE *et al.*,2011; DUISet *al.*, 2016).

Os microplásticos possuem dimensões inferiores a 5 mm são provenientes da degradação dos plásticos. São partículas presente no ambiente que podem causar grandes danos ambiental, onde os problemas vão desde os danos marinhos até a presença na corrente sanguínea podendo causar câncer (GUZZETTI *et al.*, 2018; LU *et al.*, 2019; PRATA, 2018). Os microplásticos estão presentes na água, tanto de rios, lagos, mares e estação de tratamento de água. (ENFRIN *et al.*, 2019).

Os microplásticos podem ser de várias dimensões, cores, composição e densidades. Vários impactos ambientais são relatados com a presença desse tipo de material no meio ambiente, tanto devido a ingestão pelos animais aquáticos causando problemas intestinais, respiratórios e outros; além da concentração de microplástico que causa dificuldade de

incidência de luz solar dificultando a fotossíntese dos seres vivos matinhos (PRATA, 2018; GUZZETTI et al., 2018; LU et al., 2019).

Com isso, vários estudos estão direcionados na busca por materiais alternativos que tenham propriedades próximas aos materiais sintéticos, alguns materiais como amido, celulose, soja, fibras naturais e entre outros (LOMELÍ-RAMÍREZ *et al.*, 2014). Dentre esses, o amido é uma matéria-prima promissora devido ser barata, abundante e biodegradável. O amido pode ser produzido a partir de batata, mandioca, inhame, arroz, milho e entre outros (OLUWASINA et al., 2019). A composição do amido é variável de acordo com a origem botânica, sua granulometria é composta por amilose e amilopectina, onde uma grande concentração de amilose melhora a característica na formação de filmes (CABALLERO et al., 2015).

O presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização de filmes compostos por fécula de batata e fécula de mandioca para um estudo de propriedades mecânicas. A escolha dessas matérias-primas é devido a sua abundância na região do semi árido e na possibilidade de desenvolvimento de tecnologias bem aplicadas e adaptadas à realidade da região.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho foram a fécula de mandioca tipo I da empresa Alimentos Lopes (Brasil), a fécula de batata oriunda em presa Kouzina Alimentos Saudáveis (Brasil) e o glicerina bidestilada P.A da empresa Dinâmica- Química Contemporânea Ltda.

Foi realizado um planejamento experimental onde foram feitos 10 experimentos, a fim de obter as propriedades mecânicas. As variáveis independentes determinadas são fécula de batata (FB) e fécula de mandioca (FM), onde a quantidade do plastificante foi constante em todos os experimentos. As variáveis dependentes são o limite de resistência a tração (LRT), alongamento na ruptura (AL) e módulo de elasticidade (ME). O plano de trabalho com os valores de cada experimento pode ser observado na Tabela 1.

COMPOSIÇÃO PERCENTIL DOS FILMES

	F. Batata	F. Mandioca	Glicerol
1	100	0	20%M.S
2	0	100	20%M.S
3	50	50	20%M.S
4	50	50	20%M.S
5	50	50	20%M.S
6	50	50	20%M.S
7	66,66	33,33	20%M.S
8	33,33	66,66	20%M.S

9	16,66	83,33	20%M.S
10	83,33	16,66	20%M.S

Tabela 1- Composição em percentil dos filmes

Fonte: Autoria própria, 2019

Para realização da preparação dos filmes foi determinado o método, que neste caso foi o *casting*, onde é utilizado 3% de matéria seca. Inicialmente, os materiais foram pesados em uma balança analítica de precisão digital (AY220 da Marte) com resolução de 0,0001g no Laboratório de Processos Químicos da Universidade Federal Rural do Semi- Árido.

Iniciando o processo de produção dos filmes, primeiramente foi produzida a mistura pura de cada componente. Onde, a fécula de batata foi adicionada com o glicerol e água destilada e misturado sob agitação constante em um agitador magnético com aquecimento (Ref. 752ª da Fisatom), ambas por aproximadamente 40 minutos em um banho térmico com temperatura aproximada a 90° C, até completam gelatinização das féculas.

Com as misturas puras prontas foram medidas as composições de cada mistura, de acordo com a Tabela 1, com auxílio de proveta graduada. Em seguida as misturas foram depositadas em bandejas de acrílico (15 mm por 15 mm) e levadas para secagem em estufa com renovação de ar (TE-394/1 da TECNAL) do Laboratório de Análise Química da UFERSA a uma temperatura de 50° C por 06 horas.

Após a secagem, os corpos de provas foram feitos a partir de cada experimento. Obtidos os corpos de prova foi realizada a medição da espessura com um micrometro digital da EDA com resolução de 0,001 mm. As medidas foram obtidas de maneira aleatória em cinco pontos distintos, então, é retirada a média desses valores para que fossem utilizados na determinação das propriedades mecânicas do material.

Os ensaios mecânicos seguem a norma ASTM D3039M em que cada corpo prova deve ter as dimensões de 20 mm por 100 mm. O ensaio foi realizado com uma máquina universal de ensaios (DL 10000 da EMIC) do Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFERSA, com uma célula de carga de 5 kN, velocidade do ensaio de 5 mm/min e em uma temperatura de 24 °C. Cada experimento possui 5 corpos de prova, totalizando 50 corpos de provas.

A partir dos dados obtidos foram analisados utilizando o software Excel®, onde é realizado uma análise estatística, a análise de variância (ANOVA) e o teste F com a finalidade de verificar se os modelos foram estatisticamente significativos com $p < 0,05$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 podem ser observados os valores médios das propriedades mecânicas de cada experimento: limite de resistência à tração (LRT), módulo de elasticidade (ME) e alongamento na ruptura (AI).

EXPERIMENTO	LRT(MPA)	ME (MPA)	AL (%)
1	5,668 ± 1,754	404,696 ± 214,591	4,84 ± 3,894
2	4,205 ± 2,521	572,159 ± 363,392	2,03 ± 1,265
3	13,731 ± 4,619	293,285 ± 40,096	4,20 ± 1,935
4	5,761 ± 3,318	459,867 ± 141,954	1,71 ± 1,278
5	12,915 ± 8,232	658,533 ± 337,798	2,15 ± 1,329
6	12,761 ± 3,292	327,183 ± 158,348	4,56 ± 1,912
7	17,601 ± 4,126	396,560 ± 117,505	4,25 ± 1,569
8	13,744 ± 4,819	283,805 ± 66,202	3,43 ± 0,598
9	12,346 ± 3,409	348,056 ± 156,561	4,53 ± 1,476
10	10,531 ± 10,688	506,399 ± 166,703	2,18 ± 2,121

Tabela 2- Valores médios do limite de resistência à tração (LRT), módulo de elasticidade (ME) e alongamento na ruptura (AI)

Fonte: Autoria própria, 2019

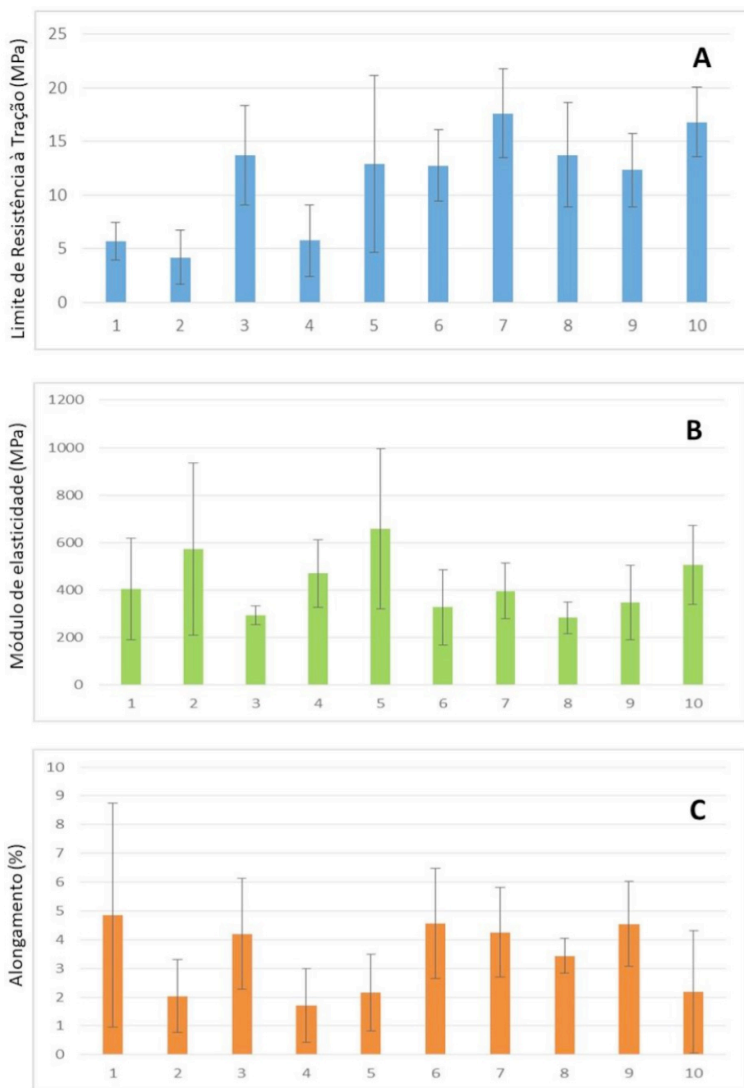


Figura 1- Propriedades mecânicas dos filmes de amido estudados. a) limite de resistência à tração; b) módulo de elasticidade; c) alongamento na ruptura.

Fonte: Autoria própria, 2019

Quanto ao LRT, pode-se observar (Fig. 1a) que o maior valor médio foi de 17,601 MPa, referente ao ponto 7 onde 66,66% de fécula de batata e 33,34 % de fécula de mandioca, em contrapartida o menor valor foi de 4,205 MPa do experimento composto apenas por fécula de mandioca. Alguns outros pesquisadores declaram que a presença de amilose parece afetar o comportamento dos filmes (TALJA *et al.*, 2007; CANO *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2019). Os resultados obtidos revelam que a quantidade menor de amilose e

maiores valores de amilopectina levando a filmes menos resistentes, conclusão encontrada semelhante na literatura (DOMENE-LÓPEZ *et al.*, 2019; TAVARES *et al.*, 2019).

Com relação ao ME, o maior valor médio é encontrado no experimento 5 onde o valor observado é 658, 533 MPa com a composição de 50% fécula de batata e 50% fécula de mandioca, e o menor valor médio está no ponto 8 no valor de 283,805 MPa com composição de 33,34% de fécula de batata e 66,66% de fécula de mandioca, como mostra a Figura 1b. Ahmed (2016) relata que o efeito do plastificante interfere na cadeia polimérica, ocorrendo assim a diminuição das forças intermoleculares implicando em uma rigidez reduzida do filme e aumento da mobilidade do polímero, neste caso é observado valores altos de módulo de elasticidade.

O AI teve como valor máximo médio de 4,84% no biofilme com presença apenas de fécula de batata. O valor mínimo médio é observado no biofilme no ponto 4 onde existem 50% de fécula de batata e 50% de fécula de mandioca com 1,71%, observado na Figura 1c. Esse comportamento está intrínseco a plasticidade do material, de acordo com Suderman (2018), o alongamento de um filme um filme pode ser alcançado com a mistura de um polímero com baixo peso molecular ou com outro polímero que reduza a cristalização, como neste caso ambos pertencem a mesma classe de polímero, não houve essa maior flexibilidade, além de que a presença da quantidade de glicerol pode ter feito o efeito contrário deixando o filme com menos alongamento.

Foi realizada uma ANOVA ($p < 0,05$) para as respostas obtidas, onde em todos os pontos o valor de p foi inferior, além do valor de $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$ em todos os pontos, podendo assim considerar que os valores foram estatisticamente significativos.

4 | CONCLUSÕES

Neste estudo, foram utilizadas diferentes composições de filmes a partir da fécula de batata e fécula de mandioca com o plastificante invariável, obtendo filmes homogêneos. Onde, foram estudadas as propriedades mecânicas dos filmes, entre elas, LRT, ME e AI, encontrados a partir do ensaio de tração. Na caracterização foi possível observar que o LRT é inferior quando o filme possui apenas fécula de batata na composição, porém ao adicionar a fécula de mandioca pode observar um pequeno aumento. Já o ME é alterado de acordo com a adição de fécula de batata, observando que o ME apenas de fécula de mandioca é superior que o apenas de fécula de batata. O alongamento teve um ponto inferior no experimento é 50%-50%, e o maior alongamento está presente no experimento apenas de fécula e batata.

AGRADECIMENTOS

Os devidos agradecimentos a UFERSA.

REFERÊNCIAS

AHMED, S., & IKRAM, S. **Chitosan and gelatin based biodegradable packaging films with UV-light protection.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 163, 115–124, 2016.

CANO, A., JIMÉNEZ, A., CHÁFER, M., GÓNZALEZ, C., & CHIRALT, A. **Effect of amylose:amylopectin ratio and rice bran addition on starch films properties.** *Carbohydrate Polymers*, 111, 543–555. 2014.

COLE M., LINDEQUE P., HALSBAND C., AND GALLOWAY T.S.. **Microplastics as contaminants in the marine environment: a review.** *Mar. Pollut. Bull.* 62 (12), 2588-2597. 2011.

DOMENE-LÓPEZ, D., DELGADO-MARÍN, J. J., MARTIN-GULLON, I., GARCÍA-QUESADA, J. C., & MONTALBÁN, M. G. . **Comparative study on properties of starch films obtained from potato, corn and wheat using 1-ethyl-3-methylimidazolium acetate as plasticizer.** *International Journal of Biological Macromolecules*. 135. 845-854. 2019

DUIS, K., COORS, A.. **Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects.** *Environ. Sci. Eur.* 2016.

ENFRIN, M., DUMÉE, L. F., & LEE, J.. **Nano/microplastics in water and wastewater treatment processes – Origin, impact and potential solutions.** *Water Research*. 2019.

GUZZETTI, E., SUREDA, A., TEJADA, S., & FAGGIO, C.. **Microplastic in Marine Organism: Environmental and Toxicological Effects.** *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 64, 164-171. 2018.

LOMELÍ-RAMÍREZ, M. G., KESTUR, S. G., MANRÍQUEZ-GONZÁLEZ, R., IWAKIRI, S., DE MUNIZ, G. B., & FLORES-SAHAGUN, T. S. **Bio-composites of cassava starch-green coconut fiber: Part II—Structure and properties.** *Carbohydrate Polymers*, 102, 576–583, 2014.

LU, L., LUO, T., ZHAO, Y., CAI, C., FU, Z., & JIN, Y. **Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health.** *Science of The Total Environment*, 667, 94–100. 2019.

OLUWASINA, O. O., OLALEYE, F. K., OLUSEGUN, S. J., OLUWASINA, O. O., & MOHALLEM, N. D. S.. **Influence of oxidized starch on physicomachanical, thermal properties, and atomic force micrographs of cassava starch bioplastic film.** *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 282–293. 2019.

PRATA, J. C.. **Airborne microplastics: Consequences to human health?** *Environmental Pollution*, 234, 115–126. 2018

SUDERMAN, N., ISA, M. I. N., & SARBON, N. M. **The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review.** *Food Bioscience*, 24, 111–119, 2018.

TALJA, R. A., HELÉN, H., ROOS, Y. H., & JOUPPIA, K.. **Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films.** Carbohydrate Polymers, 67(3), 288–295. 2007

TAVARES, K. M., DE CAMPOS, A., MITSUYUKI, M. C., LUCHESI, B. R., & MARCONCINI, J. M.. **Corn and Cassava Starch with Carboxymethyl Cellulose Films and its Mechanical and Hydrophobic Properties.** Carbohydrate Polymers, 115055. 2019.

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE FIOS ORTODÔNTICOS DA LIGA NITI COM EFM

Data de aceite: 01/12/2020

Manoel Quirino da Silva Júnior

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/0442576277649249>

Áleft Verlanger Rocha Gomes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6746912480900237>

Francielle Cristine Pereira Gonçalves

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5554547181776481>

Dyana Alves de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1596824210042761>

Ricardo Alan da Silva Vieira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1002913847003255>

Brenda Nathália Fernandes Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2772853721186171>

Juciane Vieira de Assis

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6453039303697433>

Mariza Cláudia Pinheiro de Assis

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/3427294252115931>

Bárbara Jéssica Pinto Costa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/2011653107939973>

Diogo Silva de Aguiar Nobre

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró, Rio Grande do Norte

RESUMO: Tendo em vista que as ligas do sistema NiTi aplicadas em fios ortodônticos reduzem eficazmente o tempo para tratamentos dentários com uso de aparelhos ortodônticos, assim como proporciona um menor desconforto ao paciente, o presente trabalho tem o intuito de estudar o comportamento da curva tensão-deformação de fios da liga NiTi passível do efeito memória de forma submetidos a ensaio de tração e ciclagem termomecânica. Os fios ortodônticos intraorais superelásticos foram submetidos a ensaios de tração estáticos e cíclicos de carga e descarga com temperatura variada por meio de um soprador térmico. Foi constatado por

meio da análise das curvas obtidas nos ensaios de tração que as tensões aplicadas são contínuas, exibindo grandes deformações elásticas, o que permite um maior ajuste do fio em relação aos braquetes, sem variação da tensão. Por meio da análise das curvas obtidas pelos ensaios de ciclagem termomecânica, pode-se constatar o efeito da superelasticidade, no qual o fio recupera a sua forma original, apesar de ter sido submetido a vários ensaios de carregamento e descarregamento, o que permite uma maior deflexão do fio, sem que ocorram deformações permanentes.

PALAVRAS-CHAVE: Ligas NiTi, Efeito memória de forma e Superelasticidade

EVALUATION OF THE STRESS-STRAIN CURVE WIRE ORTHODONTIC SMA NITI

ABSTRACT: Considering that the NiTi alloys system applied in orthodontic wires effectively reduce the time for dental treatments with the use of orthodontic appliances, as well as providing less discomfort to the patient, this study aims to study the behavior of the stress-strain curve wire alloy NiTi liable memory effect so subjected to tensile test and thermomechanical cycling. The superelastic intraoral orthodontic wires were subjected to static and cyclic tensile loading and unloading varied with temperature by means of a heat gun. It was found through the analysis of the curves obtained in tensile tests show that the applied voltages are continuous, exhibiting large elastic deformation, allowing a greater adjustment of the wire in relation to the brackets without varying the voltage. Through the analysis of the curves obtained by thermomechanical cycling tests, it can be seen the effect of superelasticity, in which the wire recovers its original shape despite being subjected to various tests loading and unloading, which allows a greater yarn deflection without permanent deformation occurring.

KEYWORDS: NiTi alloys, Shape memory alloy and superelasticity.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo dos materiais inteligentes têm se intensificado devido às suas propriedades extraordinárias que são utilizados nos sensores e atuadores das chamadas estruturas inteligentes. Alguns dos materiais mais utilizados são as ligas com efeito memória de forma, os quais têm a capacidade de retornar a forma original após serem deformados e, em seguida, submetidos a determinadas temperaturas ou tensões.

De acordo com Silva Júnior (2010), a tensão aplicada pode ser de qualquer tipo: tração, compressão, torção, etc., desde que esteja abaixo de um valor crítico (sem deformação plástica). Para que o material apresente o efeito memória de forma é necessário, primeiramente, que ocorra uma transformação martensítica, na qual o material é deformado e, em seguida, quando aquecido, adquire a capacidade de retornar a sua forma original.

As ligas do sistema NiTi pertencem a esse grupo particular de ligas metálicas chamadas de ligas com memória de forma (LMF), sendo que elas possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas, assim como ótima biocompatibilidade, o que permite

o vasto uso na medicina, como em instrumentações médicas, cateteres e aparelhos ortodônticos, tanto nos fios como nos braquetes.

Na liga NiTi com efeito memória de forma duas diferentes estruturas cristalinas chamadas martensítica (de baixa temperatura) e austenítica (de alta temperatura) (OTSUKA, WAYMAN, 1998). A superelasticidade das ligas de níquel-titânio utilizadas em ortodontia é atribuída à transformação austenita-martensita, iniciando com o carregamento do fio, possuindo uma maior porção de fase austenita se transformando em martensita, à medida que é aumentada a deformação. Após a remoção da carga, esses fios tenderão a retornar à sua configuração original, ocorrendo a transformação reversa martensita-austenita, com liberação da energia acumulada de forma suave e constante (FIGUEIREDO, 2006).

As ligas do sistema NiTi aplicadas em fios ortodônticos reduzem eficazmente o tempo para tratamentos dentários com uso de aparelhos ortodônticos, assim como proporciona um menor desconforto ao paciente, visto que as forças aplicadas são suaves e contínuas, exibindo grandes deformações elásticas que estão relacionadas à transformação martensítica que ocorre em sua microestrutura.

As propriedades das ligas EMF têm sido muito bem implementadas nas variadas aplicações ortodônticas. Arcos Ortodônticos de nitinol vêm sendo utilizados desde a década de 1970, sendo mais efetivos que outros materiais alternativos (LAGOUDAS, 2008).

Os fios ortodônticos de NiTi são indicados, preferencialmente, nas fases iniciais do tratamento, onde o elevado desajuste dental requer um fio ortodôntico de grande flexibilidade e elasticidade, a fim de que haja grandes deformações no regime elástico (FERREIRA, 2002).

A partir de 1985, uma nova geração de fios NiTi chegou ao mercado, os chamados fios superelásticos representados pelo NiTi chinês, NiTi japonês e o NiTi com cobre. Esses fios superelásticos apresentam algumas vantagens em relação aos tradicionais, tais como: geram forças mais leves e mais constantes, são mais resistentes às deformações permanentes, possuem maior flexibilidade e apresentam maior eficiência clínica, isto é, movem o dente mais rapidamente e com um menor número de ativações ou trocas de arco (FERREIRA, 2002).

Com isso, no presente trabalho será realizado com intuito de estudar o comportamento da curva tensão-deformação de fios da liga NiTi passível do efeito memória de forma submetidos a ensaios de tração e ciclagem termomecânica

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, foram realizados ensaios de tração e ciclagem termomecânica com ensaios de carga e descarga com temperatura variada por meio de um soprador térmico no Laboratório de Ensaios Mecânicos da UFERSA. Os materiais, parâmetros e procedimentos utilizados na realização dos ensaios estão dispostos a seguir:

- Os corpos de prova utilizados foram fios ortodônticos intraorais superelásticos, comprados no comércio local com ajuda de um profissional da área. Os fios utilizados são da marca Dental Morelli Ltda, do tipo superelásticos na forma de arco, com secção transversal de 0,021" (0,53 mm) x 0,025" (0,63 mm).
- A máquina de ensaios utilizada é uma Máquina Universal de Ensaios, modelo DL10000 da EMIC, com capacidade 100kN e software TESC para aquisição de dados, com os seguintes parâmetros de ensaio: ciclo carga/descarga, célula de carga de 30kN, velocidade de ensaio de 0,05mm/s.
- Foram realizados ensaios cíclicos a temperatura ambiente (aproximadamente 25° C) e até rompimento; ensaios cíclicos e até rompimento numa temperatura acima da A_p , com auxílio de um soprador térmico (temperatura máxima de 104°C); e ensaios cíclicos com aquecimento apenas no carregamento e aquecimento apenas no descarregamento ambos utilizando o soprador térmico.
- Foram realizadas análises de Calorímetro Exploratório Diferencial (DSC) com taxa de aquecimento de +10°C/min e resfriamento de -10°C/min para mensurar as temperaturas de transformação dos fios utilizados.
- Para medição de temperatura, foi utilizado um termômetro de vidro (fluido mercúrio) escala -10/+150°C com variação de 1°C.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura. 1, está mostrada a análise de DSC dos fios utilizados. Essa análise é necessária para identificar as temperaturas de transformação.

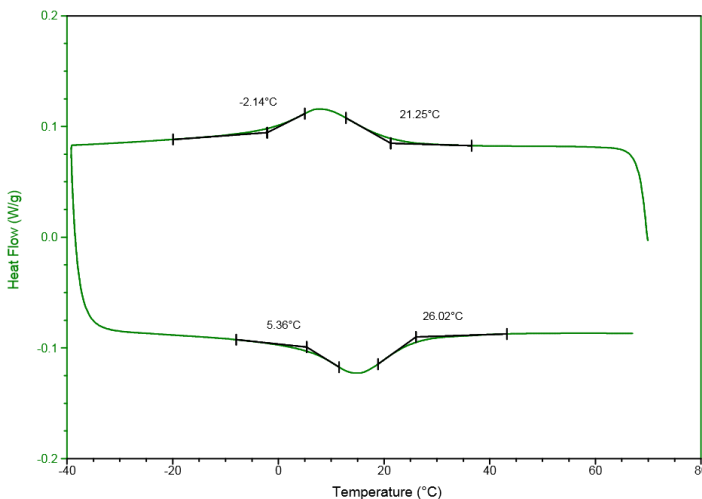


Figura 1 – Curva DSC do fio de NiTi à temperatura ambiente.

Fonte: Autoria própria (2015)

Com base na Figura. 1, podemos mensurar as temperaturas de transformação com os seguintes valores: $A_s = 5,36^\circ\text{C}$, $A_f = 26,02^\circ\text{C}$, $M_s = 21,25^\circ\text{C}$ e $M_f = -2,14^\circ\text{C}$. Com base nesses valores, será possível definir, de forma mais clara, o comportamento das curvas de tensão-deformação da liga em estudo.

As curvas exibidas na Figura. 2 são provenientes dos ensaios que ocorreram a uma temperatura de aproximadamente 25°C e com aquecimento promovido pelo soprador térmico.

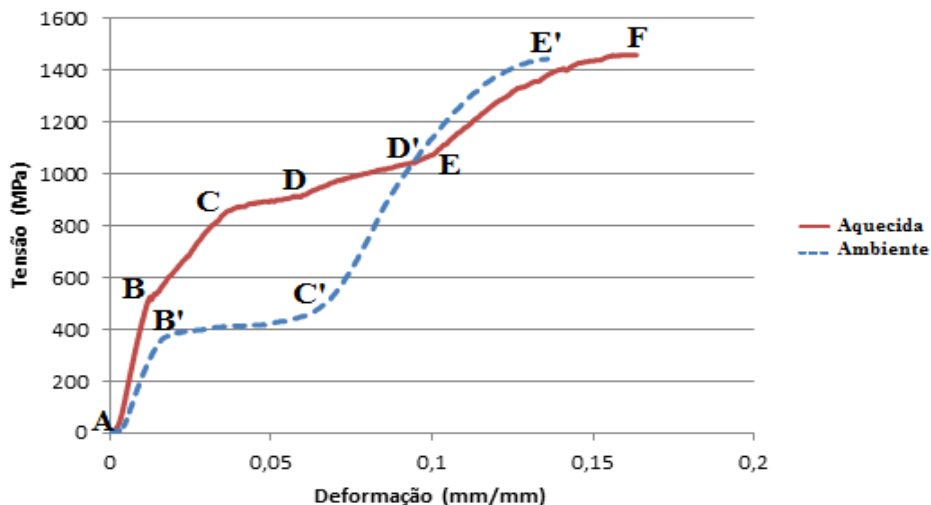


Figura 2 – Curvas tensão-deformação resultantes dos ensaios de tração do fio de NiTi à temperatura ambiente e aquecido pelo soprador térmico.

Fonte: Autoria própria (2015)

O ponto A indica material sem carregamento. Para a curva com aquecimento, com uma temperatura de aproximadamente 90°C (temperatura no momento do ensaio), o material está totalmente austenítico, no qual permanece durante o trecho A-B, sendo que neste intervalo de deformação, a tensão causa apenas deformações elásticas na austenita. A partir do ponto B, a tensão (530 MPa) é suficiente para iniciar a transformação da MIT. Contudo, a tensão não é suficientemente grande para que o material passe totalmente do estado austenítico para o martensítico indicado no trecho B-C. Neste, possivelmente as duas fases coexistem com predominância da fase austenita. No ponto C, a tensão (850 MPa) atinge um nível em que a temperatura não é suficientemente alta para impedir a indução da transformação martensítica no restante do material, que ocorre no trecho C-D de inclinação relativamente pequena indicando deformação com tensão quase constante. A partir do ponto D, possivelmente o material está totalmente martensítico, ocorrendo

um rearranjo das variantes da MIT e o principal mecanismo de deformação é a distorção elástica da martensita desgeminada, seguindo até o ponto E, no qual é atingido um nível de tensão suficiente para que se inicie a deformação plástica da martensita. A uma tensão de aproximadamente 1460 MPa inicia-se uma região de inclinação relativamente pequena, indicativo da estrição, na curva e a continuidade da deformação resulta na ruptura do corpo de prova (ponto F). (SHAW, KYRIADES, 1995 apud FIGUEIREDO, 2006)

Para a curva sem aquecimento, a fase é predominantemente austenítica no ponto A com presença da fase martensita. No decorrer do trecho A-B, a tensão causa apenas deformações elásticas na austenita. A partir do ponto B, a tensão (380 MPa) é suficientemente grande para iniciar a nucleação da MIT. Observa-se que a mudança da fase austenita para a martensita resulta em um alongamento e que a fração volumétrica de martensita aumenta sob tensão aproximadamente constante (platô B'-C'). Possivelmente, nesse trecho as duas fases coexistem e ocorre um rearranjo das variantes da MIT. A partir do ponto C', um aumento na deformação requer um aumento na tensão. Inicialmente, o mecanismo principal de deformação é possivelmente a distorção elástica da martensita desgeminada, seguindo até o ponto D', no qual é atingido um nível de tensão suficiente para que se inicie a deformação plástica da martensita. E na tensão de aproximadamente 1445 MPa inicia-se uma região de inclinação relativamente pequena na curva, onde deve iniciar a estrição, e a continuidade da deformação resulta na ruptura do corpo de prova (ponto E'). Indicando que apesar de condições de temperaturas diferentes o material apresenta um limite de resistência (antes da estrição) similar, com variação na deformação final.

Na Figura. 3 estão mostradas as curvas obtidas por meio dos ensaios cíclicos à temperatura ambiente.

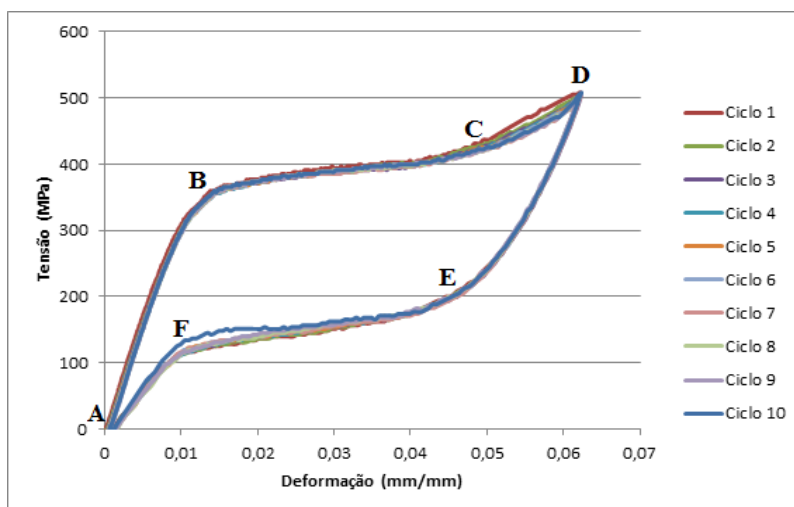


Figura 3 – Curvas tensão-deformação resultantes dos ensaios de carga e descarga do fio de NiTi à temperatura ambiente.

Fonte: Autoria própria (2015)

A temperatura medida durante a realização dos ensaios que resultaram nas curvas da Figura. 3, foi de aproximadamente 25°C. O material está inicialmente no estado predominantemente austenítico e no decorrer do trecho A-B sofre somente deformações elásticas da austenita. A partir do ponto B, a tensão (380 MPa) é suficientemente grande para iniciar a nucleação da MIT promovendo uma deformação a tensão constante (platô B-C). As duas fases, possivelmente, coexistem neste trecho e ocorre um rearranjo das variantes da MIT. A partir do ponto C até o ponto D, o principal mecanismo de deformação é provavelmente a distorção elástica da martensita desgeminada. A partir do ponto D, ocorre um descarregamento. No trecho D-E, há a predominância da martensita desgeminada, obtendo a recuperação da distorção elástica da martensita transformada até atingir a tensão de 200 Mpa. E a partir da descarga da tensão de um valor crítico (ponto E), o material passa a transformar-se de volta em austenita. Essa transformação reversa resulta em um novo platô de tensão (E-F), no qual possivelmente coexistem martensita e austenita. Nesse trecho, ocorre um encurtamento do corpo de prova. No ponto F, o material retorna à fase austenítica e o descarregamento posterior segue o trajeto F-A. Pode-se observar que o fio recupera a sua forma original, apesar de ter sido submetido a vários ensaios de carregamento e descarregamento, indicando estabilidade termomecânica. (HODGSON et al., 1999 apud FIGUEIREDO, 2006; GONZALES, 2002)

As curvas mostradas na Figura. 4 são provenientes de ensaios cíclicos que ocorreram a uma temperatura de aproximadamente 90°C no carregamento, e com descarregamento à temperatura ambiente. O material, que está inicialmente no estado austenítico, permanece assim durante o trecho A-B e sofre apenas deformações elásticas na austenita. A partir do ponto B, apesar da temperatura estar elevada, a tensão (450 MPa) é suficientemente grande para iniciar a nucleação da MIT. Contudo, verifica-se uma maior dificuldade para que ocorra totalmente a transformação da fase austenita para a martensita, devido a temperatura elevada, sendo isso observado pela inclinação relativamente maior no trecho B-C. As duas fases, possivelmente, coexistem neste trecho. A partir do ponto C até o ponto D, o principal mecanismo de deformação é provavelmente a distorção elástica da martensita desgeminada. A partir do ponto D ocorre um descarregamento. No trecho D-E, há a predominância da martensita desgeminada, obtendo a recuperação da distorção elástica da martensita transformada até uma tensão de 380 Mpa. A transformação reversa ocorre no trecho do platô E-F, no qual ocorre um encurtamento do corpo de prova até o ponto F, onde material retorna à fase austenítica e o descarregamento subsequente segue o trajeto F-A. Pode-se observar que o fio recupera a sua forma original, apesar de ter sido submetido a vários ensaios de carregamento e descarregamento.

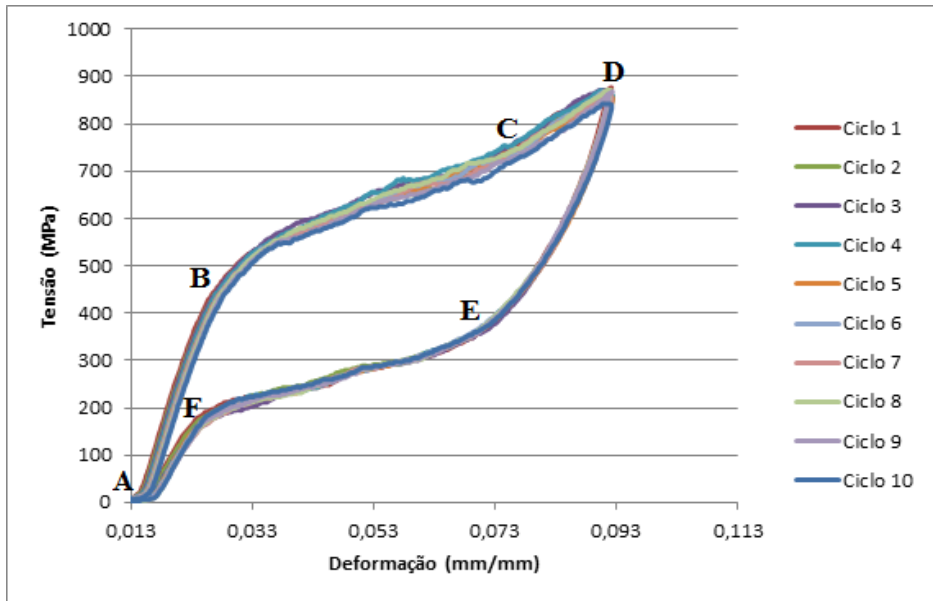


Figura 4 - Curvas tensão-deformação resultantes dos ensaios de carregamento a uma temperatura acima da A_f e descarga a temperatura ambiente do fio de NiTi.

Fonte: Autoria própria (2015)

Os ensaios que resultaram nas curvas mostradas na Figura. 5 foram realizados à temperatura ambiente no carregamento e a uma temperatura de aproximadamente 90°C no descarregamento. Do ponto A ao ponto D, é apresentado o mesmo comportamento descrito anteriormente para o fio ensaiado à temperatura de 25°C , mostrado na Figura. 4. E a partir do ponto D, ocorre um descarregamento aquecido à temperatura acima de A_f , induzindo a uma porção de transformação reversa, instantaneamente, no decorrer do intervalo D-E. Com o aquecimento, a transformação reversa para a fase austenita é iniciada durante o trecho do platô E-F, onde é observada uma menor faixa de deformação com pouca variação de tensão. No trecho F-G, o material finaliza a transformação reversa retornando à fase austenítica de forma mais rápida indicado por uma maior inclinação da curva de descarregamento. Retornando ao Ponto A com a forma original recuperada, apresentando uma ótima estabilidade apesar de ter sido submetido a vários ensaios de carregamento e descarregamento.

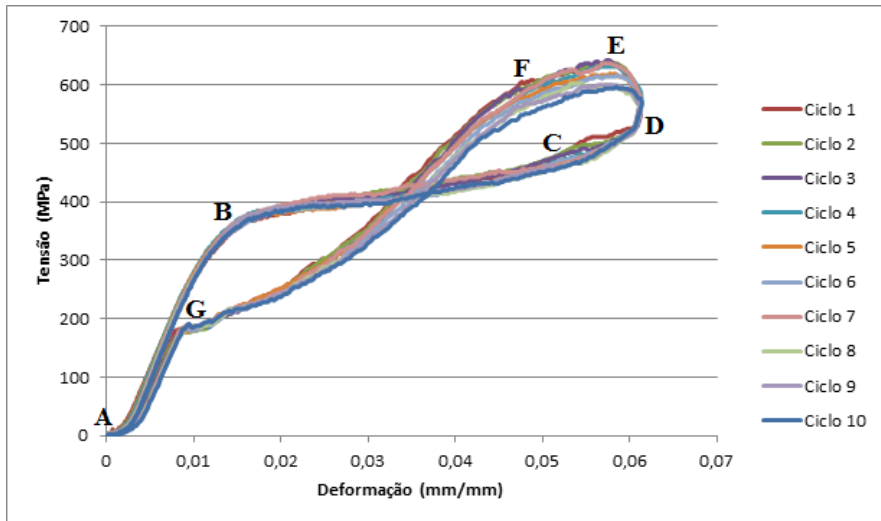


Figura 5 - Curvas tensão-deformação resultantes dos ensaios de carga e descarga do fio de NiTi a uma temperatura acima da Af no descarregamento.

Fonte: Autoria própria (2015)

Na Figura. 6, estão apresentadas as curvas provenientes de um ensaio cíclico que ocorreu a uma temperatura Af durante todo o ensaio de carga/descarga.

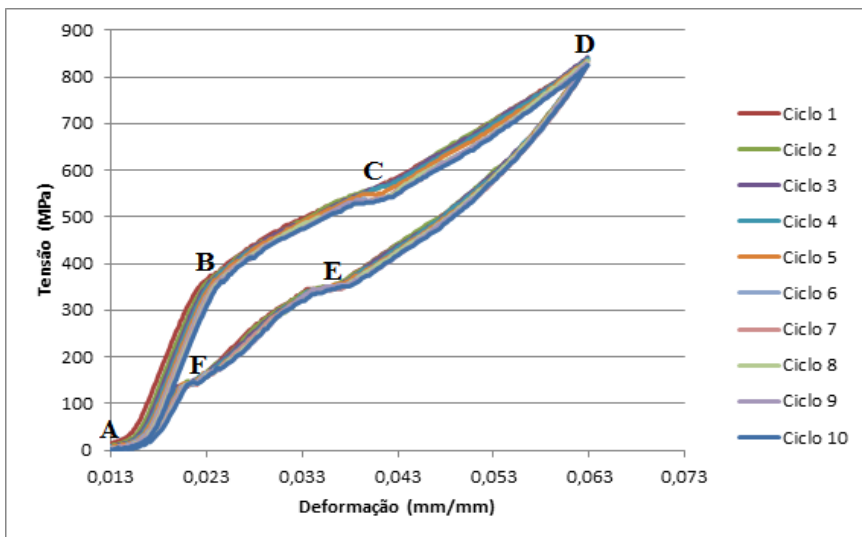


Figura 6 - Curvas tensão-deformação resultantes dos ensaios de carga e descarga do fio de NiTi a uma temperatura Af durante todo o ensaio.

Fonte: Autoria própria (2015)

Entre os pontos de A a D o material apresenta um comportamento similar ao descrito na Figura. 4. A partir do ponto D, há um descarregamento com uma inclinação acentuada no qual a fração volumétrica da austenita aumenta na transformação reversa até o ponto E, e no trecho E-F, ocorre um aumento da inclinação da curva indicando uma maior rapidez na transformação reversa (menor deformação e maior variação de tensão). E, por fim, no ponto F, o material está totalmente austenítico ocorrendo o descarregamento elástico, subsequente, no trecho F-A com alta estabilidade no decorrer dos vários ensaios de carregamento e descarregamento.

4 | CONCLUSÕES

Por meio dos ensaios de tração e ciclagem termomecânica realizados nos fios de NiTi, pode-se concluir que:

- Apesar das condições de temperatura nos ensaios de tração serem distintas para os dois fios – o que promove um comportamento diferente da curva durante a transformação de fases – ambos apresentam um limite de resistência similar, sendo 1460 MPa e 1445 MPa para os fios ensaiados a 90°C e 25°C, respectivamente. Essa semelhança permite a aplicação desse material em diferentes temperaturas sem que haja comprometimento no limite de resistência.
- No ensaio de tração realizado a 25°C, as tensões aplicadas são contínuas durante a mudança da fase austenita para a martensita, exibindo grandes deformações elásticas, o que permite um maior ajuste do fio em relação aos braquetes sem variação da tensão.
- Nos ensaios de ciclagem termomecânica, apesar de os fios serem submetidos a vários ensaios de carregamento e descarregamento, observa-se que eles recuperam totalmente a sua forma original após o descarregamento, indicando estabilidade termomecânica. Isso permite uma maior deflexão do fio, sem que ocorram deformações permanentes.

AGRADECIMENTOS

Os devidos agradecimentos a UFERSA.

REFERÊNCIAS

ANTUNES SOUZA, A. C. R. **Características Estruturais e Propriedades Mecânicas de Fios Ortodônticos de Níquel-Titânio**. 2006. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FERREIRA, F. V. **Ortodontia: Diagnóstico e planejamento clínico**. 5.ed. São Paulo: Artes Médicas, 2002. p.361-398.

FIGUEIREDO, A. M. G. **Caracterização da fadiga mecânica de baixo ciclo em ligas superelásticas de NiTi**. 2006. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GONZALES, C. H. **Etude des comportements electro-thermomécaniques et de la stabilization martensitique d'alliages monocristallins à mémoire de forme base cuive**. Tese de doutorado – L'Institut National Dês Sciences Appliquees de Lyon, França. 2002. 178p.

HODGSON, D. E.; WU, M. H.; BIERMANN, R. J. **Shape memory alloy**. ASM Handbook, v.2. 1992. p. 887-902.

LAGOUDAS, D. C. **Shape Memory Alloys: Modeling and Engineering Applications**. USA: Springer. 2008. 435p.

OTSUKA, K.; WAYMAN, C. M. **Shape Memory Materials**. Reino Unido: Cambridge University Press. 1998. 284p.

SILVA JÚNIOR, M. Q. **Estudo da liga Cu-11,8Al-XBe-0,3Ti (X = 0,5; 0,6; 0,7) processadas termomecanicamente**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - UFPB, João Pessoa. 2010. 98p.

SOUZA, Marcos Motta de. **Caracterização de uma liga com efeito memória de forma**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005. 113p.

METAIS, CERÂMICAS E POLÍMEROS: SUAS APLICAÇÕES COMO BIOMATERIAL

Data de aceite: 01/12/2020

Thaíla Gomes Moreira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Departamento de Engenharia Biomédica
Natal – RN
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4037779H6>

Amanda Melissa Damião Leite

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Escola de Ciências e Tecnologia
Natal – RN
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4711010H3>

Kaline Melo de Souto Viana

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
Escola de Ciências e Tecnologia
Natal – RN
<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762568D0>

RESUMO: Biomateriais são uma parte importante dos cerca de 300.000 produtos usados na saúde. Devido à grande diversidade de materiais que se enquadram nessa classificação. Este trabalho de revisão propõe-se em estabelecer um levantamento bibliográfico acerca de alguns trabalhos desenvolvidos na última década com relação à biomateriais nas mais diversas áreas da saúde. Diante do levantamento bibliográfico apresentado é incontestável a gama de aplicações a que os biomateriais (metais, cerâmicas, polímeros ou

compósitos), se enquadram. Ressaltamos ainda a necessidade inerente de constantes pesquisas frente aos novos materiais desenvolvidos pela ciência e tecnologia de materiais e o crescente desenvolvimento da nanotecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Biomateriais, aplicações, saúde.

METALS, CERAMICS AND POLYMERS: ITS APPLICATIONS AS BIOMATERIAL

ABSTRACT: Biomaterials are an important part of the nearly 300,000 products used in healthcare. Due to the great diversity of materials that fit this classification, this review work proposes to establish a bibliographic survey about some works developed during the past decade related to biomaterials in the most diverse areas of health. Given the bibliographic survey presented, the range of applications to which biomaterials (metals, ceramics, polymers or composites) fall is undeniable. We also emphasize the inherent need for constant research in the face of new materials developed by materials science and technology and the growing development of nanotechnology.

KEYWORDS: Biomaterials, applications, health.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Soares (2005, p. 2 apud PIRES; BIERHALZ; MORAES, 2015), “Os biomateriais compreendem uma representativa fração dos produtos utilizados na área de saúde, estimados em cerca de 300 mil há cerca de 10 anos”.

Exemplos de algumas das diversas aplicações desses biomateriais são dados por Pires, Bierhalz e Moraes (2015) como:

“dispositivos biomédicos (como biossensores, tubos de circulação sanguínea, sistemas de hemodiálise), materiais implantáveis (como suturas, placas, substitutos ósseos, tendões, telas ou malhas, válvulas cardíacas, lentes, dentes), dispositivos para a liberação de medicamentos (na forma de filmes, implantes subdérmicos e partículas), órgãos artificiais (como coração, rim, fígado, pâncreas, pulmões, pele) e curativos, dentre muitos outros”

De acordo com o Manual para regularização de equipamentos médicos na ANVISA (2020) “equipamentos médicos estão inseridos na categoria de produtos para a saúde, outrora denominados de correlatos, em conjunto com os materiais de uso em saúde (exemplo: cateter, implantes ortopédicos, etc) e os produtos de diagnóstico de uso in vitro (reagentes, catalisadores, etc)”. Produtos médicos ativos, implantáveis ou não implantáveis, compõe os equipamentos médicos, podendo ser incluídos ainda, os não ativos, como é o caso de camas hospitalares, cadeiras de rodas, entre outros.

No entanto, do ponto de vista educacional e científico é necessário definir substancialmente a que se refere o termo biomaterial, para assim poder-se classificar e enumerar as suas utilidades e aplicações na grande área da saúde.

Desta forma, este artigo de revisão propõe-se em realizar um breve levantamento bibliográfico sobre as três classes de materiais (metais, cerâmicas e polímeros) inserindo-os como biomateriais e descrever as principais aplicações dos mesmos nas mais diversas especialidades da medicina e da odontologia, dando ênfase a alguns trabalhos desenvolvidos ao longo da última década.

2 | BIOMATERIAIS

A definição de biomateriais, mais amplamente utilizada, segundo Marin, Boschetto e Pezzotti (2020), data de 1991 e foi cunhada durante a “Conferência de Consenso” de Chester, Reino Unido, de acordo com a qual

“Qualquer substância ou combinação de substâncias, que não sejam drogas, de origem natural ou sintética, que possa ser usada por qualquer período de tempo, que aumente ou substitua parcial ou totalmente qualquer tecido, órgão ou função do corpo, a fim de manter ou aumentar a qualidade de vida do indivíduo”.

Isso significa que, no sentido mais amplo, são enquadrados nessa categoria todos os materiais empregados na medicina, odontologia, medicina veterinária e farmacologia, além daqueles que entram na forma de implantes em contato direto com o tecido do corpo.

De acordo com o Instituto Nacional de Imagem Biomédica e Bioengenharia dos Estados Unidos (2017), biomateriais podem ser criados a partir de metais, cerâmicas,

polímeros, vidros, além de células vivas e tecidos, os quais podem ser moldados ou adaptados para o uso em diversos produtos e equipamentos biomédicos. Qualquer material que, utilizado para o que foi projetado, produza poucos, ou nenhum, dos estímulos inflamatórios que produzem essas respostas do tecido pode ser denominado biocompatível (HENCH; WILSON, 2013).

O termo 'biocompatibilidade' foi utilizado para designar o desempenho biológico dos materiais. Hench e Wilson (2013) definem que "um material biocompatível é aquele que possui a capacidade de funcionar com uma resposta apropriada do hospedeiro em uma aplicação específica", enfatizando que não se trata da ausência de toxicidade, mas de uma exigência de que o material tenha um desempenho adequado.

Marin *et al.* (2020) afirmam que as maneiras mais comuns de classificar biomateriais são baseadas na estrutura química (metal, cerâmica, polímero e compósitos) e no grau de interação com o meio biológico (inerte, bioativo, biodegradável), existindo ainda uma terceira, menos utilizada, baseada na origem do material, sendo ele natural ou sintético. Para Hench e Wilson (2013) existe ainda um quarto grau de interação com o meio, sendo este o tóxico.

Hench e Wilson (2013) descrevem os materiais quase inertes como os que causam o tipo de resposta mais comum, na qual o corpo forma uma capsula fibrosa, não aderente, em volta do material implantado, afim de isolá-lo. A espessura da capsula fibrosa varia de acordo com tipo de tecido com o qual faz interface, quantidade de movimentação entre outros fatores. As cerâmicas costumam ser muito estáveis e, portanto, enquadrar-se neste grupo.

Segundo Hench e Wilson (2013), materiais considerados bioativos são aqueles que formam algum tipo de ligação interfacial com os tecidos, prevenindo movimentação e, imitando o tipo de interface formado quando tecidos do corpo se recuperam ou reparam sem interferência externa. No caso mais comum, que são os implantes para uso no tecido ósseo, essa ligação é chamada osteointegração. Isso significa que a afinidade físico-química da superfície é tão grande que há osteocondução e recobrimento do implante por células ósseas. Esse tipo de fenômeno pode ser estimulado pela morfologia da superfície, como o desenvolvimento de uma rugosidade e porosidade adequadas para o crescimento ósseo. Os principais materiais bioativos são os vidros e vitro-cerâmicos à base de fosfato de cálcio.

Quanto aos materiais biodegradáveis, são definidos como aqueles cuja taxa de mudanças na interface bioativa é rápida o suficiente para serem "dissolvidos" ou "reabsorvidos" e substituídos pelos tecidos ao redor. Os produtos dessa degradação não devem ser tóxicos ou causar dano as células. Os maiores exemplos são os polímeros biodegradáveis, como o poli(ácido láctico) (PLA) e o poli(ácido glicólico) (PGA) (HENCH; WILSON, 2013).

Os principais avanços no campo dos biomateriais têm ocorrido principalmente devido ao aumento do número de pacientes, em função do aumento da população e da expectativa de vida, que necessitam obter melhoria na qualidade de vida. O crescimento da expectativa de vida aumenta o número de pacientes nos hospitais em função principalmente da ocorrência de osteoporose e de acidentes nos meios de transporte. Além disso, a ampliação do número de pacientes nos hospitais está diretamente correlacionado à proliferação de veículos de transporte, gerando aumento no número de acidentes com lesões graves. Também o desenvolvimento das técnicas cirúrgicas tem expandido a demanda por próteses, implantes e equipamentos médicos.

3 | APLICAÇÕES DOS BIOMATERIAIS

A área de atuação dos biomateriais sejam eles, metálicos, cerâmicos ou poliméricos, é a mais variada possível, no entanto pode-se relacionar algumas áreas que mais se destacam: na ortopedia, como substitutos parciais ou totais de ossos, pinos de fixação, enxertos e preenchimentos para regeneração óssea; na cardiologia, stents, marca-passos, válvulas cardíacas e cateteres; na cirurgia buco-maxilo-facial, na reconstrução de ossos dos seios da face, mandíbula e maxilar; na cirurgia plástica, implantes mamários, materiais para preenchimento cutâneo e materiais para regeneração tissular; na odontologia, como pinos de fixação de implantes dentários fixos, como cimentos endodônticos, materiais restauradores, aparelhos ortodônticos e materiais para confecção de coroas; na farmacologia, materiais para liberação controlada de drogas (drug delivery); na medicina preventiva, materiais para contraste em RMN (ressonância magnética nuclear) e marcadores biológicos (ex.: detectores de glicose); dentre tantas outras que podem ser elencadas.

Desta forma, abaixo estão relacionados alguns trabalhos científicos realizados na última década que demonstram a grande variedade de utilização desses biomateriais.

Cardoso *et al.* (2010) observaram o crescimento de um neomenisco por entre as porosidades de uma prótese com objetivo de proteger a cartilagem articular do joelho. Para isto, foram operados 70 joelhos de 35 coelhos da raça Nova Zelândia com idades entre cinco e sete meses, pesando entre dois e 3,8 quilogramas, sendo 22 machos e 13 fêmeas. Estes, foram submetidos no mesmo tempo cirúrgico à meniscectomia medial nos dois joelhos, em um lado foi implantada prótese meniscal de polímero bioabsorvível composta por 70% de poli(dioxanona) e 30% de poli(L-ácido láctico). Realizada eutanásia com diferentes tempos pós-implante, os cêndilos femorais mediais e o neomenisco foram submetidos à análise histológica, observando-se a degradação e absorção da prótese, o crescimento de tecido meniscal na mesma, e o grau de degradação da cartilagem articular dos cêndilos femorais, medido pelo histograma. Os resultados obtidos revelaram que ocorreu o crescimento de tecido histologicamente semelhante ao menisco normal, com absorção gradual da prótese. Assim, concluiu-se que ocorreu crescimento de tecido por entre os poros da prótese com

características histológicas semelhantes a do menisco normal de coelho e que a cartilagem articular dos côndilos femorais no lado com implante da prótese apresenta maior número de condrócitos em todas as suas camadas.

Shirane *et al.* (2010) avaliaram a importância do colágeno e da hidroxiapatita na regeneração de fraturas provocadas experimentalmente na fíbula de ratos. Para a realização deste estudo utilizou-se 15 ratos, os quais foram submetidos à cirurgia para retirada de um fragmento da fíbula, sendo o local enxertado com tubos de silicone preenchidos com hidroxiapatita e colágeno. Como resultados foi possível observar que ocorreu pouca neoformação óssea no interior dos tubos preenchidos com os biomateriais sendo em maior quantidade naqueles com colágeno. Os autores concluíram que os biomateriais usados apresentaram biocompatibilidade e capacidade osteocondutora capaz de estimular a osteogênese mesmo nos ossos com funções mecânicas e morfológicas secundárias como a fíbula de ratos.

Sotto-Maior *et al.* (2011) realizou realizaram um estudo de caracterização do efeito das partículas de hidroxiapatita bovina (HA) nos estágios iniciais da reparação óssea em modelo de defeito ósseo em fêmur de ratos. Um defeito ósseo não crítico de 2 mm de diâmetro foi feito em cada fêmur de 25 ratos Wistar albinos. O defeito do fêmur esquerdo foi preenchido com HA enquanto a cavidade direita foi preenchida apenas com sangue. Cinco animais foram sacrificados no 1º, 3º, 5º, 7º e 14º dia pós-cirúrgico. Os cortes histológicos do tecido ósseo foram corados com hematoxilina e eosina para comparação da resposta inflamatória por microscopia óptica. A análise histomorfométrica do tecido ósseo neoformado foi avaliado nos três últimos períodos utilizando o teste t de Student para comparação de ambos os grupos em cada período de avaliação ($\alpha=0,05$). Como resultados de sua pesquisa, os autores observaram que a análise histológica mostrou o mesmo padrão de reparação óssea no 1º e 3º dia; entretanto, no 5º dia pós-cirúrgico houve um maior depósito de fibras de colágeno ao redor dos cristais de hidroxiapatita e uma maior espessura do perióstio oposto. Observou-se também que não houve diferença histomorfométrica significativa entre os grupos em todos os períodos avaliados. Sendo assim, os autores concluíram que a hidroxiapatita não acelerou os estágios iniciais da reparação óssea, apresentando apenas efeito significativo a partir do quinto dia pós-cirurgia, passando a induzir um maior depósito de fibras de colágeno.

Colombo *et al.* (2011) enfatizam que o tratamento de lesões traumáticas da órbita permanece um desafio para o cirurgião buco-maxilo-facial. Quando a correção cirúrgica não é realizada ou é feita de maneira inadequada, pode ocorrer enoftalmia, diplopia, distopia ocular, restrição da movimentação ocular e disfunção do nervo infraorbital. A importância da cirurgia consiste em liberar o tecido orbitário herniado pelo foco de fratura, restaurar a arquitetura normal da órbita, objetivando um resultado estético e funcional adequado. Nas últimas décadas, vários avanços ocorreram no tratamento cirúrgico destas fraturas, bem como nos métodos diagnósticos. Com o desenvolvimento de tomografias computadorizadas

de múltiplos detectores, tornou-se possível a análise tridimensional da órbita, assim como sua avaliação volumétrica, o que revolucionou o manejo cirúrgico destas fraturas. Outro fator com impacto direto nas reconstruções das órbitas é a disponibilidade de diversos biomateriais, para restauração das paredes orbitárias. Desta forma, os autores realizaram um estudo objetivando revisar os materiais disponíveis para reconstrução nos casos de fraturas do assoalho da órbita, comparando suas aplicabilidades práticas e destacando aqueles mais utilizados no Serviço de Cirurgia Plástica do Hospital de Clínicas da Unicamp, nos últimos anos. Dentre os materiais disponíveis no hospital acima citado, foram destacados o osso autógeno de calota craniana, a cartilagem de concha auricular, a tela de titânio e o polietileno poroso de alta densidade. Cada biomaterial apresenta indicações específicas, de acordo com as características da fratura orbitária, sendo considerados, para a escolha do material, os resultados a longo prazo e a experiência do cirurgião. Revendo a literatura, os autores puderam concluir que a seleção de materiais para a reconstrução de assoalho de órbita é um assunto amplo, pois existe uma série de biomateriais, facilmente disponíveis, que promovem resultados confiáveis no reparo de várias lesões. Porém, o conhecimento dos materiais existentes evita a aplicação imprópria, o que pode reduzir a ocorrência de complicações.

Guimarães *et al.* (2011) destacam que os materiais de fosfato de cálcio, pelas características de biocompatibilidade e osteocondução, estão sendo estudados como substitutos ósseos. Então foi realizado um estudo com o intuito de comparar histomorfometricamente o reparo ósseo promovido pela cerâmica bifásica de hidroxiapatita, cimento fosfato de cálcio e enxerto ósseo autógeno. Para isto, foram criadas duas cavidades (esquerda e direita - teste e controle) de 5mm de diâmetro nos ossos parietais de 72 ratos Wistar. As cavidades testes GI, GII, GIII e GIV foram preenchidas com cimento fosfato de cálcio, cerâmica bifásica de hidroxiapatita, enxerto ósseo autógeno e coágulo sanguíneo, respectivamente. Os animais foram sacrificados aos 30, 60 e 90 dias e os espécimes avaliados histomorfometricamente. Por meio dos resultados obtidos, observou-se que houve maior formação óssea no período de 30 dias para o GIII (enxerto ósseo autógeno) quando comparado aos outros grupos testes. Nos períodos de 60 e 90 dias, a neoformação óssea foi mais acentuada nos grupos testes GI (cimento fosfato de cálcio), GII (cerâmica bifásica de hidroxiapatita) e GIII, alcançando maiores áreas em GI e GII. Em todos os períodos de avaliação, as cavidades testes GII apresentaram maiores áreas frente às GI. Assim conclui-se que é lícito afirmar a superioridade na neoformação óssea promovida pela cerâmica bifásica de hidroxiapatita e pelo cimento fosfato de cálcio frente ao enxerto ósseo autógeno, fato este que coloca as biocerâmicas como adjuntos cirúrgicos em procedimentos craniomaxilofaciais que necessitem de enxertos ósseos.

Costa *et al.* (2015) avaliaram, por meio de análise histomorfométrica, em modelo de enxerto de tamanho crítico de calvária de rato, o processo de regeneração óssea utilizando grânulos de beta-fosfato tricálcico (β -TCP), pois apresenta excelente compatibilidade

biológica, osteocondutividade e reabsorção, e β -TCP com cátions bivalentes, como o magnésio, incorporados a sua estrutura (β -TCMP), para melhorar a resposta biológica ao material por meio da liberação de íons bioativos. Os resultados demonstraram que seis meses após o enxerto ósseo, a associação de GBR (regeneração óssea guiada) usando uma membrana (GenDerm®) e grânulos de β -TCP e β -TCMP melhora significativamente o reparo ósseo no tratamento de defeito de tamanho crítico em crânios de ratos, em comparação com defeitos não tratados ou GBR sozinho, levando a um nível ósseo aproximadamente quatro a cinco vezes maior do que no grupo do coágulo sanguíneo. Os autores observaram ainda que o grupo β -TCMP + membrana GenDerm® representou 40,5% da área do defeito preenchida por osso neoformado, mesmo na parte central do defeito, e não apenas na borda, como visto nos demais grupos experimentais.

Cardoso *et al.* (2018) realizaram estudos in vivo, utilizando diferentes composições de biomateriais em dois defeitos de tamanho crítico: tibia e osso parietal, afim de relatar a importância da localização do defeito crítico para ensaios in vivo. A policaprolactona foi usada como matriz polimérica principal com e sem adição de hidroxiapatita. Estudos in vivo sobre o defeito de tamanho crítico padrão na tibia e osso parietal foram realizados usando modelos de Wistars: dimensões 3x2 e 5x1, respectivamente. Os animais foram sacrificados após 32 dias; a neoformação óssea foi avaliada com os dados histológicos. Os dados in vivo demonstraram diferenças entre os grupos de tibia e osso parietal: a influência do tipo de osso na neoformação óssea foi notável. Todas as amostras de defeito da tibia apresentaram maior volume de neobônios quando comparadas aos dados parietais. É fato que, esses ossos têm embriologia distinta, e que a influência de forças mecânicas e taxa de vascularização que são bem conhecidas; tendo estas características demonstrado serem críticas para a neoformação de óssea.

Lecio *et al.* (2019) avaliaram os resultados clínicos, microbiológicos e imunológicos do uso de nano esferas de PLGA contendo 20% de DOXY no tratamento de pacientes com diabéticos tipo 2 (DM-2) com diagnóstico de periodontite crônica (CP). Para a realização desse estudo, foi conduzido um ensaio clínico paralelo, duplo-cego, randomizado e controlado por placebo em (DM-2) que apresentavam CP grave e generalizada. Todos os pacientes receberam FMUD em um estágio e foram divididos aleatoriamente em dois grupos: PLAC (n =20) — que recebeu aplicação local de placebo, e DOXY (n =20) — que recebeu aplicação local de DOXY; ambos em seis locais não contíguos. Avaliações clínicas, metabólicas, de padrão de citocinas e microbiológicas foram realizadas no início do estudo e 1, 3 e 6 meses após o tratamento. Ambos os grupos apresentaram melhora clínica em todos os parâmetros após o tratamento ($p < 0,05$). Bolsos profundos mostraram melhorias em BoP (3 e 6 meses), PD (em 3 meses) e ganho de CAL (em 1 e 3 meses) favorecendo DOXY ($p < 0,05$). A porcentagem de locais com redução da PD e ganho de CAL ≥ 2 mm foi maior no DOXY em 3 meses ($p < 0,05$). O grupo DOXY exibiu um aumento significativo nos níveis de interleucina anti-inflamatória (IL) -10 e uma redução em IL-8,

IFN- γ , IL-6 e IL-17 ($p < 0,05$), redução significativa nos patógenos periodontais ($p < 0,05$), e uma porcentagem média inferior de HbA1C em 3 meses ($p < 0,05$). Logo, os autores concluíram que as nanoesferas DOXY podem ser consideradas um potencial adjuvante ao desbridamento mecânico na terapia da periodontite em DM-2, oferecendo benefícios adicionais em bolsas profundas, melhorando o perfil de citocinas e reduzindo os níveis de patógenos periodontais, alcançando ainda, benefícios adicionais na modulação local de citocinas, redução microbiana e parâmetros clínicos, especialmente em bolsas profundas.

Silva *et al.* (2019) conduziram um estudo sobre a utilização de arcabouços, compostos de matriz polimérica, em sistemas de drug delivery. Para isso, produziram matrizes de polihidroxibutirato biocompatível (PHB) e quitosana (Chi), por moldagem por compressão (SPHB-Chi), e carregadas com clorexidina (CHX) de amplo espectro (SPHB-Chi-CHX). As matrizes foram analisadas em MEV, enquanto a capacidade do SPHB-Chi de absorver e entregar CHX foi avaliada por UV-Vis. Usando o método de difusão em disco-água a atividade antibacteriana das amostras contra *S. aureus*, *P. aeruginosa* e *E. coli* (patógenos mais comuns que causam infecção em vários locais do corpo) foi avaliada. Os autores ajustaram os resultados pelo modelo da Lei de Potência, os quais sugeriram que a morfologia e o perfil de liberação de CHX estavam diretamente relacionados com a quantidade de Chi nas amostras e também mostraram que o SPHB-Chi-CHX é capaz de inibir a proliferação de microrganismos, constituindo-se como um candidato potencial para aplicações orais.

Lima *et al.* (2020) descrevem um método para produzir um substituto ósseo injetável, o qual consiste de fases sólida e líquida. O sólido foi formado por meio de coacervação utilizando uma mistura de Hidroxiapatita (HAp), beta-fosfato tricálcico (β -TCP) e removendo o precursor, alginato de sódio, durante a sinterização. As microesferas de fosfato de cálcio bifásico tiveram distribuições de tamanho variadas dependendo da taxa de fluxo e foram misturadas a uma solução polimérica de quitosana e polietileno glicol, variando os resultados de injetabilidade dependendo da proporção dessas fases. Apesar da força necessária para a remoção completa do precursor, esta não afetará a precisão da injeção no defeito ósseo. O biomaterial não apresentou citotoxicidade, e demonstrou resultados promissores in vivo usando defeito ósseo da tíbia em coelhos em 30 e 60 dias, sendo observado que o reparo ósseo foi mais intenso e acentuado com o uso do biomaterial, absorvido gradativamente durante os períodos avaliados.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do levantamento bibliográfico apresentado é incontestável a imensa gama de aplicações a que os biomateriais, sejam eles metais, cerâmicas, polímeros ou compósitos, se enquadram. Ressaltamos ainda a necessidade inerente de constantes pesquisas na promissora área de biomateriais, uma vez que todos os dias nos deparamos com novos

materiais desenvolvidos a partir da ciência e tecnologia de materiais bem como do crescente desenvolvimento da nanotecnologia.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Gerência de Tecnologia em Equipamentos Médicos - Gquip. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (org.). **MANUAL PARA REGULARIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICOS NA ANVISA**. Brasília: Anvisa, 2020. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33912/264673/Manual+para+regulariza%C3%A7%C3%A3o+de+equipamentos+m%C3%A9dicos+na+Anvisa/ad655639-303e-471d-ac47-a3cf36ef23f9>. Acesso em: 01 ago. 2020.

CARDOSO, Guineia Brasil Camargo; CHACON, Erivelto Luis; MAIA, Luis Ricardo Barbosa; ZAVAGLIA, Cecília Amélia de Carvalho; CUNHA, Marcelo Rodrigues da. The Importance of Understanding Differences in a Critical Size Model: a preliminary in vivo study using tibia and parietal bone to evaluate the reaction with different biomaterials. **Materials Research**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-6, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2018-0491>.

CARDOSO, Tulio Pereira; DUEK, Eliana Aparecida de Rezende; AMATUZZI, Marco Martins; CAETANO, Edie Benedito. Prótese meniscal de polímero bioabsorvível: estudo em coelhos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 247-259, jun. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-36162010000300006>.

COLOMBO, Luciana Rodrigues da Cunha; CALDERONI, Davi Reis; ROSIM, Endrigo Toresan; PASSERI, Luis Augusto. Biomateriais para reconstrução da órbita: revisão da literatura. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (Impresso)**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 337-342, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-51752011000200025>.

COSTA, Neusa M.F.; YASSUDA, Debora H.; SADER, Marcia S.; FERNANDES, Gustavo V.O.; SOARES, Glória D.A.; GRANJEIRO, José M.. Osteogenic effect of tricalcium phosphate substituted by magnesium associated with Genderm® membrane in rat calvarial defect model. **Materials Science And Engineering: C**, [S.L.], v. 61, p. 63-71, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.003>.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. NATIONAL INSTITUTE OF BIOMEDICAL IMAGING AND BIOENGINEERING. **Biomaterials**. 2017. Disponível em: <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/biomaterials>. Acesso em: 29 ago. 2020.

GUIMARÃES, Karis Barbosa; VASCONCELOS, Belmiro Cavalcanti do Egito; LIMEIRA JÚNIOR, Francisco de Assis; SOUSA, Frederico Barbosa de; ANDRADE, Emanuel Sávio de Souza; VASCONCELLOS, Ricardo José de Holanda. Histomorphometric evaluation of calcium phosphate bone grafts on bone repair. **Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology**, [S.L.], v. 77, n. 4, p. 447-454, ago. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1808-86942011000400007>.

HENCH, Larry L.; WILSON, June. Introduction. In: HENCH, Larry L. (ed.). **AN INTRODUCTION TO BIO-CERAMICS**. 2. ed. Londres: Imperial College Press, 2013. p. 1-26.

LECIO, Giovana; RIBEIRO, Fernanda Vieira; PIMENTEL, Suzana Peres; REIS, Aurélio Amorin; SILVA, Rafaela Videira Clima da; NOCITI-JR, Francisco; MOURA, Lucas; DUEK, Eliane; CASATI, Marcio; CASARIN, Renato Corrêa Viana. Novel 20% doxycycline-loaded PLGA nanospheres as adjunctive therapy in chronic periodontitis in type-2 diabetics: randomized clinical, immune and microbiological trial. **Clinical Oral Investigations**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 1269-1279, 20 jul. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00784-019-03005-9>.

LIMA, Daniel Bezerra; SOUZA, Mônica Adriana Araújo de; LIMA, Gabriel Goetten de; SOUTO, Erick Platiní Ferreira; OLIVEIRA, Hugo Miguel Lisboa; FOOK, Marcus Vinícius Lia; SÁ, Marcelo Jorge Cavalcanti de. Injectable bone substitute based on chitosan with polyethylene glycol polymeric solution and biphasic calcium phosphate microspheres. **Carbohydrate Polymers**, [S.L.], v. 245, p. 1-12, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116575>.

MARIN, Elia; BOSCHETTO, Francesco; PEZZOTTI, Giuseppe. Biomaterials and biocompatibility: an historical overview. **Journal Of Biomedical Materials Research Part A**, [S.L.], v. 108, n. 8, p. 1617-1633, 31 mar. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.a.36930>.

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa C. K.; MORAES, Ângela M. BIOMATERIAIS: tipos, aplicações e mercado. **Química Nova**, [S.L.], v. 38, n. 7, p. 957-971, 2015.

SHIRANE, Henrique Yassuhiro; ODA, Diogo Yochizumi; PINHEIRO, Thiago Cerizza; CUNHA, Marcelo Rodrigues da. Implantes de biomateriais em falha óssea produzida na fíbula de ratos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, [S.L.], v. 45, n. 5, p. 478-482, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-36162010000500017>.

SILVA, Talita Goulart da; GOBBI, Vinícius Guedes; TEIXEIRA, Bruna Nunes; MENDONÇA, Tiago dos Santos; CUBIÇA, Thassio Brandão; AQUINO, Layla Ferraz; SILVA, Jean Araújo das Neves; THIRÉ, Rossana Mara da Silva Moreira; MENDONÇA, Roberta Helena. Mass Variation Rate, in Acidic Environment, of Polyhydroxybutyrate and Chitosan matrices with Potential Application as Controlled Drug Delivery System. **Materials Research**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-7, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2018-0863>.

SOTTO-MAIOR, Bruno Salles; SENNA, Plínio Mendes; AARESTRUP, Beatriz Julião V; RIBEIRO, Rosangela Almeida; ASSIS, Neuza Maria de Souza Picorelli; CURY, Altair Antoninha del Bel. Effect of bovine hydroxyapatite on early stages of bone formation. **Revista Odonto Ciência (Online)**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 198-292, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-65232011000300001>.

COMPONENTES FÍSICOS E SISTEMAS EMBARCADOS EM UM SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 29/08/2020

Paulo Henrique Tokarski Gliniski

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
São Bento do Sul – SC
<http://lattes.cnpq.br/0098801403023819>

Alex Luiz de Sousa

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
São Bento do Sul – SC
<http://lattes.cnpq.br/1639875187793273>

Mário Ezequiel Augusto

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)
São Bento do Sul – SC
<http://lattes.cnpq.br/9689426913429075>

RESUMO: Aeronaves remotamente pilotadas tem se tornado cada vez mais comuns, tanto em operações para fins comerciais quanto para hobby. Porém, mesmo com a grande disponibilidade e variedade de aeronaves no mercado, estudos que abordem o desenvolvimento de uma aeronave remotamente pilotada ainda são escassos. O presente artigo visa contribuir para a inovação científica e tecnológica ao que tange aos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas abordando o seu funcionamento e operação em virtude de seus componentes e ao desenvolvimento de novas propostas e soluções de drones. Serão analisados os componentes

embarcados de hardware e software, obrigatórios e opcionais, que compõem este tipo de aeronave que foram levantados a partir de uma pesquisa na literatura e, com esta análise, elucidar questões que, a priori, detêm-se no meio comercial pelos fabricantes desta tecnologia e não são, em grande maioria, disseminadas no meio acadêmico e também propor sugestões para trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: RPAS, Drones, Embarcado, Inovação, Tecnologia.

PHYSICAL COMPONENTS AND EMBEDDED SYSTEMS ON A REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM

ABSTRACT: Remotely piloted aircrafts have become increasingly common nowadays, both in business and hobby operations. But even with the wide availability and variety of aircrafts in the market, studies that address the development of a remotely piloted aircraft are still scarce. This paper aims to contribute to the scientific and technological innovation related to the Remotely Piloted Aircraft Systems addressing its function and operation by virtue of its components and the development of new proposals and solutions of drones. It will be analyzed the hardware components and software, required and optional, that compose this type of aircraft that were raised from a research in the literature and, with this analysis, elucidate issues that, a priori, is in the commercial environment by the manufacturers of this technology and are not, in large majority, disseminated in the academic environment and also propose suggestions for future work.

KEYWORDS: RPAS, Drones, Embedded, Innovation, Technology.

1 | INTRODUÇÃO

Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas são os novos atores da aviação mundial. Operadores, indústria e diversas organizações internacionais estão estudando para compreender, definir e, finalmente, promover a sua integração no contexto do espaço aéreo (MAGELLA, 2016). Segundo Anderson (2017), os dados fornecidos pelos drones são utilizados em vários setores como, por exemplo, na agricultura (mapeamento de plantas), no setor energético (monitoramento de painéis solares e turbinas eólicas), seguros (escaneamento de telhados), infraestrutura (para inspeção), comunicações, entre vários outros setores.

Segundo dados publicados pela ANAC (Agência Nacional da Aviação Civil), até janeiro de 2020 o Brasil possuía 76865 *drones*, denominados corretamente a luz da regulamentação brasileira como RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) (ANAC, 2020), cadastrados no SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas) (2018).

No Brasil, a estimativa para o mercado de drones em 2019 era de movimentar R\$ 500 milhões, incluindo a receita gerada por toda a cadeia produtiva do setor, formada pelo desenvolvimento, fabricação, importação e comercialização de equipamentos, tecnologia embarcada e softwares, além da prestação de serviços (MUNDOGEO, 2019).

Este número expressivo de aeronaves, cadastradas e em situação regular para realizar operações de voo em território nacional, bem como o número de fabricantes estrangeiros e nacionais, evidenciam a popularidade e a significância que esta tecnologia possui atualmente no cenário comercial e de pesquisa mundial e brasileiro.

Além da disponibilidade de drones já produzidos pelas centenas de fabricantes, o mercado ainda é fértil para quem deseja se aventurar a construir seu próprio equipamento. Para o desenvolvimento de novas tecnologias de *drones* é fundamental ter-se pleno conhecimento dos componentes básicos que compõem este tipo de aeronave e daqueles componentes que agregam funcionalidades à mesma. Estes componentes, sendo eles *hardware* ou *software*, impactam diretamente na realização da operação de voo e na sua finalidade. Este artigo apresenta os componentes físicos envolvidos no processo de construção de um drone, bem como o sistema embarcado necessário.

Além da construção do drone em si, fabricantes e operadores devem considerar a legislação vigente relacionada como, por exemplo, a RBAC-E N° 94 (ANAC, 2017), Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil, da ANAC. Em (GLINSKI, 2017), os autores apresentam um levantamento da legislação vigente atualmente no Brasil.

A metodologia utilizada para a revisão sobre as tecnologias de RPAS presentes neste trabalho objetiva-se a buscar um melhor entendimento sobre as mesmas e identificar as questões mais significativas pertinentes a indústria e a pesquisa acadêmica que, por conseguinte, estimulem e floresçam a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias. Os procedimentos metodológicos deste trabalho foram:

- Avaliação da temática de aeronaves remotamente pilotadas;
- Levantamento bibliográfico;
- Levantamento, sistematização e interpretação dos dados.

O presente artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os componentes físicos de uma aeronave subdivididos em obrigatórios e opcionais; a Seção 3 trata dos sistemas embarcados; na Seção 4 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2 | COMPONENTES FÍSICOS

O Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada é um conjunto formado pela aeronave, denominado RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), e pela estação de pilotagem remota, o equipamento usado pelo piloto para controlar a aeronave remotamente, denominado RPS (*Remotely Piloted System*). O RPAS é o conjunto RPA e RPS.

Tanto a aeronave em si quanto a estação de pilotagem remota são construídos como uma série de componentes de *hardware*. Para cada fabricante e seus respectivos modelos, porém, estes componentes sofrem variações, mas de forma geral podemos enquadrá-los em duas categorias principais: Aqueles essenciais para conferir capacidade de voo para a aeronave e; aqueles que conferem recursos extras que podem ser utilizados na operação de voo, mas não são obrigatórios (ARDUCOPTER, 2018).

2.1 Equipamentos tidos como obrigatórios

Nesta seção apresentamos os componentes de *hardware* obrigatórios para conferir capacidade de voo para uma aeronave. Os itens descritos a seguir não são discriminados em questões quantitativas e individuais, uma vez que quantidade, peso, potência, dimensões, etc. não são específicas e irão diferenciar-se para cada modelo de aeronave e finalidade projetada.

- **Estrutura:** É o corpo propriamente dito do *drone*, pode ser também denominado como quadro ou *frame*. A estrutura, segundo Demolinari (2016), a estrutura básica do corpo da aeronave é formada por uma região central onde se acoplam os braços e onde ficam fixados os sensores, o controlador de voo e as baterias, nas extremidades dos braços são acoplados os motores;
- **Controlador eletrônico de velocidade:** Conhecido pela sigla ESC (*Electronic Speed Controller*), faz a comunicação entre a placa controladora com o motor, sendo assim, para cada motor que a aeronave possui, é necessário um ESC. “Para se controlar a rotação de um motor trifásico é necessário um circuito de potência que contenha inversores, sensores e um circuito que seja capaz de controlar os acionamentos” (DEMOLINARI, 2016);

- **Motor:** Podem ser denominados também como rotores. Para sustentar uma aeronave no ar durante os voos, é necessário que os motores possuam uma alta capacidade de rotação. Entre os dois tipos principais de motores elétricos, motores com escova e sem escovas (*brushless*), para Demolinari (2016), os motores *brushless* são os mais amplamente utilizados por possuírem grande eficiência e durabilidade. É também pelo número de motores que uma aeronave possui que podemos classificá-las em tricópteros (três motores), quadricópteros (quatro motores), hexacópteros (seis motores) ou octacópteros (oito motores), independente da forma e disposição dos motores na estrutura da aeronave;
- **Hélice:** Atuam junto aos motores. Quando a hélice está em alta rotação, girando de forma perpendicular em torno do seu eixo, fornece a propulsão necessária para que a aeronave levante voo e a sustentabilidade no ar para se manter estável e se deslocar;
- **Bateria:** É a fonte de energia, alimenta todos os componentes embarcados da aeronave. As baterias possuem uma grande variedade quanto a sua capacidade de carga, dimensões (altura e largura), peso, quantidade de células e tecnologia de armazenamento, e para cada modelo de quadro ou necessidade operacional, estas variáveis devem ser levadas em conta. A bateria é um dos itens obrigatórios que mais impactam financeiramente no valor de uma aeronave;
- **Carregador de bateria:** Considerando o impacto do custo de uma bateria, é essencial a sua reutilização após o seu uso. Para tanto, é necessário a utilização de um carregador específico para estas baterias;
- **Placa controladora:** A placa controladora é um dos componentes chave da construção de uma aeronave, é o seu cérebro. Segundo Doctordrone (2018), este equipamento tem a função de processar os sinais de entrada e gerar saídas adequadas, assim permitindo o controle da aeronave durante as suas operações de voo pelo operador em terra;
- **Rádio controlador:** A estação de controle remota, chamada de RPS, é o equipamento utilizado pelo piloto em terra para controlar a aeronave. Existem vários modelos de rádios controle, cada um deles possuindo suas especificações, sendo estas especificações variando do número de funções que podem ser pré-programadas até a precisão dos controles;
- **Rádio receptor:** É o elo de ligação do RPA (aeronave) com o RPS (estação de controle remota).

2.2 Equipamentos tidos como opcionais

Estes são alguns equipamentos que podem ser considerados como opcionais. Quaisquer outros equipamentos de tecnologia podem se enquadrar nesta categoria, uma vez que fornecem apenas recursos para a aeronave, mas não são necessários para conferir capacidade de voo:

- **Câmara:** Também denominada de sensor ótico, uma câmera pode ser acoplada à aeronave, permitindo assim registrar fotos e vídeos;
- **Gimbal:** O *gimbal* é um equipamento utilizado junto a câmera e acoplado à aeronave, e tem como objetivo fazer a estabilização mecânica da câmera para obter, com maior qualidade, imagens e vídeos durante as operações de voo;
- **Sensor ultrassônico:** Sensor que detecta a presença de corpos e sua distância, em caso de uma aproximação perigosa de um edifício, pessoa ou mesmo de outra aeronave. Quando equipada e devidamente configurada com um sensor ultrassônico, a aeronave pode evitar uma colisão;
- **Visão em primeira pessoa:** Também conhecida como FPV (*First Person View*) é um equipamento que permite realizar os voos com o *drone* de forma que transmita a sensação de estar pilotando aeronave de dentro dela. Utilizado junto a um sensor ótico;
- **Monitor:** Equipamento utilizado em conjunto com um sensor ótico, facilita a visualização do que está sendo capturado em imagem ou vídeo por parte do operador remoto em terra;
- **Monitor de bateria:** Permite que o operador em terra possa acompanhar o nível de carga da bateria da aeronave. Emite um sinal luminoso e sonoro indicando que, quando a situação da bateria estiver no final de sua carga, o operador possa tomar as devidas medidas para evitar um acidente;
- **Telemetria:** Possibilita que sejam transmitidos dados da aeronave para o controlador em terra. Essas informações, enviadas da aeronave em tempo real, tais como altitude, carga da bateria, velocidade, etc, podem auxiliar na operação.

3 | SISTEMAS EMBARCADOS

Existe uma grande variedade de placas controladoras encontradas no mercado. Para cada modelo e fabricante existe um conjunto de instruções específicas (*firmware*) bem como para cada tipo de aeronave e modo de voo existe a sua respectiva versão e configuração do sistema.

Os sistemas embarcados possuem diferenças em relação as licenças de uso. Modelos de código aberto, mantidos por comunidades de *software* livre, permitem que o usuário final realize alterações no algoritmo da controladora para que assim ela atenda melhor as suas necessidades e requisitos desejados. Um exemplo de controladora de código aberto é a ArduPilot (2018). Outras controladoras possuem licenças proprietárias e não permitem que o usuário final possa realizar alterações no seu código. Um exemplo de controladora de licença proprietária é a DJI Naza-M Lite (DJI, 2018).

Alguns destes modelos, não restringindo ao *software* apenas, mas a controladora como um todo, possuem apenas as funções necessárias para realizar as operações de voo, entre elas estão o mapeamento dos canais de controle do rádio controlador para determinar direção e altitude do voo. Em razão disso, estas placas possuem um sistema embarcado mais simples e um valor monetário mais baixo, já que possuem menos funções do que modelos mais sofisticados.

Outras controladoras, as mais sofisticadas, tem a capacidade de processar dados de sensores embarcados ou externos como, por exemplo, o GPS (*Global Positioning System*), barômetro, giroscópio e telemetria. Graças a estes recursos adicionais da placa embarcados ou externos, conectados e configurados a ela, e do seu *software*, o controle e estabilidade da aeronave durante o voo é muito mais simples e não necessita de plena experiência e capacidade operacional por parte do operador remoto.

Além dos sistemas ArduPilot e DJI Naza-M Lite, outros sistemas podem ser nomeados: iNAV, LibrePilot, PX4 Flight Stack, Paparazzi, BetaFlight, dRonin, CleanFlight, KISS e RaceFlight, sendo que os cinco últimos listados são mais utilizados em corridas de *drone* e os anteriores são mais utilizados para uso profissional e recreativo.

4 | CONCLUSÕES

Novas tecnologias de *drones* estão emergindo, e sua aplicação nos mais diferentes setores da economia vem crescendo. Vários modelos de aeronaves, com diferentes especificações, podem ser adquiridos hoje em dia e utilizados em uma determinada aplicação, porém, ao visarmos e fomentarmos o desenvolvimento desta tecnologia e a inovação neste e em outros setores graças a aplicação destas aeronaves, primeiro precisamos conhecer os componentes que formam este sistema.

O presente artigo cobriu os conceitos e equipamentos básicos relacionados a construção de uma aeronave remotamente pilotada e o seu sistema de controle remoto. Este é um processo que necessita de um projeto adequado e estar em acordo com os requisitos funcionais desejados como, por exemplo, autonomia de voo e capacidade operacional, necessitando do entendimento dos componentes obrigatórios e aqueles que podem agregar funcionalidades.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo do impacto que estes componentes possuem em uma aeronave durante a realização de suas operações de voo, de que forma é possível otimizar a utilização destes recursos de *hardware* e *software*, e o desenvolvimento de um RPAS que atenda em particular uma necessidade em um ramo da economia em que pesquisas com drones estejam sendo realizadas, o desenvolvimento de aeronaves mais eficientes ao comparar e integrar os equipamentos embarcados, bem como a constante atenção em relação aos requisitos legais para a realização de voos previstos pela ANAC e pelo DECEA.

Há muito espaço para a inovação neste setor e também na sua aplicação em outros setores da economia, onde possui grande potencial emergente devido a diversidade de produtos e serviços que podem ser oferecidos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC pelo apoio financeiro por meio do Termo de Outorga N° 2017TR760, Edital Chamada Pública FAPESC N° 01/2016 – Apoio à infraestrutura para grupos de pesquisa da UDESC.

REFERÊNCIAS

ANAC – Agência Nacional da Aviação Civil **Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil. RBAC-E nº 94**. Brasília, 2017.

ANAC - Agência Nacional da Aviação Civil. **Quantidade de cadastros**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/quantidade-de-cadastros>>. Acesso em: 14 de abr. de 2020.

ANDERSON, C. **Drones Go to Work**. *Harvard Business Review* (May 2017) online: <hbr.org>.

ARDUCOPTER **What do I need for my Arducopter multi-rotor UAV?** Disponível em: <<http://www.arducopter.co.uk/what-do-i-need.html>>. Acesso em: 28 de ago. de 2020.

ARDUPILOT. **ArduPilot Mega**. Disponível em: <<https://www.ardupilot.co.uk>>. Acesso em: 28 de ago. de 2020.

DEMOLINARI, H. C. **Projetos de Construção um Drone Hexacóptero**. 2016. Projeto de Graduação II – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

DJI. **DJI-M Lite**. Disponível em: <<https://www.dji.com/naza-m-lite>>. Acesso em: 28 de ago. de 2020.

DOCTORDRONE. **Controladoras de Voo (Flight Controller)**. Disponível em: <<http://doctordrone.com.br/controladoras-de-voo-flight-controller/>>. Acesso em: 28 de ago. de 2020.

GLINSKI, P. H. T. et al. **Aeronaves Remotamente Pilotadas e a Atual Regulamentação no Brasil**. Congresso Nacional de Inovação e Tecnologia, [S.I.], oct. 2017. ISSN 2526-3145.

MAGELLA, P. E. A. de. **A operação de aeronaves remotamente pilotadas e a segurança do espaço aéreo** / Coronel Aviador Paulo Eduardo Albuquerque de Magella. - Rio de Janeiro: ESG, 2016

MUNDOGEO. **Geotecnologia e Drones movimentam R\$ 1,5 bi em 2019 e geram 100 mil empregos**. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2019/05/14/geotecnologia-e-drones-movimentam-r-15-bi-em-2019-e-geram-100-mil-empregos/>>. Acesso em: 14 de abr. 2020.

SISANT. **Cadastro de drones**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/cadastro-de-drones>>. Acesso em: 28 de ago. de 2020.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CAMPO ELÉTRICO EM ESTRUTURAS PERIÓDICAS CONSIDERANDO O EFEITO DISPERSIVO DO MATERIAL

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 09/09/2020

André Ferreira Teixeira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/4117184145281894>

Moacir de Souza Júnior

Universidade Federal de São João Del Rei
Ouro Branco – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9221554883649374>

Ramon Dornelas Soares

Universidade Federal de São João Del Rei
Ouro Branco – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1150050058028878>

RESUMO: O presente trabalho investiga por meio de simulação computacional, o comportamento de campos elétricos em frequências da ordem de terahertz (THz) quando incidentes em estruturas periódicas formadas por tubos de material dielétrico com perdas (polímero) e de PEC (*Perfect Electric Conductor*). Foram utilizadas estruturas em formato geométrico côncavo e convexo. Em todos os casos, simulou-se uma onda plana e uniforme como fonte de campo eletromagnético, além disso, a orientação deste campo se deu da seguinte maneira: o campo elétrico na direção "x" e propagação na direção "y". A dispersão dielétrica (fenômeno presente em dielétricos com perdas) foi considerada, tendo sido modelada pela teoria do oscilador simples de Lorentz. Os resultados apresentados

sugerem pouca influência da forma geométrica das estruturas no campo elétrico transmitido, mas a presença dos tubos dielétricos associados a tubos PEC, modificou a distribuição do campo transmitido para todos os valores de frequências e permissividade elétrica investigados.

PALAVRAS-CHAVE: Permissividade elétrica, dispersão dielétrica, oscilador de Lorentz.

STUDY OF ELECTRICAL FIELD BEHAVIOR IN PERIODIC STRUCTURES CONSIDERING THE DISPERSIVE EFFECT OF THE MATERIAL

ABSTRACT: The present work investigates by means of computer simulation, the behavior of electric fields in frequencies of the order of terahertz (THz) when the incident in periodic structures formed by tubes of lossy dielectric material (polymer) and PEC (*Perfect Electric Conductor*). Structures in concave and convex geometric shapes were used. In all cases, a flat and uniform wave was simulated as a source of an electromagnetic field, in addition, the orientation of this field was as follows: the electric field in the "x" direction and propagation in the "y" direction. Dielectric dispersion (phenomenon present in lossy dielectrics) was considered, having been modeled by the Lorentz simple oscillator theory. The results presented suggest little influence of the geometric shape of the structures in the transmitted electric field, but the presence of the dielectric tubes associated with PEC tubes modified the distribution of the transmitted field for all the values of frequencies and electrical permittiveness investigated.

KEYWORDS: Electrical permittivity, dielectric dispersion, Lorentz oscillator.

1 | INTRODUÇÃO

Na tentativa de descrever a interação entre átomos e campos elétricos em termos clássicos, Hendrik Antoon Lorentz (físico holandês no final do século XIX) propôs que o elétron esteja ligado ao núcleo do átomo por uma força que se comporta de acordo com a Lei de Hooke, como mostra a Figura 1. Um campo elétrico aplicado interagiria com a carga do elétron e a resposta seria equivalente à massa clássica presa em uma mola, com amortecimento e uma força motriz externa, gerando oscilações harmônicas amortecidas [HORIBA, 2006]. Este é o chamado modelo de oscilador de Lorentz.



Figura 1 – Modelo de ligação do elétron seguindo a lei de Hooke [Almong, et al. 2011].

Tal modelo é de fundamental importância na óptica, tendo uma aplicação direta no estudo dos metamateriais, pois fornece uma descrição fisicamente atraente e precisa dos fenômenos de dispersão [Kurt & Natalie, 2003], tendo em vista que as propriedades elétricas dos materiais dielétricos podem variar com a frequência do campo eletromagnético [Nikolay, et al. 2003].

Sabe-se que a resposta de um sistema à presença de um campo eletromagnético é determinada pelas propriedades intrínsecas dos materiais envolvidos, que são descritas pelos parâmetros macroscópicos a saber: permissividade elétrica (ϵ) e permeabilidade magnética (μ) [Engheta & Ziolkowski, 2006].

Através do modelo do oscilador de Lorentz, é obter as curvas para a permissividade elétrica e permeabilidade magnética em função da frequência.

Com base neste modelo, foi possível analisar o comportamento de estruturas construídas com materiais comuns frente a campos eletromagnéticos dentro de uma faixa específica de frequências.

O objetivo principal deste trabalho é abordar o comportamento do campo elétrico transmitido, nas frequências da ordem de terahertz (THz), quando incidente em estruturas periódicas formadas de dielétricos e condutores perfeitos. O modelo de dispersão de Lorentz, denominado de modelo do oscilador simples, foi considerado nas simulações. As simulações foram realizadas no *software CST Studio Suite™*.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Considerando um átomo simplificado, o núcleo e os elétrons formam um sistema que pode ser aproximado como um dipolo conforme a Figura 2. Na presença de um campo elétrico, as cargas se orientam, provocando uma mudança de posição indo da Figura 2 (a) para a Figura 2 (b).

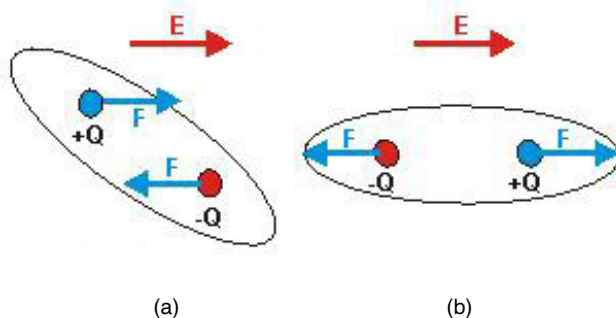


Figura 2 – Dipolo elétrico na presença de um campo elétrico: (a) estado inicial. (b) estado posterior.

No modelo do oscilador de Lorentz, os elétrons estão ligados a um átomo por uma força de restauração linear dada pela lei de Hooke [Mageto, et al. 2012]. A força de atração do núcleo positivo com o elétron para pequenos deslocamentos em torno da posição de equilíbrio, pode ser considerada linear. A permissividade elétrica e a permeabilidade magnética dos materiais são características constitutivas que podem ser obtidas, em função da frequência do campo elétrico externo [Mageto, et al. 2012], como

$$\tilde{\epsilon}(\omega) = \epsilon_{\infty} + \frac{(\epsilon_s - \epsilon_{\infty}) \omega_0^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) + i \Gamma_0 \omega} \quad (1)$$

e

$$\tilde{\mu}(\omega) = \mu_{\infty} + \frac{(\mu_s - \mu_{\infty}) \omega_0^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) + i \Gamma_0 \omega} \quad (2)$$

onde ω_0 (rad/s) é a frequência de ressonância, Γ_0 (rad/s) é o fator de amortecimento, ω (rad/s) é a frequência do campo externo, ϵ_s permissividade elétrica estática relativa, quando ω tende a zero, ϵ_{∞} permissividade elétrica relativa quando ω tende ao infinito, μ_s permeabilidade magnética estática relativa, quando ω tende a zero e por fim, μ_{∞} permeabilidade magnética relativa quando ω tende ao infinito.

3 | METODOLOGIA

3.1 Modelagem teórica

O material utilizado foi o polímero descrito em [HORIBA, 2006]. Para se obter as curvas da permissividade elétrica e da permeabilidade magnética deste polímero, em função da frequência do campo eletromagnético externo, pelo modelo de Lorentz, se fez necessário a pesquisa na literatura dos parâmetros de (1) e (2) para serem inseridos no *CST Studio Suite™*.

Em [HORIBA, 2006], os parâmetros propostos para este estudo foram: $\omega_0 = 1,8231 \times 10^{16}$ rad/s, $\varepsilon_s = 2,3$, $\varepsilon_\infty = 1$, $\Gamma_0 = 7,5963 \times 10^{15}$ rad/s, $\mu_s = 1$ e $\mu_\infty = 1$. Usando estes parâmetros em (1) e (2), pode-se traçar as curvas da Figura 3, que mostra o aspecto da curva da parte real e imaginária da permissividade elétrica e permeabilidade magnética, onde Eps' é o componente real da permissividade elétrica relativa, Eps'' o componente imaginário da permissividade elétrica relativa, Mu' é o componente real da permeabilidade magnética relativa e por último o Mu'' componente imaginário da permeabilidade magnética relativa.

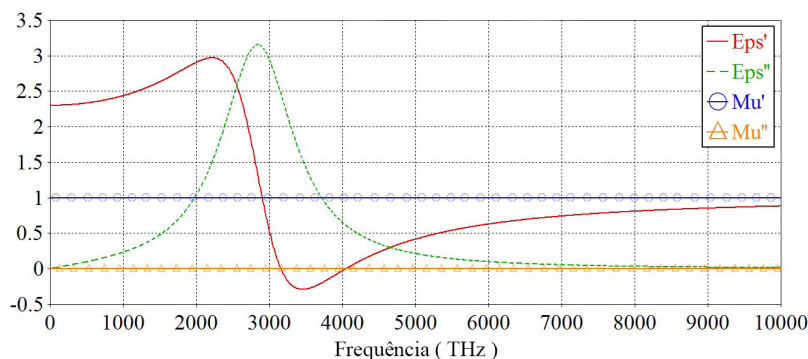


Figura 3 – Curvas para ε e μ obtidas pelo software CST Studio Suite.

3.2 Modelagem computacional

As simulações foram realizadas no domínio tempo [CST®]. O CST, para obtenção dos resultados numéricos, utilizou um modelo de malha composta por elementos hexaédricos, pois a mesma é recomendada para lidar com diversos tipos de estruturas complexas [Hirtenfelder & Lubkowski, 2007]. A fonte de campo utilizada foi uma onda plana com amplitude de campo elétrico de 10 V/m na direção "x" e direção de propagação em "y". Nas simulações foram considerados os valores de frequências para os quais a parte real da permissividade elétrica assumiu negativos e positivos, conforme Figura 4 e Tabela 1. Todos os resultados de campo elétrico estão em RMS.

Frequência (THz)	Permissividade elétrica real
2580,8	2,5003
2901,5	1,0003
3454,1	-0,29102
4043,2	-0,00022741

Tabela I. Valores de permissividades para cada frequência

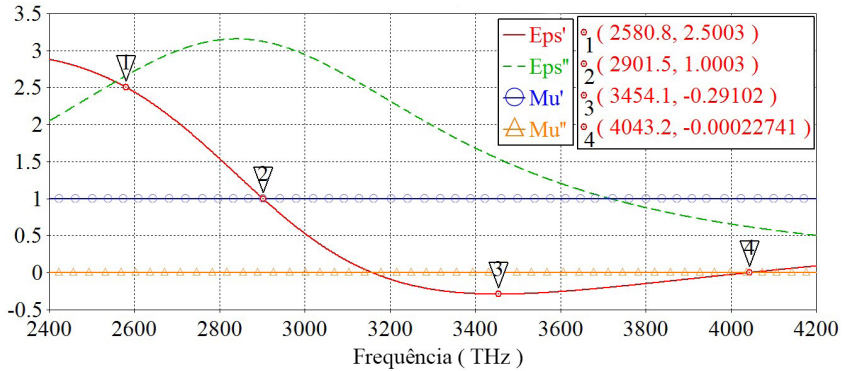


Figura 4 – Valores de frequência com as permissividades elétricas.

3.3 Casos simulados

As Figuras 5 e 6 apresentam as estruturas simuladas destacando-se as dimensões de cada uma. A curvatura de todas as estruturas seguiu a equação da parábola $y = x^2$ e $y = z^2$. O sistema de coordenadas está representado adequadamente em cada uma das figuras. A fonte de campo também é representada nas figuras (em vermelho) onde "e" é o vetor campo elétrico.

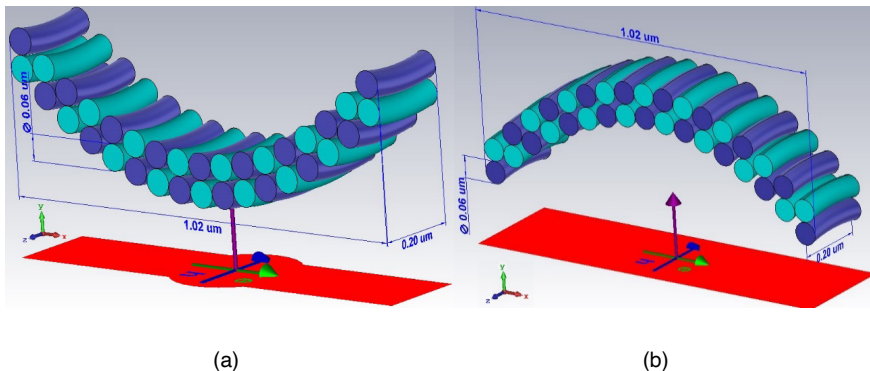


Figura 5 – Tubos maciços PEC e dielétrico: (a) curvado para cima (b) curvado para baixo.

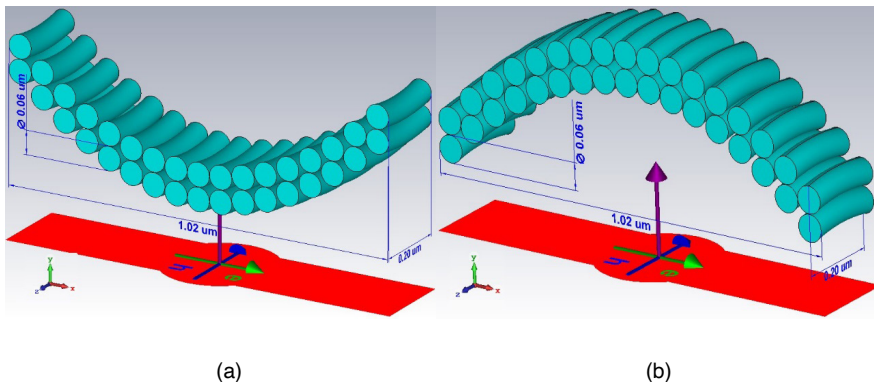


Figura 6 – Tubos maciços dielétricos: (a) curvado para cima (b) curvado para baixo.

A região de simulação foi de $2,65 \mu\text{m}$ na direção y , sendo que nas direções x e z foi de $0,004 \mu\text{m}$ a partir da estrutura, de modo a minimizar os efeitos de difração. Todos os 34 tubos maciços possuem um raio de $0,03 \mu\text{m}$ e comprimento de $0,20 \mu\text{m}$ e estão dispostos em duas camadas. As estruturas com a cor escura são de material PEC e as de cor clara são os materiais dielétricos com perdas, cuja permissividade elétrica e permeabilidade magnética variam de acordo com o modelo já citado do oscilador de Lorentz.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram obtidos para cada um dos casos de duas maneiras: (1) distribuição do módulo do campo na região de todo o domínio computacional, conforme apresentado em cada um dos casos, para cada uma das frequências como mostra a Figuras 8, 11, 14 e 17, (2) os valores de campo elétrico foram traçados ao longo das linhas 1 e 2 da Figura 7 (a) e Figura 7 (b) e são representados pela Figuras 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18 e 19. A posição da estrutura está indicada nas figuras onde utiliza-se a linha 1.

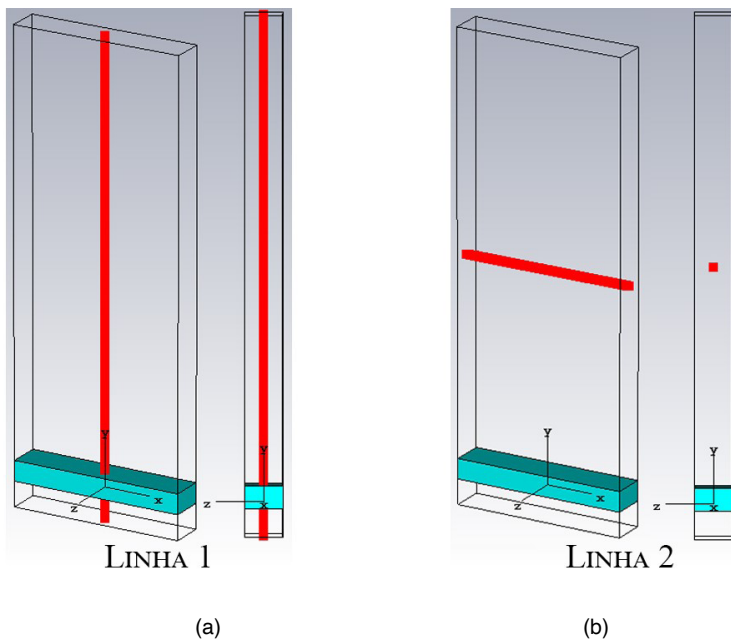


Figura 7 – Linhas de cálculo do campo elétrico: (a) realizada em $z = 0$ e $x = 0$, ao longo do eixo y e (b) realizada em $z = 0$, y na metade da região de simulação e ao longo de x .

4.1 Tubos maciços dielétricos-pec curvados para cima

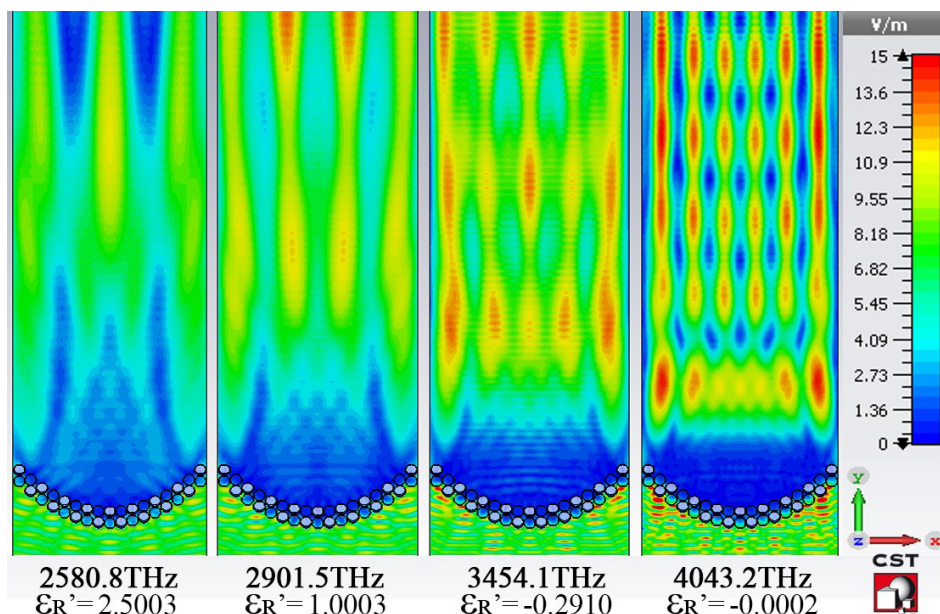


Figura 8 – Distribuição do módulo do campo elétrico na região de simulação.

Observou-se uma concentração do campo para as quatro frequências e diferentes valores de permissividade elétrica. A intensidade do módulo do campo elétrico transmitido foi maior para a frequência, 3454,1THz, que correspondeu ao valor mínimo (negativo) da permissividade elétrica.

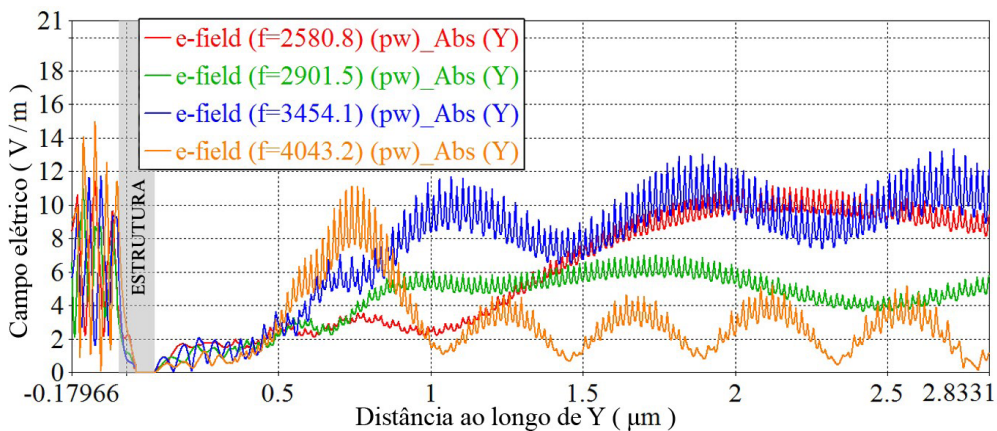


Figura 9 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 1.

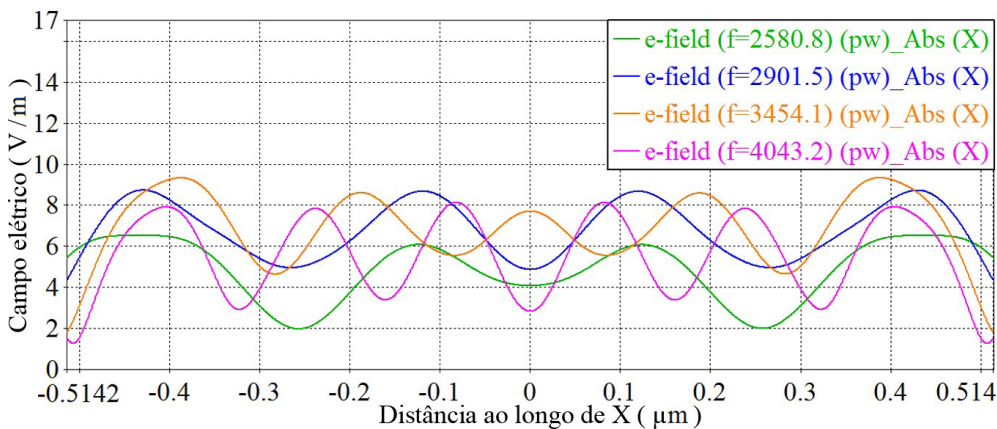


Figura 10 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 2.

4.2 Tubos maciços dielétricos curvados para cima

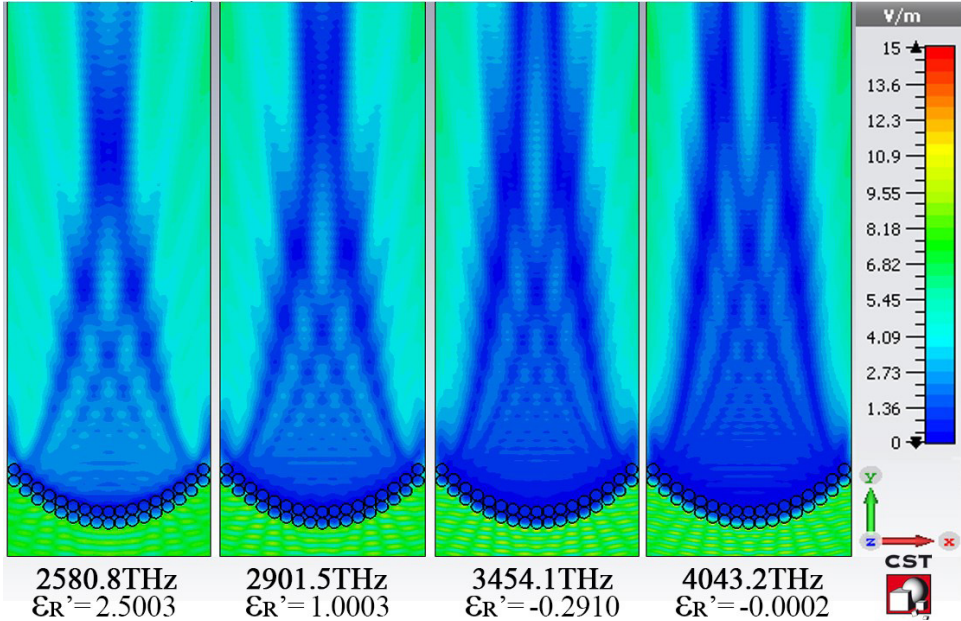


Figura 11 – Distribuição do módulo do campo elétrico na região de simulação.

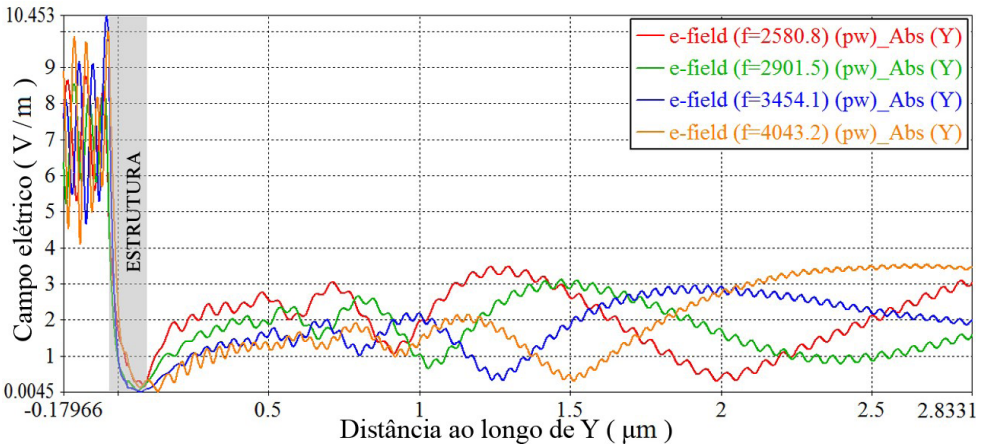


Figura 12 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 1.

O módulo do campo foi praticamente o mesmo para todas as frequências e permissividades elétricas ao longo da linha 1.

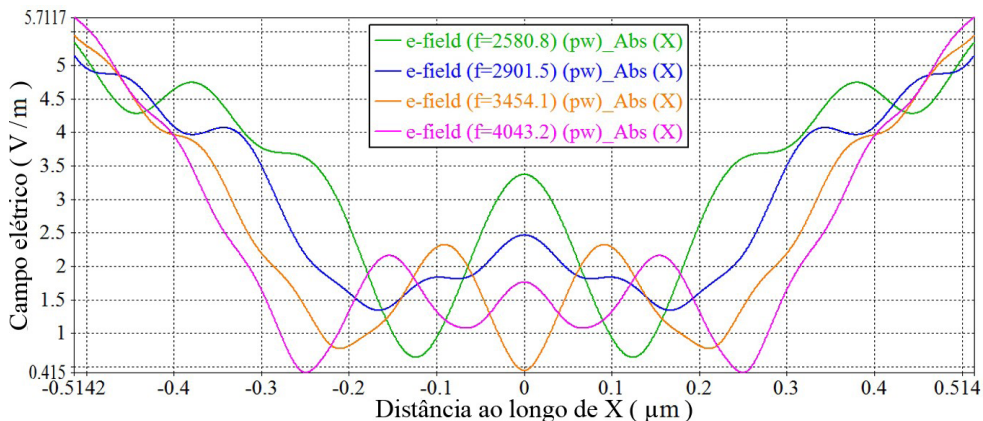


Figura 13 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 2.

Os resultados sobre a linha 2, mostraram um efeito da difração do campo. A Figura 11 mostraram que a diferença na distribuição do módulo do campo foi menor se comparada à Figura 8.

4.3 Tubos maciços dielétricos-pec curvados para baixo

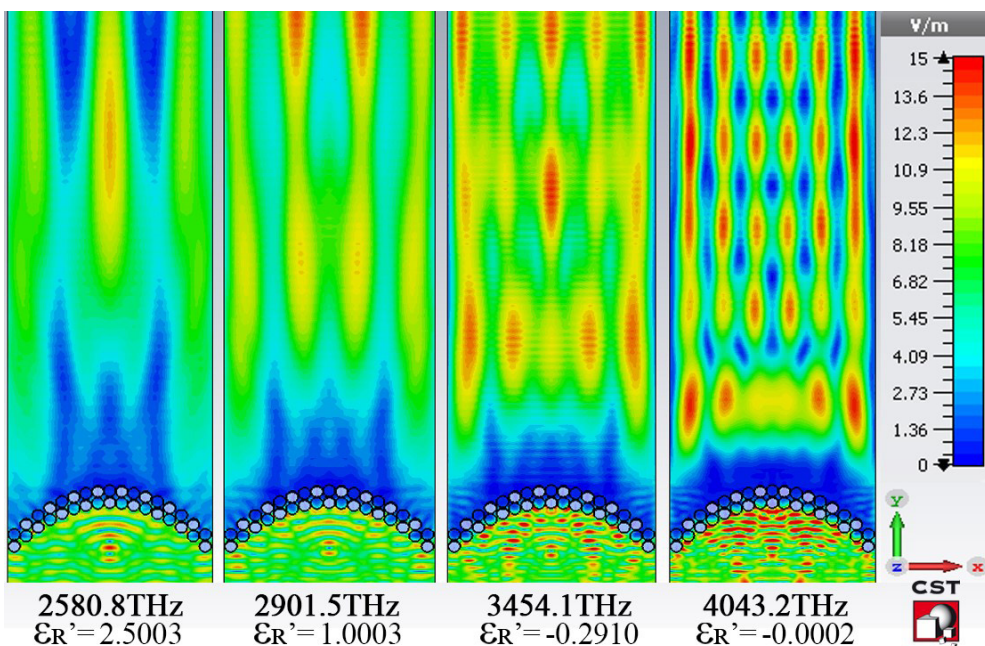


Figura 14 – Distribuição do módulo do campo elétrico na região de simulação.

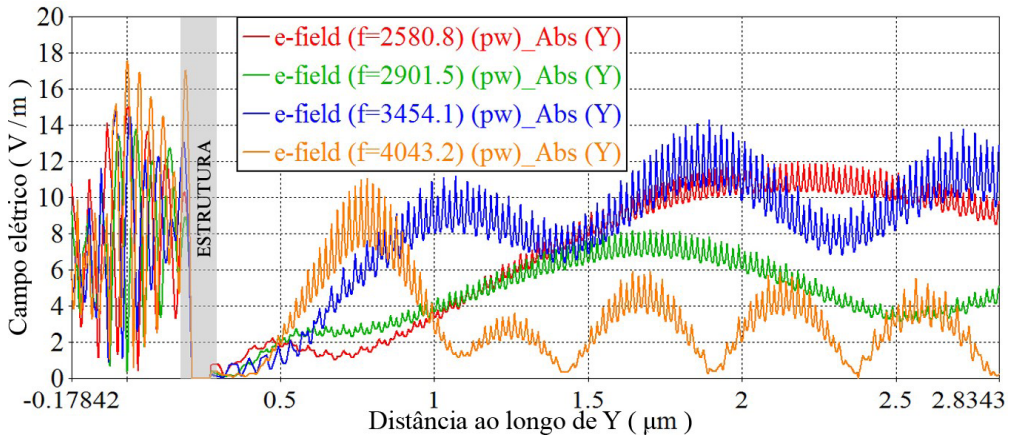


Figura 15 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 1.

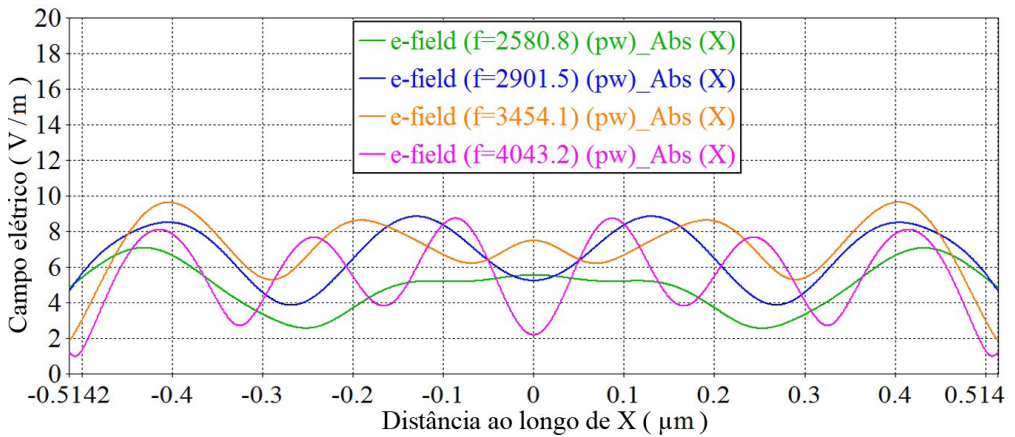


Figura 16 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 2.

Observa-se uma semelhança nos resultados obtidos utilizando PEC e dielétrico em ambas as curvaturas (Figura 10 e Figura 16)

4.4 Tubos maciços dielétricos curvados para baixo

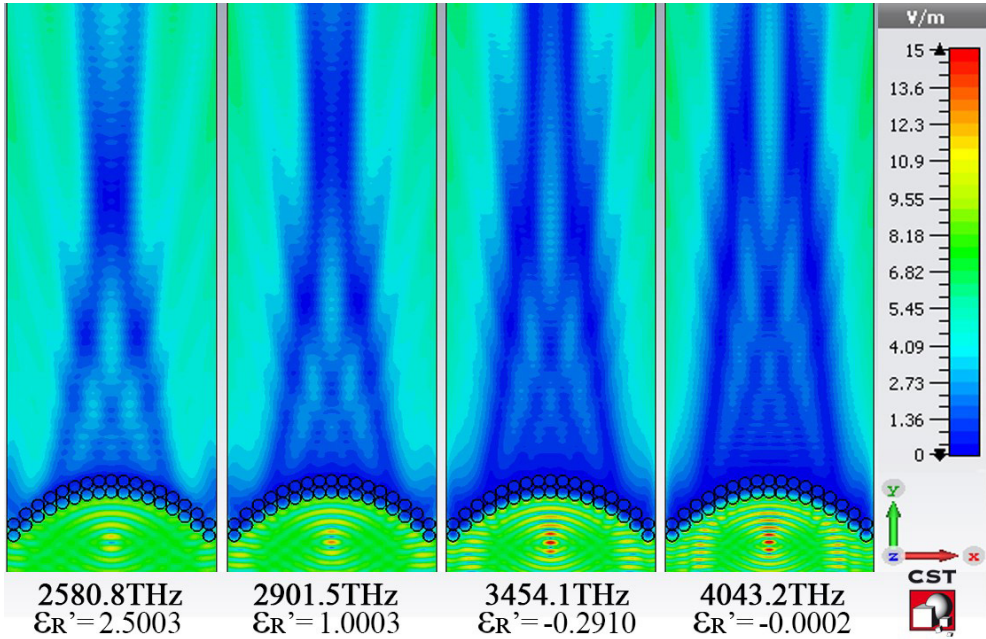


Figura 17 – Distribuição do módulo do campo elétrico na região de simulação.

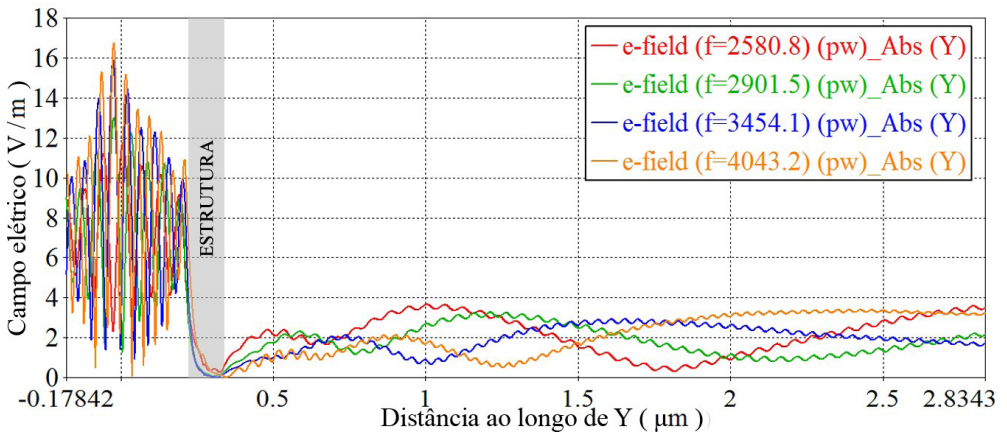


Figura 18 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 1.

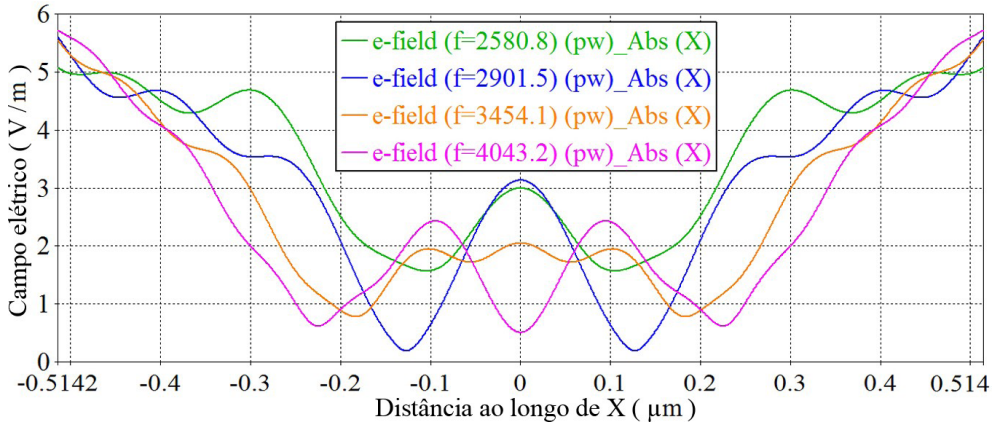


Figura 19 – Intensidade do módulo do campo elétrico ao longo da linha 2.

Os resultados apresentados foram semelhantes utilizando somente dielétricos, mas com curvatura invertida, não foi percebida uma diferença significativa na distribuição do módulo do campo elétrico transmitido ao longo da linha 1. A distribuição de campo apresentada na Figura 18 foi parecido com o da Figura 12, ou seja, a concavidade das estruturas não influenciou nos resultados.

5 | CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nas simulações indicaram que a intensidade do módulo do campo elétrico transmitido (após as estruturas) foi significativamente diferente na presença de dielétricos e condutores posicionados de maneira alternada, em relação às estruturas formadas apenas por dielétricos. Tais resultados se mostraram para os diferentes valores de frequência e permissividade elétrica conforme comparação entre as Figura 8 e Figura 11 e entre as Figuras 14 e 17. Os resultados, tanto para a distribuição do campo na região, como ao longo das linhas 1 e 2 foram semelhantes entre os casos simulados com PEC com dielétrico e entre os casos em que a estrutura é formada somente com material dielétrico, o que mostrou que a forma geométrica da estrutura não foi determinante para o campo elétrico transmitido.

Vale destacar que a presença do dielétrico e PEC alternados em uma mesma estrutura fez com que o módulo do campo elétrico transmitido ficasse bem maior em comparação com a estrutura formada somente pelo dielétrico. Estes resultados vêm de encontro com os resultados apresentados por alguns estudos envolvendo metamateriais, que se caracterizam por possuírem permeabilidade magnética relativa e permissividade elétrica relativa menores que a unidade e são construídos com a mistura entre materiais condutores e dielétricos podendo funcionar como lentes eletromagnéticas planas convergentes [Gonçalves, 2011].

REFERÊNCIAS

Almong, I. F.; Bradley, M. S. and Bulovic .V. **“The Lorentz oscillator and its applications. Electromagnetic Energy: From Motors to Lasers”**, *spring* (2011).

CST STUDIO SUITE®, CST – Computer Simulation Technology AG, www.cst.com.

Engheta, N.; Ziolkowski, R. W. **“Metamaterials, physics and engineering explorations”**. *IEEE*, (2006).

Gonçalves, A. **“Ondas Eletromagnéticas em Meios Metamateriais”**. 75 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – *Instituto Superior Técnico, Lisboa*, Portugal, (2011).

Hirtenfelder, F. and Lubkowski, G. **“3D Field Simulations using FI Time Domain Technique of Wedge and Parabolic Shape Left Handed Materials (LHM)”**. *International Workshop on Antenna Technology (IWAT)*, (2007).

HORIBA JOBIN YVON. **Lorentz Dispersion Model**, France, (2006).

Kurt, E. O. and Natalie, A. C. **“On the Lorentz-Lorenz formula and the Lorentz model of dielectric dispersion”**. *Optical Society of America*, (2003).

Mageto, M. J.; Maghanga, C. M and Mwamburi, M. **“The Lorentz oscillator model simulation Illustrating a broad maximum in the bulk reflectance for frequencies just above the resonance frequency”**. *The African Review of Physics*, (2012).

Nikolay, S. S.; Todd, A. K.; Madeleine, M. L. and Allen, T. **“Finite-element time-domain algorithms for modeling linear debye and lorentz dielectric dispersions at low frequencies”**. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, v. 50, p. 1100-1107, no. 9, (2003).

ARIMA METHODOLOGY APPLIED TO DEVELOP A VERY SHORT-TERM WIND POWER FORECAST MODEL FOR THE PALMAS WIND FARM (BRAZIL)

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 18/11/2019

Paulo Henrique Soares

Department of Energy and Mineral Engineering,
College of Earth and Mineral Sciences,
Pennsylvania State University,
State College, PA, USA
<http://lattes.cnpq.br/1815355403122493>

Alexandre Kolodynskie Guetter

Departamento de Hidráulica e Saneamento,
Universidade Federal do Paraná,
Curitiba, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/4438410083931646>

ABSTRACT: Wind power is already a consolidated power source for electricity generation, with more than 300 GW installed worldwide. It shows impressive growth numbers, such as an increase of 715% in the world installed capacity in the period of 2003 to 2013. In Brazil, the share of wind power on total energy production has increased from less than 1% to almost 5% in just five years. However, the electricity generated from the wind is a source of uncertainties for power system operators and can generate undesired variations in the energy quality for the energy system as a whole, decreasing its efficiency. To decrease the uncertainties and increase the efficiency of wind power generation are goals of wind power forecasting (WPF) models. This work shows the development of a probabilistic WPF model applied to the Palmas Wind Farm, located

in the state of Paraná, Brazil. It was employed the well-known autoregressive integrated moving average (ARIMA) methodology to develop a very short-term WPF model. The performance of the model was evaluated using the mean absolute error (MAE) test, root mean squared error (RMSE) test and the Nash-Sutcliffe (NS) index. It was found that the model is able to forecast up to three hours ahead, where the difference between the actual generated energy and the predicted energy reaches its maximum (8.47%). The quality of the forecasts, evaluated by the MAE, RMSE and Nash-Sutcliffe index also has shown satisfactory results. It is expected that the achievements of this work may be a reference for future works produced by the Department of Hydraulics and Sanitation (DHS) of the Federal University of Paraná.

KEYWORDS: Wind power, electricity generation, wind power forecast, probabilistic models, renewable energy.

METODOLOGIA ARIMA PARA PREVISÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA DE CURTÍSSIMO PRAZO APLICADA AO PARQUE EÓLICO DE PALMAS (PARANÁ, BR)

RESUMO: A energia eólica vem apresentando uma tendência de crescimento em sua capacidade instalada, tanto no Brasil quanto no mundo. O período entre 2003 e 2013 apresentou um crescimento de cerca de 715% na capacidade instalada mundial. No Brasil, a fatia de energia gerada pelo vento representa quase 5% do cenário energético atual, contra menos de 1% há cinco anos. A expansão da geração eólica

traz consigo desafios para o sistema elétrico e seus operadores, na forma de incertezas e variações sobre a qualidade da energia gerada. Diminuir essas incertezas e contribuir para tornar os sistemas eólicos mais eficientes são objetivos da previsão da geração de energia eólica (PGEE), foco deste trabalho. As previsões apresentadas resultam de um modelo probabilístico desenvolvido com base nas séries históricas de dados de velocidade de vento da Usina Eólio-Elétrica de Palmas (COPEL), localizada no estado do Paraná, Brasil. O modelo preditivo faz uso da metodologia de modelagem ARIMA (modelos auto-regressivos integrados e de médias móveis) para gerar os resultados exibidos ao longo do texto. O desempenho da PGEE desenvolvida mostrou-se satisfatória para um horizonte de até três horas, com um erro máximo inferior a 10%. Além de ser capaz de prever satisfatoriamente a geração da energia eólica, este modelo tem a pretensão de servir de referência para futuros trabalhos sobre o tema desenvolvidos pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica, geração de energia elétrica, previsão de geração eólica, modelos probabilísticos, energias renováveis.

1 | INTRODUCTION

In 2013 Brazil had 2.4 GW of installed wind power capacity. By March 2015, this amount had increased to 5.7 GW, and it was expected that the installed wind power capacity would reach 7.9 GW by the end of 2015 (Brasil, 2015). Data from the Brazilian Mines and Energy Ministry (MME) shows that, in July of 2015, wind power was responsible for 4.4% of the total energy produced in the country (Brasil, 2015). Five years earlier, wind power was responsible for 0.72% of the total power generation (Brasil, 2010). The increase in the amount of electricity produced by the wind in Brazil is aligned with the global trend of growth of wind power installed capacity. According to the Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21), the global wind power installed capacity has reached 318 GW in 2013. In 2003 the world wind power installed capacity was only 39 GW. Thus, in ten years, the world wind power installed capacity has grown by 715% (REN21, 2013).

The increasing amount of wind power in the Brazilian and global energy markets was one of the main motivations for this research. The wind is an intermittent resource that cannot be controlled, making the power generation from the wind more challenging to manage when compared to traditional sources (Lu, 2008). On the other hand, wind power has advantages over other power generation sources as it is considered a clean energy source. Moreover, the installation of wind turbines is simpler when compared to the other power sources (except perhaps solar power) and it causes little environmental impact (Lu, 2008, Villela & Silveira, 2007).

In reality, wind power is a challenging matter for the operators of the electricity grid because the insertion of the wind power into the energy grid, if not done properly, can impact the quality of the distributed electricity. Distortions of the harmonics, voltage fluctuations and odd frequencies are examples of possible problems (Anaya-Lara et al., 2009). In

this context, the wind power forecast (WPF) becomes an important tool to decrease the uncertainty associated with this type of power generation and different types of WPF can be developed, with varied forecast horizons and approaches. Very short-term and short-term forecasts usually are built on statistical methods and rely mainly on the wind speed and wind direction time series. On the other hand, mid-term and long-term forecasts employ numerical weather forecast methods to develop the WPF model (Monteiro et al., 2009). Regardless of the choice of the forecast horizon, the models are used to estimate the future wind power generation, a piece of information that can facilitate the insertion of the electricity into the power grid by the system operators (Monteiro et al., 2009, Wang et al., 2009). The WPF can also be employed as a tool for planning the maintenance schedule for the wind farms. For all these reasons, WPF can be considered as a fundamental tool for the power sector (Monteiro et al., 2009).

This work presents the development of a statistical WPF model built on top of the past wind speed time series from the Palmas Wind Farm, located in the state of Paraná, Brazil. The model uses auto-regressive and moving average models (ARIMA models) to forecast wind speed and wind power at the Palmas site. The chosen methodology has been widely employed for forecasting purposes and can serve as a baseline model, and its results can later be compared to the ones generated by more complex models, such as models based that use artificial intelligence algorithms (e.g., support vector regression or artificial neural networks (Rodrigues et al., 2015).

The developed model provided reliable forecast results up to three hours ahead, where it showed an MAE (Mean Absolute Error) of 0.99 m/s during summertime and 1.19 m/s during wintertime. The Nash-Sutcliffe (NS) index showed positive results for the three hours ahead forecast, about 0.57, for both seasons. The difference between real and forecasted data for the selected period of assessment was less than 10%, as illustrated in Figure 7.

The development of a reliable WPF was the main goal of this work, which was conceived to be a baseline study, a reference for future studies developed by the team of the Department of Hydraulics and Sanitation (DHS) of the Federal University of Paraná. The secondary goal of this work is perhaps to promote this field of study within the department.

This paper is organized as follows: section 2 exhibits the details of the Palmas Wind Farm; section 3 presents the methodology behind the forecast model; section 4 presents and discusses the results; finally, section 5 shows the conclusions.

2 | THE PALMAS WIND FARM

The models developed in this work were calibrated and validated based on the wind speed data retrieved from the Palmas Wind Farm, located in the State of Paraná, Brazil (26° 34'46,8 S e 51° 41'51,0 W). The site has a plain relief with few and smooth hills and is located 1350 m above sea level.

The main economic activity of the region is cattle raising, and the fields of Palmas are used for pasture, and the installation of the wind farm exerted little impact on the economic activity of the region (Camargo, 2005).

The wind farm consisted of five Enercon model E-40 wind turbines, described in Table 1 below.

Hub height (m)	44.0
Rotor diameter (m)	40.3
Cut-in wind speed (m/s)	2.5
Rated wind speed (m/s)	12.0
Cut-out wind speed (m/s)	25.0

Table 1 - Enercon E-40 Wind Turbine Specifications

The Palmas Wind Farm was the first of its kind installed in the Southern part of Brazil, and its construction took just a week. The wind farm began generating electricity in February of 1999 (Copel, 2013).

3 I METHODOLOGY

The essential data for this work was made available by COPEL - Companhia Paranaense de Energia (Paraná Power Company). The database used in this work consisted of ten-minute wind speed and wind power data series, ranging from January 2008 to December 2011. The wind speed data was retrieved from an anemometer installed at the wind farm, while the wind power data series were acquired from the SCADA system. The years of 2008-2010 were used to develop the model, and the last year of data (2011) was used to evaluate the performance of the model.

3.1 Data series analysis

To correctly develop the forecast model, some initial procedures had to be utilized. The first was to analyze the given time series, removing any possible inconsistent data and missing values. This step was performed through a computational routine, coded in Python language (Python 2.7).

After what, the wind speed data were adjusted to the hub height of the wind turbines, as the anemometer is installed 75 meters above the ground, while the hub of the turbines is located 44 meters above the ground. Assuming that the wind behavior follows a logarithmic profile, the following relation was used (Barthelmie et al., 1993):

$$\frac{U(z)}{U(h)} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)} \quad (1)$$

where $U(z)$ represents the wind speed measured by the anemometer (m/s), $U(h)$ represents the wind speed at the desired height (m/s), z is the height of the anemometer (in meters), h is the hub height of the wind turbine (m) and z_0 represents the surface roughness (in meters), estimated as 0.03 meters (Lima et al., 2013).

Finally, the adjusted wind speed data with ten-minute granularity was averaged to hourly intervals, and the behavior of the data points was assessed through a quantitative analysis. Statistical parameters such as the mean, standard deviation, variance, skewness, and kurtosis were assessed and will be discussed later on in this paper.

3.2 ARMA/ARIMA models theory

The ARMA/ARIMA methodology was developed by Box & Jenkins in the 70s (Box et al., 2015). One of the objectives of this methodology is to forecast future events of a certain phenomenon, by using the past time series of this event (da Silva, 2005, Box et al., 2015).

ARMA models join autoregressive models (AR) and moving average models (MA) together. They can be represented by equation (2) below:

$$\tilde{z}_t = \phi_1 \tilde{z}_{t-1} + \phi_p \tilde{z}_{t-p} + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (2)$$

where \tilde{z} represents an autoregressive and moving average process; ϕ_p represents the autoregressive parameters; \tilde{z}_{t-1} represents the past values of the time series; θ_q represents the moving average parameters and α_{t-1} represents the random error (white noise process) (Box et al., 2015).

Equation 2 represents the combination of the models mentioned above. The autoregressive model models a process through the linear combination of the p past values of the time series (\tilde{z}_t) plus a random white noise term (α_t) (Box et al., 2015). The p values also inform the order of the AR model.

Moving average models are similar to the autoregressive models because they are also dependent on past values (q) of the time series used to generate the model, although the model combines (and weights) the q values with the white noise process (α_t). The q values inform the order of an MA model, just like the p values inform the order of the AR model (Box et al., 2015).

In both cases, it is assumed that the models represent processes with mean zero and variance σ^2 (Commandeur et al., 2007).

The ARMA approach has an important characteristic: it was developed to model a stationary time series, which can be problematic since many real-world phenomena do not exhibit a stationary behavior.

To overcome this limitation, it is possible to differentiate the time series with respect to a certain time interval, which aims to find a homogenous behavior of the time series between the selected range of time. Once this homogeneity is found, the series needs to

be integrated back to the original time-step, allowing an ARMA model to be adjusted. This integration step is part of the name of this approach: Autoregressive *Integrated* Moving Average (ARIMA) models (Box et al., 2015), represented by equation (3) below:

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (3)$$

where ϕ_i represents a stationary autoregressive operator and w_t can be understood as the differentiated time series. The definition of w_t is as follows:

$$w_t = \nabla^d z_t \quad (4)$$

in this case, d represents the number of differences needed to achieve the stationary state (Box et al., 2015).

3.3 Stationarity of the Time series

The stationarity of a time series can be evaluated graphically by the autocorrelation function (ACF) and/or by testing the existence of unitary roots in the characteristic polynomial equation of the time series (Box et al., 2015). In this work, the stationarity of the wind speed time series was tested using both approaches. The ACF plot was compared to the Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit roots test. The aim of the test for a general AR model given by $\Phi(B)z_t = a_t$ is to test the existence of a unit root in a general AR model, using the equation shown below (Box et al., 2015, Yang & Zhang, 2008):

$$\Delta z_t = \alpha \cdot z_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \cdot X_{t-i} + a_t \quad (5)$$

The ADF test is a hypothesis test, where the null hypothesis, H_0 corresponds to the existence of a unit root in the equation (5) and is equivalent to the following statement:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{p+1} \phi_i = 1 \quad (6)$$

The existence of a unit root in the AR operator $\Phi(B)$ can be interpreted as a strong indicator of the non-stationary nature of the time series (Box et al., 2015, Yang & Zhang, 2008).

3.4 Choice of the best model

Choosing a proper model requires the correct estimate of the number of AR and MA operators (p, q), as well as the number of differences (d) needed for reaching the stationarity condition of the time series. This choice is not always obvious and can be improved by statistical tests such as the *Akaike Information Criteria* (AIC) and the *Bayesian Information Criteria* (BIC), both employed on this work. The tests are based on the maximum likelihood

of the values and the number of parameters of the models (Box et al., 2015, Emiliano, 2009).

The AIC test can be defined as follows:

$$AIC = \frac{2\ln(\theta) + 2r}{n} \quad (7)$$

where θ represents the value of the maximum likelihood; r is the number of parameters, and n is the size of the sample (Box et al., 2015).

The BIC test can be represented by equation 8 below:

$$BIC = \ln(\hat{\sigma}_a^2) + r \frac{\ln(n)}{n} \quad (8)$$

where $\hat{\sigma}_a^2$ represents an estimate of the maximum likelihood value; r and n are defined in the same way as in the AIC (Box et al., 2015).

In both cases, the best model will always be the one that shows smaller AIC or BIC values. The tests compare various possible ARMA/ARIMA models and indicate which of the selected models may be the best fit for the selected sample (time series) (Emiliano, 2009).

It is necessary to state that the tests are intended to support a decision and should not be the only decision criterion for the choice of the ARIMA model parameters.

3.5 Forecast Evaluation

Three statistical tests were used to evaluate the results generated by the ARMA/ARIMA models:

- Mean Absolute Error (MAE)

The MAE is a measure of the absolute difference between a forecast and the actual corresponding observation. The test is defined as follows:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|for(i) - obs(i)|) \quad (9)$$

where $for(i)$ represents the forecasted values, $obs(i)$ represents the observed values and n represents the sample size used in the test. The utilization of the MAE test is supported by (Erdem et al., 2011).

- Root Mean Squared Error (RMSE)

The RMSE is a widely employed estimate of the performance of a model, mainly when the noise of the model tends to follow the normal distribution but is still valid for this work (Chai & Draxler, 2014, Gomes & Mine, 1998).

The RMSE is defined as follows:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|for(i) - obs(i)|)^2} \quad (10)$$

The parameters n , $for(i)$ and $obs(i)$ are defined identically as in the case of MAE.

- Nash-Sutcliffe Index (NS)

The Nash-Sutcliffe index is a measure of the efficiency of the model. The results of the index vary from $-\infty$ to 1; the latter being the goal for a perfect model. NS values close to 0 indicates that the performance of the simulations is close to the mean of the data employed to build the model. Negative NS values indicate that the mean of the data is a better predictor than the model. The test is defined as follows (McCuen et al., 2006):

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (|for(i) - obs(i)|)^2}{\sum (obs(i) - \overline{for(i)})^2} \quad (11)$$

where $\overline{for(i)}$ means the average of the forecasted values.

3.6 Wind power Forecast

The wind speed forecast is the fundamental result of the predictive model. From this result, the wind power forecast was performed for the Palmas Wind Farm. It was done by adjusting the forecasted wind speed values to the characteristic power curve of the wind turbine.

The power curve shows the behavior of the turbine according to different wind speeds. In this case, the wind turbine is an Enercon E40 and the power curve of the turbine is shown in figure Figure 1 below:

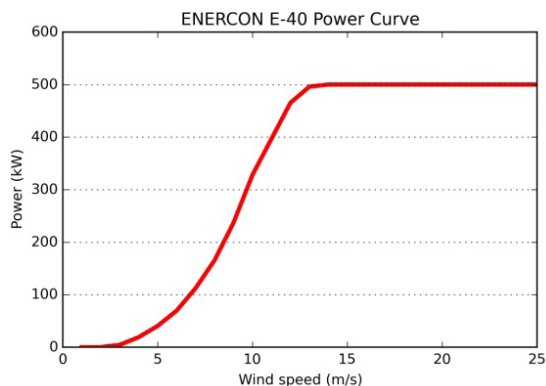


Figure 1 - Enercon E40 wind turbine power curve

Finally, the adjusted values are multiplied by the number of turbines of the wind farm (five in this case).

4 | RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the results of the model for two randomly chosen dates, one in the winter of 2011 and another in the summer of the same year. The results consist of 100 forecasted values for the selected dates.

4.1 The behavior of the wind

The wind speed data is represented by the histogram shown in Figure 2, which classifies the occurrence frequency of observed wind speeds. The statistical distribution shows that most of the observed wind speeds occur within 4 m/s and 10 m/s, and the average wind speed is around 6 m/s for the period.

A Weibull distribution was fitted to the wind speed data distribution frequency, which revealed to be a good fit. The distribution has a shape factor of 2.67 and a scale factor of 7.17. These factors are used in the Weibull distribution, which represents the probability of occurrence of some wind speed at a certain time interval. This probability was calculated using the equation below.

$$w(v) = \left(\frac{a}{b}\right) \left(\frac{v}{b}\right)^{(a-1)} e^{-\left(\frac{v}{b}\right)^a} \quad (12)$$

where a is the shape parameter and b is the scale factor for any value in the range $0 < v < \infty$ (Patel, 1999).

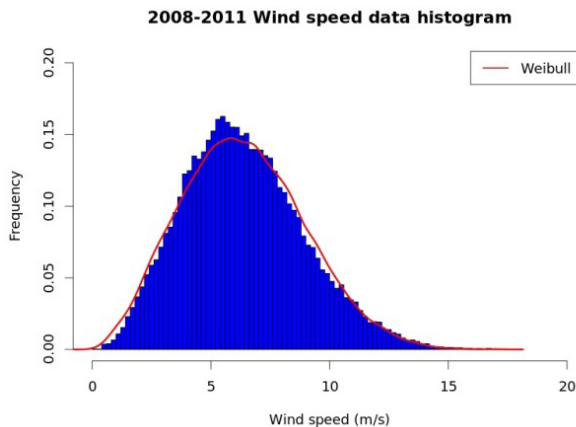


Figure 2 - Wind speed data distribution histogram

Quantitative assessment of the behavior of the time series was also performed. This considered statistics such as maximum, minimum and average wind speed throughout the period, as well as the standard deviation, skewness, and the kurtosis of the distribution of the data.

Table 2 shows the statistics for the wind speed time series. The positive skewness value indicates that most of the data is grouped below the average wind speed of 6.37 m/s. The kurtosis value indicates a sharper peak in data distribution (relative to the normal distribution). Both cases match with the data shown in the histogram.

Max. wind speed (m/s)	17.78
Average wind speed (m/s)	6.37
Min. wind speed (m/s)	0.23
Standard deviation	2.56
Skewness	0.44
Kurtosis	0.07

Table 2 - 2008-2011 hourly wind speed data series statistics

4.2 Stationarity

Following the methodology presented in the previous section, the stationary behavior of the time series was assessed visually and quantitatively. The autocorrelation function (ACF) was calculated and plotted, as shown in Figure 3. The confidence interval for the plot is 0.9 or 90%.

It can be observed from Figure 3 that the ACF function does not present a constant decay with time, as expected for a white noise process (Box et al., 2015), conversely, between the lag 10 and 15 the function begins to increase, a first indication that the time series has a non-stationary behavior.

The quantitative assessment of stationarity was done using the ADF test. Table 3 shows the results of the test.

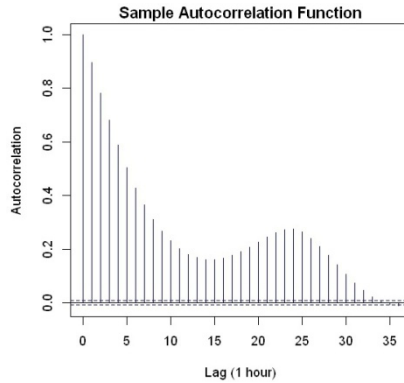


Figure 3 - Results of ACF

	Test statistics	Critical value
Original	-5.53	-2.58
1 st Difference	-41.62	-2.58

Table 3 - ADF tests results

The results of the ADF test show that the original wind speed time series may have no unit root lying in the unit circle. However, the first difference of the time series exhibited more distant test statistics from the critical value. This fact and the conclusions taken from the ACF function suggested the development of an ARIMA model based on a differentiated time series instead of working with the original one.

4.3 Choice of the model parameters

The last step before the development of the WPF model was to decide the parameters of the model. As discussed in the previous section, to help in the decision process, the AIC and BIC tests were performed between a set of 20 possible ARIMA () models. The three best models are shown in Table 4 below:

Model	σ^2	AIC	BIC
ARIMA (1,1,2)	1,269	80596,10	80628,8
ARIMA (2,1,1)	1,269	80606,59	80639,28
ARIMA (3,1,2)	1,268	80592,39	80641,44

Table 4 - AIC & BIC tests results

The results of the AIC and BIC tests agree with the ACF plot and with the ADF test, showing that differentiation is necessary in order to obtain the best results. Thus, an ARIMA (1,1,2) was adjusted to forecast wind speed and its results are shown in the section below.

4.4 Forecasting model

The WPF model developed in this work is essentially a wind speed forecasting model designed to perform an extra step, which is to calculate the wind power from the corresponding wind speed forecasted value and wind turbine power curve. Thus we first developed the ARIMA (1,1,2) to forecast the wind speed, and only after that, the wind power was estimated.

The ARIMA (1,1,2) model followed the equation 13 below. As expected, this equation presents one autoregressive component and two moving average components. This characteristic is fixed for the model. The statistical software was able to recalculate and to update the coefficients (the numbers) of the equation within every new forecast.

$$w_t = 0.8609w_{t-1} - 0.8549a_{t-1} - 0.1427a_{t-2} \quad (13)$$

The model was able to forecast the wind speed up to three hours ahead. This was done by adjusting the time steps (lags) of the model. The model could be extended to as many steps as desired, but after three lags (or three hours ahead) the model lost its accuracy.

To check its strength against the seasonal variability, the model was set to forecast the wind speed of a random date of the summer (summertime forecast) and another random date of the winter (wintertime forecast). Figure 4 shows the forecasted results compared to actual wind speed data.

As can be seen in Figure 4, the one hour ahead forecasts performed during summertime and wintertime showed equally promising results. The results tend to degrade with the increase of the step of time, as can be seen for the two and three hours ahead forecasts, where the distance between the forecasted values and the observed wind speed values (the blue line) increase. This result was expected for an autoregressive model.

presents the results of the assessment of the performance of the models for the hourly wind speed forecast, where the results can be considered satisfactory, at least for forecasts up to three hours ahead. It also can be assessed from the results that the model is robust and is not greatly affected by seasonal variations.

Summertime Period			
	MAE(m/s)	RMSE (m/s)	NS
Lag = 1	0.71	0.92	0.78
Lag = 2	0.85	1.09	0.69
Lag = 3	0.99	1.28	0.57
Wintertime Period			
	MAE(m/s)	RMSE (m/s)	NS
Lag = 1	0.81	1.07	0.79
Lag = 2	1.01	1.35	0.67
Lag = 3	1.19	1.54	0.56

Table 5 - Wind speed forecasts evaluation results

4.5 Wind power forecast

The final step of the presented WPF model employs the wind turbine power curve to estimate the amount of wind power that could be generated from the corresponding forecasted wind speed.

The WPF results are shown in Figure 5 , where it can be noted that the model is not capable of forecasting extreme values accurately. The degrading of the forecasts with the increase of the time steps can also be noted.

Despite these difficulties, it is worth noting that the general behavior of the forecasts tends to follow the actual wind power time series, even for higher forecast horizons. Small differences between the energy generated by the wind farm and the forecasted energy show that the model can forecast wind power with a satisfactory level of precision, as shown in Table 6 below.

	Measured	Forecast (lag 1)	Forecast (lag 2)	Forecast (lag 3)
Energy (kWh)	115290.86	114474.22	112618.56	105524.43
Error (kWh)	–	816.64	2672.30	9766.43
Error (%)	–	0.7%	2.31%	8.47%

Table 6 - Differences of the wind power generated and forecasted

It can be inferred from the table above that the error between the observed and forecasted energy is small (0.7%) for the one hour ahead (lag = 1) wind power forecast. The error increases with the increase in the forecast horizon. For the two hours ahead forecast, the error percentage is 2.31%, while for the three hours ahead this number reaches 8.47%, which can still be considered acceptable for forecasting purposes.

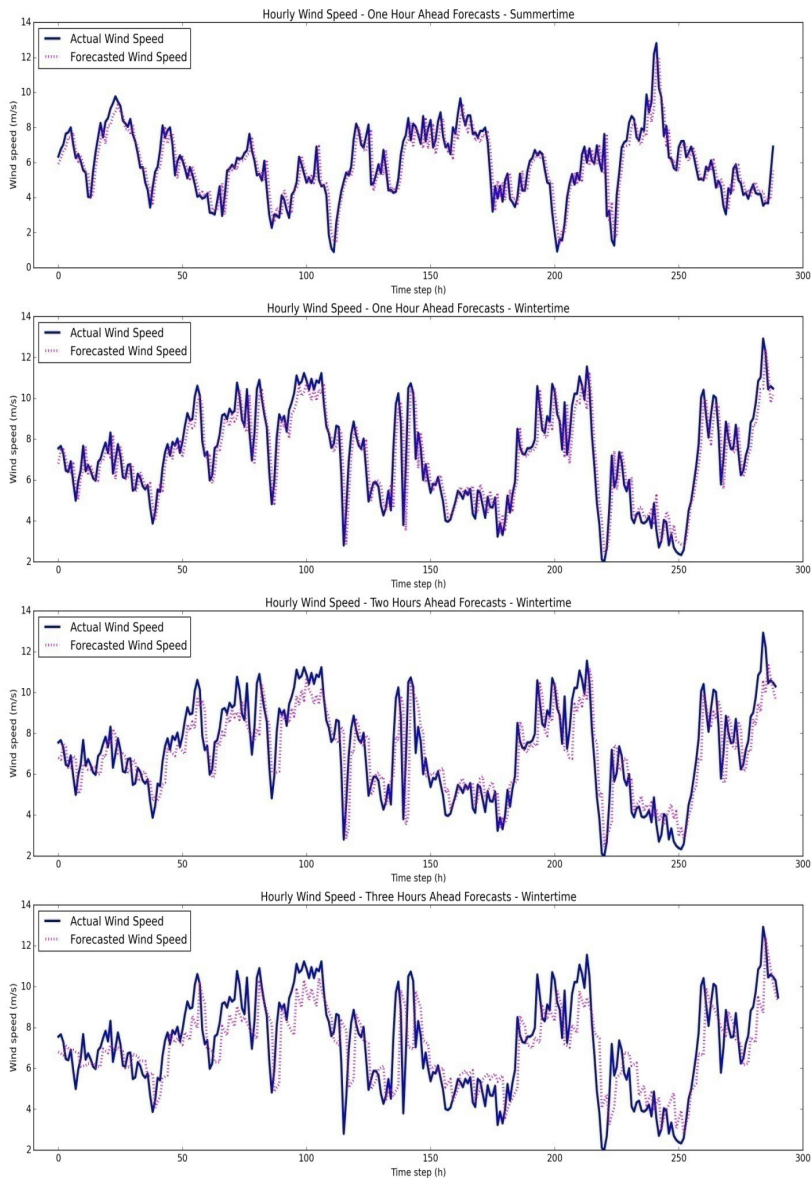


Figure 4 – Forecasting results according to different time steps and seasons of the year of 2011.

5 | CONCLUSIONS

The goals of this work were to show the development of a wind power forecasting (WPF) model and assess its performance. The model was designed to be a baseline model to be used by the wind power research group of the Department of Hydraulics and Sanitation (DHS) at the Federal University of Paraná.

The first goal, the development of the WPF model, was successfully achieved. The model has shown its ability to forecast the wind speed and the wind power for the Palmas Wind Farm up to three hours ahead in time.

The model presented degrading results with the increase of the horizon of the forecast. But the results still exhibited acceptable MAE, RMSE and NS results. The degrading phenomenon is also expected for an autoregressive model.

The wind power forecasting model also showed reasonably enough forecasts, and the computed maximum difference between the forecasted energy and the measured energy was only 8.47% for the three hours ahead forecasts.

In summary, the main goal of the work was accomplished and now it is expected that this model will serve its secondary purpose in the Department of Hydraulics and Sanitation (DHS) at the Federal University of Paraná.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the Graduate Program in Environmental Engineering and Water Resources (PPGERHA) of the Federal University of Paraná (UFPR) for the opportunity of developing this work and to the CAPES Foundation (CAPES), for the provided assistantship. Moreover, our thanks to COPEL for providing the necessary data sets used in the development of this work.

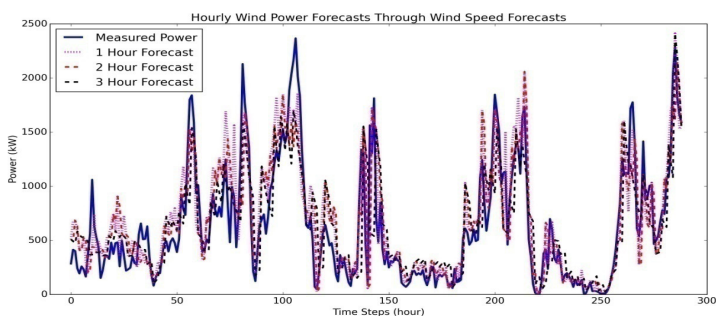


Figure 5 - Wind power forecasts performed through wind speed forecasts

REFERENCES

ANAYA-LARA, Olimpo et al. **Wind energy generation: modelling and control**. John Wiley & Sons, 2009.

BARTHELMIE, R. J.; PALUTIKOF, J. P.; DAVIES, T. D. Estimation of sector roughness lengths and the effect on prediction of the vertical wind speed profile. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 66, n. 1-2, p. 19-47, 1993.

BOX, George EP et al. **Time series analysis: forecasting and control**. John Wiley & Sons, 2015.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, **Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Boletim de Julho/2010**. Brasília, 2010. Retrieved from: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1832844/BoleBol_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_julho_2010.pdf/cd199247-66a6-46a6-8fe3-a4a21a1cc5a6> Accessed: October 08, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Agosto de 2015**. Brasília, 2015. Retrieved from: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/2027273/BoBolet+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico++Agosto-2015.pdf/5efc24ca-ea15-445b-845a-d724b3308cc9>>. Accessed: October 08, 2015.

BRASIL. Portal Brasil. **Infraestrutura**. Brasília 2015. Retrieved from: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/04/capacidade-de-energia-eolica-deve-crescer-62-em-2015-no-pais>> Accessed: October 08, 2015.

CAMARGO A. S. G. d. **Análise da operação das Usinas Eólicas de Camelinho e Palmas e avaliação do potencial eólico de localidades no Paraná**. 2005. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

CHAI, T.; DRAXLER, R. R. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. **Geoscientific Model Development**, v. 7, n. 3, p. 1247-1250, 2014.

COMMANDEUR, Jacques JF; KOOPMAN, Siem Jan. **An introduction to state space time series analysis**. OUP Oxford, 2007.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia Elétrica. Usina Eólica de Palmas. 2013. Retrieved from: http://www.copel.com/ci/_edicoes/299/usina_eolica_de_palmas.jsp.

DA SILVA, Luiza Maria Oliveira. **Uma aplicação de árvores de decisão, redes neurais e KNN para a identificação de modelos ARMA não-sazonais e sazonais**. 2005. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

EMILIANO, P. C. **Fundamentos e aplicações dos critérios de Informação: akaike e bayesiano**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras.

ERDEM, E., SHI, J. ARMA based approaches for forecasting the tuple of wind speed and direction. **Applied Energy**, v. 88, n. 4, p. 1405-1414, 2011.

GOMES, J.; MINE, M. R. M. Estimativa de parâmetros de modelos hidrológicos utilizando o filtro de kalman. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, p. 67–86, 1998.

LIMA, J. M. et al. Previsão da geração de energia eólica no horizonte de curtíssimo prazo utilizando um modelo regional de previsão do tempo. In: XXII SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, Brasília, 2013.

LU, M. et al. Combining the wind power generation system with energy storage equipments. In: **Industry Applications Society Annual Meeting, 2008. IAS'08. IEEE**. IEEE, 2008. p. 1-6.

MCCUEN, R. H.; KNIGHT, Z.; CUTTER, A. G. Evaluation of the nash–sutcliffe efficiency index. **Journal of Hydrologic Engineering**, American Society of Civil Engineers, v. 11, n. 6, p. 597–602, 2006.

MONTEIRO, C. et al. **A quick guide to wind power forecasting: state-of-the-art 2009**. Argonne National Laboratory (ANL), 2009.

PATEL, Mukund R. **Wind and solar power systems: design, analysis, and operation**. CRC press, 1999.

REN21, Renewables. Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris, France, 2013.

RODRIGUES, S. B. et al. Forecasting of the relative displacements in block I11 of the Itaipu hydroelectric. **Espaço Energia**, Issue 22, 2015.

VILLELA, I. A. de C.; SILVEIRA, J. L. Ecological efficiency in thermoelectric power plants. **Applied thermal engineering**, Elsevier, v. 27, n. 5, p. 840–847, 2007.

WANG, Jianhui et al. Impact of wind power forecasting on unit commitment and dispatch. In: **Proc. 8th Int. Workshop Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems**. 2009. p. 1-8.

WOBLEN Windpower. Apresentação da Empresa. 2016. Retrieved from: <<http://www.wobben.com.br/empresa/wobben/apresentacao-da-empresa/>>

YANG, X.; ZHANG, L. A note on self-normalized Dickey-Fuller test for unit root in autoregressive time series with GARCH errors. **Applied Mathematics-A Journal of Chinese Universities**, v. 23, n. 2, p. 197-201, 2008.

Data de aceite: 01/12/2020

Adriano Marinheiro Pompeu

<http://lattes.cnpq.br/1514565770443198>

João Victor de Holanda Porto Correia

<http://lattes.cnpq.br/2853776994250049>

Lara Joanna Cardoso Nunes Ferreira

<http://lattes.cnpq.br/4861468366149947>

Libel Pereira da Fonseca

<http://lattes.cnpq.br/0543966404657861>

Nicole Maria da Silva Romeiro

<http://lattes.cnpq.br/4419684193102295>

João Marcos da Silva Oliveira

<http://lattes.cnpq.br/8262801696225722>

RESUMO: O crescimento das cidades, aliado a produção de bens de consumo ocasionaram consequentemente a crescente geração de lixo e produtos inservíveis, tal fato remete à necessidade de buscar alternativas de desenvolvimento local que minimizem ou adequem a destinação de passivos ambientais. Órgãos municipais, estaduais e federais, tem buscado instituir políticas a fim de estruturar o descarte e a destinação de produtos inservíveis, entretanto, por fatores que ultrapassam suas jurisdições, o descarte inapropriado de alguns produtos acaba sendo extremamente prejudicial ao desenvolvimento das cidades. Atualmente, um produto que tem cada vez mais ocupado

espaço nas paisagens das cidades, devido ao descarte inadequado, é o pneu inservível, sendo este, encontrado com facilidade em Maceió/AL em terrenos, ruas, margens de rios, praias e até mesmo em pátios de empresas e casas. Neste sentido, é essencial analisar os motivos que ocasionam tais destinações inadequadas, para assim, compreender a eficiência dos processos de destinação propostos por órgãos regulamentadores. Este trabalho, fomentado por meio do Projeto de Iniciação Científica PROBIC UNIT/AL buscou por meio de um estudo de caso, analisar o descarte de pneus inservíveis em Maceió/AL, buscando constatar possíveis ameaças presenciadas ao meio ambiente, assim como, apresentar oportunidades sustentáveis à este passivo ambiental, com o intuito de contribuir com a sustentabilidade das cidades para o alcance de um Desenvolvimento Local Sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Pneus Inservíveis, Meio Ambiente, Desenvolvimento Local.

REVERSE LOGISTICS OF INSERVIBLE TIRES IN MACEIÓ

ABSTRACT: The growth of cities, together with the production of consumer goods, have consequently led to the growing generation of garbage and waste products. This fact points to the need to seek alternatives for local development that minimize or adjust the allocation of environmental liabilities. Municipal, state and federal agencies have sought to institute policies to structure the disposal and disposal of waste products, however, due to factors beyond their jurisdiction, the inappropriate disposal of some

products ends up being extremely detrimental to the development of cities. Currently, a product that has increasingly occupied space in the cities' landscapes, due to the inadequate disposal, is the unusable tire, which is easily found in Maceió/AL on land, streets, riverbanks, beaches and even in courtyards of companies and houses. In this sense, it is essential to analyze the reasons that give rise to such inappropriate destinations, to understand the efficiency of the destination processes proposed by regulatory agencies. This work, promoted through the PROBIC UNIT/AL Scientific Initiation Project, sought to analyze the disposal of waste tires in Maceió/AL, seeking to identify potential threats to the environment, as well as to present sustainable opportunities to this environmental liability, with the aim of contributing to the sustainability of cities to achieve Sustainable Local Development.

KEYWORDS: Unbeatable Tires, Environment, Local Development.

1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenvolvimento econômico e tecnológico tem fomentado o consumo de recursos naturais e aumento da produção de bens e produtos, tal processo, ocasiona a diminuição dos ciclos de vida dos produtos e torna possível o aumento do descarte de materiais ao final de sua vida útil, trazendo como consequência, o aumento de passivos ambientais (lixo, poluição, resíduos) dispostos inadequadamente.

É possível entender o impacto gerado pelo desenvolvimento econômico por meio do aumento da frota veículos no Brasil. Segundo o DENATRAN (2017) em 2001 a quantidade total de veículos era de 31,9,5 milhões, e, em 2017 essa quantidade alcançou um total de 97 milhões de veículos, evidenciando um crescimento de frota de 300% em 17 anos. Nesse cenário em constante expansão, insere-se a preocupação com a destinação correta de pneus inservíveis. Sendo o pneu um componente fundamental para maioria dos veículos, seu crescimento está intrinsecamente ligado à sua produção, ao setor de transporte e ao desenvolvimento econômico.

O pneu ao chegar ao fim de sua vida útil, quando descartado inadequadamente, pode causar danos irreparáveis ao meio ambiente e à saúde pública. Neste sentido, a implantação de ciclos reversos de produção, tem função principal de reaproveitar tais pneus descartados pela sociedade em novos ciclos produtivos, a fim de minimizar o consumo de matérias primas não renováveis e mitigar impactos negativos ao meio ambiente. Entretanto, o pneu inservível é visto como um bem de valor negativo para o mercado, tornando-se um problema para os fabricantes e importadores de pneumáticos que, de acordo com o CONAMA (1999), tais empresas são responsáveis pela correta destinação destes pneus.

Nohara et al. (2005) explica que o reaproveitamento da borracha proveniente dos pneus surge como uma solução sustentável, resultando em benefícios socioambientais, além de reduzir o passivo existente dos pneus que provocam graves problemas ambientais e a saúde da população. Atividades industriais que possuem o potencial de proporcionar bem-estar a sociedade e ao meio ambiente, mostram-se fundamentais na busca por um Desenvolvimento Local Sustentável.

Neste sentido, este trabalho desenvolvido por meio do Projeto de Iniciação Científica PROBIC UNIT/AL, busca analisar o descarte de pneus inservíveis na Região metropolitana de Maceió, com o intuito de constatar possíveis ameaças ao meio ambiente e a sociedade e apresentar oportunidades sustentáveis por meio do descarte adequado de pneus inservíveis. Os resultados apresentados, permitirão a compreensão da importância de ações que contemplem a sustentabilidade, uma vez que a sociedade carece de alternativas para o alcance de um Desenvolvimento Local Sustentável.

2 | DESCARTE DE PNEUS INSERVÍVEIS

O descarte inadequado de pneus inservíveis apresenta-se como um problema ambiental analisado sistematicamente em diversos países. No Brasil, mesmo com resoluções de órgãos governamentais, estipulando normas obrigando os fabricantes e importadores a proporcionarem uma destinação correta para os pneus usados, ainda assim, tais normas não estão sendo cumpridas de forma adequada ou em sua totalidade (POMPEU, 2016a).

Os problemas referentes ao descarte inapropriado de pneus ao final de sua vida útil, também causam sérios problemas ambientais as populações locais, uma vez que estes resíduos, além de serem descartados no meio ambiente, também eram queimados a céu aberto com o intuito destruí-los completamente, ocasionando um problema mais grave que é a emissão de fumaça tóxica que polui e contribui com a emissão de gases de efeito estufa (CIMINO e ZANTA, 2005).

De acordo com Nohara et. al. (2005), a queima de um pneu libera aproximadamente 10 litros de óleo no solo, que escoam até atingir os lençóis freáticos, o que contamina a água no subsolo, e, tal contaminação pode durar em torno de 100 anos. Existem projetos de lei que proíbem a queima de pneus sem um sistema de filtragem que retire no mínimo 90% dos gases e demais resíduos poluentes liberados no processo de combustão. Além da queima, ainda existem problemas como a ocupação de grandes espaços como aterros sanitários, diminuindo sua vida útil, acúmulo e proliferação de insetos, com destaque ao *Aedes aegypti*, transmissor graves epidemias, como Dengue, Chikungunya e Zika Vírus, assoreamento e poluição de rios e lagos, assim como o risco de incêndio em terreno baldio ou lixões. (D'ALMEIDA; VILHENA, 2000).

No Brasil a Resolução 258/99 do CONAMA (1999), proíbe a destinação final dos pneus em locais como aterros sanitários, mar, rios, lagos ou riachos, terrenos baldios ou alagadiços, e queima a céu aberto. Esta Resolução, ainda determina que o descarte adequado destes resíduos, é de responsabilidade dos produtores e importadores de produtos pneus. Programas com a finalidade de minimizar os impactos negativos dos pneus inservíveis estão sendo desenvolvidos. O princípio da minimização é obtido por meio da Redução, Reutilização e Reciclagem. Esses “três erres” são alguns dos princípios básicos

definidos pela Agenda 21 para se alcançar o desenvolvimento sustentável e preservar o meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002).

Por serem derivados do petróleo e terem aço em sua composição, ainda não foram definidos cálculos precisos sobre sua decomposição. A poucas décadas atrás, ainda não buscava-se melhores formas de disposição final dos pneus inservíveis, desse modo, agravava-se o descarte em rios e mares, vales, terrenos baldios, e ao meio ambiente de forma geral (FREITAS; NÓBREGA, 2014).

Segundo estimativas do Ministério do Meio Ambiente, avalia-se que no Brasil, 100 milhões de pneus velhos estão espalhados em aterros, terrenos baldios, rios e lagos. Os pneus ficam sujeitos à diversos passivos ambientais. Além disso, a cada ano, mais de 60 milhões de pneus novos são fabricados no país, agravando a necessidade da conscientização do descarte adequado (ANIP, 2015). Em cidades litorâneas que muitas vezes são roteiros turísticos, a sistematização do descarte carece ser analisada com mais atenção, já que pneus descartados em praias e oceanos podem ser morada de organismos proliferadores de doenças, entupir vias aquáticas e ocasionar poluição visual (ARAÚJO, et al., 2015).

Em 2007 em parceria com os principais fabricantes de pneumáticos do Brasil a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), criou o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis e a Reciclanip. A Reciclanip é a empresa responsável por administrar o processo de coleta e destinação dos pneus usados a fim de garantir a captação dos pneus por meio da participação de todos os elos da cadeia produtiva (POMPEU, 2016a).

Aguiar e Furtado (2010) informam que já foram coletadas mais de 700 mil toneladas de pneus usados nos ecopontos instalados pela Reciclanip em 21 Estados do país. Sendo assim, a entidade é considerada uma das principais iniciativas da indústria brasileira no processo de reciclagem. A ANIP organizou um sistema logístico com a finalidade de apoiar suas associadas a cumprir as leis referentes ao descarte de pneus, implantando postos de coleta no Brasil, com o intuito de facilitar a captação e o transporte dos pneus descartados para a destinação final adequada, com vistas à implantação do programa nacional, assim como instituir uma campanha para conscientização de consumidores (CIMINO e ZANTA, 2005).

A grande adesão ao processo se deve ao apoio proporcionado pela ANIP, pois a associação forneceu consultoria técnica no que se refere ao funcionamento da logística e suporte econômico para a questão do transporte, auxiliando na remoção dos pneus coletados nos postos ao encaminhar as cargas até as empresas que efetuam a trituração destes pneus (BONENTE, 2005).

De acordo com o Relatório sobre Pneumáticos do IBAMA (2018), as tecnologias de destinação ambientalmente adequadas praticadas pelas empresas destinadoras e declaradas no Relatório de Pneumáticos são:

- Coprocessamento: Utilização dos pneus inservíveis em fornos de clínquer como substituto parcial de combustíveis e como fonte de elementos metálicos;
- Laminação: Processo de fabricação de artefatos de borracha;
- Granulação: Processo industrial de fabricação de borracha moída, em diferente granulometria, com separação e aproveitamento do aço;
- Pirólise: Processo de decomposição térmica da borracha conduzido na ausência de oxigênio ou em condições em que a concentração de oxigênio é suficientemente baixa para não causar combustão, com geração de óleos, aço e negro de fumo.

Em porcentagens, as destinações finais dos pneus inservíveis são: o Coprocessamento representando 46,96% das destinações finais, Granulação representando 36,84%, Laminação com 13,95% e a Pirólise com 2,26%. Para a aplicação destas tecnologias, muitas vezes, é necessária a transformação do pneu inservível em lascas ou “chips”, por meio da trituração. As empresas trituradoras coletam ou recebem pneus inteiros, radiais e convencionais, e, também, resíduos de borracha provenientes do processo de laminação (IBAMA, 2018).

É perceptível que a sensibilidade e consciência ecológica, foram fatores que incentivaram os fluxos reversos, uma vez que inserem-se nas redes de suprimento, perante a intensa procura por suprimentos mais corretos e sustentáveis ecologicamente, ou seja, atendendo as necessidades de demanda e produção procurando não comprometer as gerações futuras, com o intuito de não prejudicar as mesmas de atender suas próprias necessidades (CORRÊA, 2010).

O conceito de fluxos reversos pela adoção da reutilização não é atual, Rodrigues e Henkes (2015), informam que este conceito de reutilização de pneus foi adotado após a Segunda Guerra Mundial devido a escassez de matéria prima para produção de novos pneus. Isto demonstra que a adoção de fluxos reversos apresentam-se como uma alternativa para a problemas relacionados novas abordagens para produtos ao final de sua vida útil.

Empresas e demais setores da sociedade realizam o descarte de produtos inservíveis quando realizam sua troca por novos, entretanto, este descarte, devido a não adoção de fluxos reversos, é realizado em rios, aterros e até mesmo em locais de coleta de lixo comum. A destinação final adequada do pneu é de responsabilidade de todos, consumidores, fabricantes, distribuidores, revendedores e importadores, uma vez que o destino correto trará benefícios à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2009).

De acordo com a Lei 12.305, de 06 de agosto de 2010, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus, são obrigados a estruturar e implementar sistemas reversos, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (IBAMA, 2017). Com o intuito de auxiliar fabricantes, fornecedores e importadores de

pneus a cumprirem estas legislações a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP) criou a Reciclanip, entidade sem fins lucrativos, encarregada de estruturar os fluxos reversos de pneus inservíveis, coletando-os em diferentes pontos do país (DELIBERATO, 2012).

Tais pontos de coleta foram denominados como Ecopontos, sendo locais desenvolvidos em parceria com os órgãos públicos estaduais e municipais para coleta de pneus inservíveis. A coleta é feita nos municípios por caminhões, além disso, a população pode deixar os pneus inservíveis nesses pontos (LAGARINHOS, 2004). Os ecopontos adotam normas de segurança e higiene, sendo fechados e com cobertura, no que tange o acondicionamento dos pneus inservíveis, assim como exigido pelos órgãos reguladores. Após o acondicionamento em ecopontos, os pneus são destinados a empresas licenciadas pelos órgãos ambientais competentes e homologados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (RECICLANIP, 2010).

Tais empresas são encarregadas de proporcionar um destino ecologicamente correto aos pneus e de acordo com Andrade (2007), após análise e pesquisas referentes a fluxos reversos, surgiram iniciativas bem-sucedidas, a exemplo do coprocessamento para utilização como fonte de energia térmica em fornos de indústrias cimenteiras. De acordo com Nohara et. al., (2005), o coprocessamento é um procedimento que permite a destruição total do pneu, pelo aproveitamento da queima em fornos clínquer. Todavia, os resíduos carecem de cuidados específicos, uma vez que as cinzas provenientes da queima devem ser incorporadas a matéria prima do cimento, sem alterar a qualidade do produto final.

Desta forma, este processo de reaproveitamento de pneus inservíveis, cria uma cadeia reversa que proporciona valor a um rejeito potencialmente poluidor, quando destinado de forma errônea, que, atualmente, é encontrado com facilidade em diversas áreas de Maceió, ocasionando poluição dos mares, rios e lençóis freáticos, do solo, e, até mesmo a poluição visual, uma vez que a cidade é destino turístico nacional e internacional.

3 | ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para Gil (2017), para analisar os fatos do ponto de vista empírico, buscando interação das teorias com a prática, é necessário delinear um modelo conceitual e operativo da pesquisa. O delineamento é caracterizado pela forma como são coletados os dados da pesquisa. Desta forma, foram realizadas pesquisas em base de dados municipais, estaduais e nacionais, como intuito de compreender, mapear e coletar dados referentes aos processos de destinação de pneus inservíveis. Tais informações direcionaram a pesquisa na confrontação dos dados com a realidade do descarte vivenciada em Maceió/AL.

De acordo com o Relatório sobre Pneumáticos do IBAMA (2018), a capital de Alagoas conta com quatro locais de coleta de pneus inservíveis, totalizando uma capacidade de

estocagem de quatro mil e seiscentos pneus. Foram efetuadas visitas nos endereços relacionados no Relatório, entretanto, um dos locais relacionados em um Relatório de Pneumáticos de 2017, já não funciona mais como ecoponto.

Durante os trajetos das visitas, foram constatados diversos locais de descarte irregular de pneus, muitos destes, até próximos aos locais descritos e relacionados como ecopontos. Desta forma, foi essencial o registro fotográfico destes locais a fim de evidenciar o problema central da pesquisa. A Figura 1 ilustra o registro fotográfico efetuado pelo acadêmico bolsista do projeto de pesquisa.



Figura 1: Pneus descartados próximos ao ecoponto

Fonte: Dos Autores, 2018.

De acordo como mencionado o registro fotográfico de algumas áreas de descarte irregular foram efetuados nos trajetos das visitas aos ecopontos. As ilustrações das Figuras 2 e 3 demonstram o problema ambiental evidenciado pelo acadêmico do projeto de pesquisa.



Figura 2: Registros Fotográficos no trajeto das visitas

Fonte: Dos Autores, 2018.



Figura 3: Pneus Descartados em Trajetos das Visitas Exploratórias

Fonte: Dos Autores, 2019.

Em Maceió/AL a responsável pela fiscalização referente ao descarte dos pneus inservíveis é a Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), que inspeciona e orienta este fluxo reverso, a fim de diminuir a poluição do meio ambiente, das águas, ar e solos, aumentando a vida útil dos aterros sanitários, uma vez que minimiza a quantidade de dejetos a serem depositados nos mesmos.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre as ameaças causadas pelo descarte incorreto de pneus em Maceió/AL destaca-se a proliferação de doenças causadas por insetos, sendo ele um dos principais locais para o surgimento de foco do mosquito que causa dengue, zika e chicunguinha. Entre janeiro e outubro de 2018 foram registrados 1718 casos de dengue, 119 casos de zika e 150 casos de chicunguinha, dados revelados pela Sesau para o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), do Ministério da Saúde (MS) (GUSTAVO, 2018). Além disso, por ser uma cidade turística, o rejeito em alguns locais reduz a atratividade do local, à exemplo tem-se a praia do Pontal, que, segundo Moraes et. al. (2008), a frequência no local diminuiu devido a quantidade de lixo o que dificultava o acesso à praia, dentre esses lixos o pneumático apareceu como um agravante. Recentemente, o porto de Maceió foi submetido a um processo de dragagem e dentre os materiais mais recolhidos a maior parte era formada por plásticos e pneus.

A opção de descartar pneus em aterros sanitários além de ser proibida pela Resolução 258/99 do CONAMA (1999) se torna inviável pois o seu formato ocupa um volume alto, e mesmo que o pneu passe pelo processo de trituração os aterros sanitários da cidade de Maceió/AL não supriria a quantidade de pneu descartado por ano. De acordo com a SLUM o aterro da cidade recebe alguns pneus, lá é feita uma triagem básica e esses pneus são enviados para o ecoponto mais próximo.

Outro aspecto prejudicial é a queima dos pneus, pois por ser um material derivado do petróleo, durante a combustão, emite gases e substâncias tóxicas como: carbono e enxofre. Tais substâncias são prejudiciais para o ser humano, sendo elas consideradas cancerígenas (GONÇALVES, 2014). Dentre as ameaças causadas pelo descarte incorreto dos pneumáticos a logística reversa se faz presente para que tal produto volte para a cadeia produtiva a fim de obter valor ao material. Neste contexto, por possuir grande resistência e durabilidade algumas oportunidades aparecem para a utilização do pneumático, como a construção de diferentes artefatos para decoração e móveis, como exibe a Figura 4.



Figura 4: Jogo de Sofás Fabricado com Pneus Inservíveis

Fonte: Artesão local, 2018.

Outros objetos podem ser fabricados a partir do pneu inservível, com o processo de granulação o qual retira o aço e produz borracha moída em diferentes tamanhos com a finalidade de aplicá-la em composição de asfaltos, quadras esportivas para absorver o impacto da pisada, indústria calçadista, entre outros, conforme ilustrado na Figura 5.



Figura 5: Calçados Produzidos a Partir de Pneus Inservíveis

Fonte: Motta, 2004

O pneu inservível também pode ser usado na construção de estradas e rodovias, outra informação importante é que a pavimentação tem um grande potencial de consumo dos mesmos, pois de acordo com Goto (2007) em 7.800 km de estradas não pavimentadas surge a capacidade de consumir 12 milhões de pneus.

Outro dado importante, como sugere Lagarinhos e Tenório (2008) estima-se que são colocados fora do uso cerca de 45 milhões dos pneus por ano, sendo assim ao introduzir os constituintes deste material no pavimento asfáltico, torna-se melhor as ponderações referentes ao equacionamento sustentável que é uma questão fundamental para o descarte correto no término de sua vida útil do resíduo no país.

Um uso com relativo importância é com a reciclagem energética, esse tipo de atividade é fundamentado com utilização de pneus para gerar fontes alternativas de energia, ou seja, locais nos quais os pneus inservíveis têm a capacidade de atender a demanda sem alterar característica do processo e nem qualidade do produto. Exemplos importantes que o combustível usado pode ser substituído pelo resíduo são: em processos que têm como fonte energética o carvão, coque de petróleo e óleo diesel.

Ao utilizar o pneu como fonte de energia térmica, este processo é o chamado coprocessamento, onde esta atividade é normalmente desenvolvida em indústrias cimenteiras, que, depois da utilização do *chip* de pneu inservível (Figura 6) na geração de energia, acrescenta ao cimento, os constituintes que sobram seguido da queima do pneu. Outra operação vinculada a este tipo de seguimento é utilizar o pneu processado para extrair combustível, por intermédio de um processo conhecido como pirólise.



Figura 6: Pneus Triturados (Chips de Pneus)

Fonte: Pompeu, 2016b.

Tal atividade é formada, como sugere Costa (2009), pela decomposição química do pneu, a mesma surge pela transferência constante de calor somada com a falta de oxigênio, nessas circunstâncias, ocorre com mais facilidade a extração de óleo e gás e assim podem ser utilizados como combustíveis. A estrutura do pneu é constituída por outros materiais que podem ser utilizados com a finalidade de agregar valor em processos produtivos distintos. Nesse quesito, vale ressaltar que durante a operação de recuperação e regeneração são separados os componentes, tais como: metais, tecidos entre outros. Os metais que surgem dessa separação são reconstituídos e viram sucata qualificada, por outro lado, o nylon é recuperado e pode ser usado como reforço de embalagem.

Na construção civil, o pneu tem um grande potencial de utilização, ao dividir sua forma inteira em partes, surgem diversas formas usuais, são elas: aterros em estradas, em obra de drenagem (nesse caso é formado uma coluna com 15 pneus e tem como finalidade substituir os bueiros) e muros de contenção. Uma finalidade com custos baixos de implementação dos pneus inservíveis pode ser vista na quebra de mares, pois os pneus podem proteger os portos dos efeitos que ocorrem naturalmente dos mares, dos quais, são grandes geradores de variações no solo e na praia.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, dentre as prejudicialidades causadas pelo descarte incorreto do pneu em Maceió/AL, pode-se destacar as doenças que possuem transmissão pelo material armazenado de forma incorreta e a perda de atratividade e poluição visual dos locais, visto que a cidade recebe muitos turistas durante o ano. Em vista disso, outras opções de descarte, como aterros sanitários e queima do material também possuem inúmeros malefícios para o meio ambiente. Com isso, uma opção seria reintegrar o pneu inservível em cadeias produtivas e tornar um material que seria descartado em um produto ou um subproduto, no intuito de agregar valor o pneu inservível. Por possuir uma característica singular, que é a resistência, pode-se utilizá-lo em diversos processos produtivos, como até mesmo construção civil, construção de estradas e rodovias, dentre outras alternativas evidenciadas neste trabalho

Além disso, é perceptível que as oportunidades são diversas, uma vez que a legislação auxilia nesse quesito, pois, conforme Floriani, Furlanetto e Sehnem (2016) as empresas produtoras, distribuidoras e importadoras de pneus são submetidas pela legislação a responsabilizar-se pelo destino correto dos pneus inservíveis, juntamente a determinação aos produtores e importadores de inserir pontos de coletas nas cidades com mais de 100 mil habitantes, e, devido a esta exigência, os ecopontos foram originados pela Reciclanip.

Conclui-se também que os sistemas de reciclagem e reintegração de pneumáticos na cadeia produtiva em Maceió/AL precisam ser mais abrangentes. As informações e

alternativas de destarte para a população mostram-se pouco descritas, os ecopontos são mal localizados ou inexistentes, e a quantidade de pneus inservíveis gerados e utilizados na cidade não é comportada. Este fator contribui com o grande número de pneus encontrados em Maceió, descartados de maneira incorreta, e mesmo para os consumidores mais conscientes, a tentativa de reintegração ou descarte apropriado de pneus, torna-se tarefa difícil de ser contemplada.

Por conseguinte, a alternativa para o pneu inservível seria uma implantação de um sistema que estabeleça o fluxo reverso do mesmo, para que assim, o produto gere valor ou invés de poluição, com esse fluxo, estabelecimentos e indústrias poderia contemplar a sustentabilidade, no que tange à possibilidade de geração de emprego, renda e respeito ao meio ambiente, desta forma, mitiga-se as ameaças e ampliam-se as oportunidades em direção ao Desenvolvimento Local Sustentável.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. FURTADO, C. Aplicação da Logística Reversa na Revenda de Pneus em Fortaleza. **Seminários em Administração** – SEMEAD, p.2177, set, 2010.

ANDRADE, H. S. **Pneus Inservíveis: Alternativas Possíveis de Reutilização**. 2007. 101f. Monografia (Departamento de Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ARAÚJO, S. J. S. DE. SILVA, N. S. MELO, J. P. LIMA, E. V. Análise do sistema de logística reversa de pneus na cidade de São Luís-MA. In: **XXII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)**, 2015, Bauru-SP. XXII Simpósio de Engenharia de Produção, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS – ANIP. **Produção e vendas** 2015: dados de produção. Disponível em: http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf. Acesso em: 15 set. 2018.

BONENTE, L. A. I. M., et al. **Transformação de Pneus Inservíveis em Dormente Ferroviário**: Proposta de Pesquisa Tecnológica. Laboratório de Estudos e Simulação de Sistemas Metro-Ferrovíarios COPPE-UFRJ, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n. 258, de 26 de agosto de 1999**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>. Acesso em: 19 set. 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. IBAMA. **Relatório de Pneumáticos 2018**. Resolução Comana N° 416/09. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/pneus/relatoriopneumaticos/ibama-relatorio-pneumaticos-2018.pdf>. Acesso em 3 de out. 2018.

BRASIL. **Resolução nº 416 de 30 de setembro de 2009**. Brasília, DF: CONAMA, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 08 set. 2018.

CIMINO, Marly Alvarez. ZANTA, Viviana Maria. Gerenciamento de Pneumáticos Inservíveis (GPI): Análise Crítica de Ações Institucionais e Tecnologias para Minimização. Artigo Técnico, **Engenharia Sanitária Ambiental**. Vol. 10. n. 4. out./dez. 2005.

CORRÊA, H. L. **Gestão de Redes de Suprimento**: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado. São Paulo: Atlas, 2010. 440 p.

COSTA, L. M. G. Modelo Baseado no Sistema Depósito Reembolsável para a Busca do Equilíbrio entre a Geração e a Reciclagem do Resíduo Sólido Pneu. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 2009, Salvador. **Anais... Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, 2009.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André. (Coord). **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem CEMPRES, 2000

DELIBERATO, E. Os pneus e o meio ambiente. In: JARDIN, A.; YOSHIDA, C.; FILHO, M. V. J. (Org.). Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Barueri: Manole, 2012, cap. 30, p.653-663.

DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de Veículos do Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

FLORIANI, M. A.; FURLANETTO, V. C.; SEHNEM, S. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **NAVUS – Revista de Gestão e Tecnologia**. v. 6, n. 2, p. 37-51. 2016.

FREITAS, S. S.; NÓBREGA, C. C. Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, vol. 19, n 3, p. 293-300, 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6a. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 192p.

GONÇALVES, L. C. Considerações acerca do processo de Logística Reversa de PósConsumo no segmento de pneus: Um estudo de caso na empresa Reciclanip. **Revista FATEC – Zona Sul**. v. 1, n. 1, 2014.

GOTO, A. K. (2007) **A contribuição da logística reversa na gestão de resíduos sólidos: uma análise dos canais reversos de pneumáticos**. 262f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Administração) Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo/SP, Brasil.

GUSTAVO, DEREK. **Alagoas reduz casos confirmados de dengue, zika e chikungunya em 2018**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2018/12/02/alagoas-reduz-casos-confirmados-de-dengue-zika-e-chikungunya-em-2018.ghtml>> Acesso em: 19 fev. 2019.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório de Pneumáticos 2017**: Resolução do Conama n°. 416/2009. Brasília: 2017. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2018.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 18, n 2, p. 106-118, 2008.

LAGARINHOS, Carlos A. F. **Reciclagem de Pneus: Coleta e Reciclagem de Pneus. Co-Processamento na Indústria de Cimento, Petrobras Six e Pavimentação Asfáltica**. 2004. 257 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, SP.

MMA: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21**. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa>> Acesso em: 28 set. 2018.

MOTTA, Eduardo. **O Calçado e a Moda no Brasil**. Um Olhar Histórico. São Paulo. 2004.

NOHARA, J. J. et. al. GS-40 - Resíduos Sólidos: Passivo Ambiental e Reciclagem De Pneus. **THESIS**, São Paulo, v .3, p. 21-57, 2005.

POMPEU, A. M. (2016a) **Logística Reversa de Pneus Inseríveis: Uma Alternativa para o Desenvolvimento Local Sustentável**. 68f. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local – Mestrado Acadêmico) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande/MS, Brasil.

POMPEU, A. M. (2016b). **CADEIA DE VALOR SUSTENTÁVEL: As Influências das Capacidades Dinâmicas para a Sustentabilidade**. 80f. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade. – Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, Brasil.

RECICLANIP. **Institucional**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.reciclanip.com.br>>. Acesso em: 27 set. 2018.

RODRIGUES, C. M.; HENKES, J. A. Reciclagem de pneus: atitude ambiental aliada à estratégia econômica. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, SC, v. 4, n. 1, p. 448-473, abr./set. 2015.

A INTEGRAÇÃO DO ESPAÇO COMO UM FATOR DE RISCO PSICOSSOCIAL NO TRABALHO: AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 04/09/2020

Carla Nunes de Carvalho Peixoto de Barros

Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da
Universidade Fernando Pessoa
Porto, Portugal
<https://orcid.org/0000-0003-2236-4553>

Luís Manuel Moreira Pinto de Faria

Faculdade de Ciência e Tecnologia da
Universidade Fernando Pessoa
Porto, Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-1024-7010>

RESUMO: A prevalência de riscos psicossociais na Europa tem vindo a tornar-se mais visível. No sector da saúde, a intensidade do trabalho, as exigências emocionais e as relações sociais de trabalho apresentam-se como as mais preocupantes. De facto, os profissionais de saúde, no contexto da sua atividade de trabalho, vêm se confrontados com a gestão, nem sempre fácil, de situações de elevado esforço mental e emocional que provocam elevado desgaste. Atendendo que a atividade do profissional de saúde decorre no contexto de um «espaço» questiona-se a pertinência de incluir neste tipo de estudos indicadores mais orientados para o modo como ele pode ou não influenciar as interações humanas.

PALAVRAS-CHAVE: Riscos psicossociais, trabalho, arquitetura, espaço, saúde.

THE INTEGRATION OF SPACE AS A PSYCHOSOCIAL RISK AT WORK: ASSESSMENT AND INTERVENTION

ABSTRACT: The prevalence of psychosocial risks in Europe has become more visible. In the health sector, the intensity of work, emotional demands and social relations of work are the most worrying. In fact, health professionals, in the context of their work activity, are confronted with the management, not always easy, of situations of high mental and emotional effort that causes exhaustion. Considering that the worker's activity occurs in the context of a space, it is questioned the pertinence of embracing new indicator studies more concerned with the way in which "space" can or cannot influence human interactions.

KEYWORDS: Psychosocial risks, work, architecture, space, health.

1 | INTRODUÇÃO

Os riscos psicossociais no trabalho não são recentes, contudo só nos últimos anos é que ganharam uma outra visibilidade: não só pelo aumento dos estudos científicos, mas também, mas também pelas campanhas desenvolvidas pelos organismos competentes quer internacionais quer nacionais.

Existem muitas definições de riscos psicossociais, a noção é operacionalizada de maneira diferente pelas diferentes disciplinas, em função dos seus próprios conceitos e teorias. Adotamos aquela que nos parece mais

consensual e mais adequada às questões teóricas e práticas que os estudos neste domínio levantam.

Os riscos psicossociais estão relacionados com a forma como o trabalho é concebido, organizado e gerido, bem como com o contexto económico e social do trabalho. (Eurofound, 2016). Além da precariedade e da insegurança do emprego, os riscos psicossociais incluem, nomeadamente, exigências elevadas e intensidade de trabalho, exigências emocionais, falta de autonomia, relações sociais deficientes e má liderança (Eurofound, 2016). Assinala-se o facto que para considerarmos que um risco para a saúde no trabalho é psicossocial não é a sua manifestação que deve ser avaliada, mas a sua origem. É, portanto, fundamental distinguir fatores de risco – psicossocial – dos seus efeitos sobre a saúde física, mental e social (Barros, 2017). Os riscos psicossociais são, assim, definidos como riscos para saúde mental, física e social, provocados pelas condições de trabalho e pelos fatores organizacionais e relacionais suscetíveis de interagir com o funcionamento mental (Gollac & Bodier, 2011). Inspirada na proposta dos autores, podemos organizar os fatores psicossociais de risco em cinco grupos:

(i) Intensidade do trabalho e tempos de trabalho, como por exemplo: ritmo intenso; hipersolicitação; instruções contraditórias; estar sempre a mudar de função/tarefas; ultrapassar o horário normal de trabalho; disponibilidade permanente a qualquer hora.

(ii) Exigências emocionais, como por exemplo: situações de tensão nas relações com o público; ter que gerir as exigências, queixas ou reclamações do público; ter que dar resposta às dificuldades ou sofrimento de outras pessoas; ter que esconder as minhas emoções.

(iii) Autonomia insuficiente, como por exemplo: ser obrigado a fazer o trabalho tal e qual como foi definido, sem qualquer possibilidade de alteração; ter que obedecer a um horário de trabalho rígido, sem qualquer possibilidade de pequenas alterações; não poder participar nas decisões relativas ao meu trabalho.

(iv) Má qualidade das relações sociais no trabalho, como por exemplo exposto a discriminação; exposto a assédio sexual; exposto a assédio moral; ser pouco reconhecido pelos colegas; ser pouco reconhecido pelas chefias; não ser tratado de forma justa e com respeito pelas chefias.

(v) Conflitos de valores, como por exemplo: faltam os meios para realizar um trabalho de qualidade; ter que fazer coisas que desaprovo; a minha consciência profissional é abalada; as coisas que faço são tidas como pouco importantes.

A prevalência destes riscos na Europa tem vindo a tornar-se mais visível a partir dos dados do Sexto inquérito europeu sobre as condições de trabalho (Eurofound, 2016) e do Inquérito ESENER 2 (EU-OSHA, 2016), alertando para o sector da saúde onde a intensidade do trabalho e as exigências emocionais se mostraram as mais preocupantes.

2 | RISCOS PSICOSSOCIAIS NO SETOR DA SAÚDE: ALGUMAS ESTATÍSTICAS

Os trabalhadores do sector da saúde estão expostos a maiores níveis de intensidade de trabalho. Numerosos estudos epidemiológicos demonstraram que um elevado nível de exigências está associado a um aumento do risco de doenças cardiovasculares, músculo-esqueléticas e depressão.

O Sexto inquérito europeu sobre as condições de trabalho (Eurofound, 2016) confirma que é o sector da saúde, é aquele com maior prevalência de trabalho intensivo (38 em 100) comparativamente com outros setores de atividade. Estamos a falar de trabalhar a um ritmo acelerado (35%), pressão de tempo (35%), trabalhar rápido (35%), ocorrência de interrupções perturbadoras (26%), raramente ou nunca ter tempo suficiente para realizar o trabalho (14%). O Inquérito ESENER (EU-OSHA (2016) refere concretamente que 43% dos profissionais de saúde estão expostos à pressão relativamente a prazos a cumprir.

As exigências emocionais são sentidas nestes profissionais, de facto, em atividades que envolvem o ter que lidar com pessoas (particularmente aquelas que necessitam de cuidados), é indispensável uma gestão, permanente, do estado emocional. No setor da saúde é sentido na relação com os doentes e com as famílias dos doentes. (Eurofound, 2016): ter que esconder as emoções (44%); ter que gerir situações emocionalmente perturbadoras (24%). O Inquérito ESENER 2 (EU-OSHA (2016) chama a atenção que o contacto com o público externo e, mais concretamente, ter que gerir situações de tensão nas relações com os clientes, pacientes e alunos, é sentida por 75% dos profissionais.

A má qualidade das relações sociais no trabalho, nomeadamente os comportamentos sociais adversos são particularmente sentidos em alguns sectores de atividade. O sector da saúde reportou a maior percentagem de profissionais sujeitos a todos os indicadores de comportamentos sociais adversos: é aquele onde encontramos mais abuso verbal (20%), ameaças e comportamentos humilhantes (8%), violência física (7%) e intimidação/assédio moral (8%) (Eurofound, 2016).

De modo a concretizar alguns destes dados estatísticos apresenta-se um estudo de caso realizado no contexto hospitalar, onde se procurou avaliar os fatores psicossociais de risco nos profissionais de saúde.

3 | RISCOS PSICOSSOCIAIS NO SETOR DA SAÚDE: ESTUDO DE CASO

3.1 Enquadramento

O estudo foi desenvolvido num Centro Hospitalar do Distrito do Porto (Soares da Costa, 2017) e teve como objetivo identificar e avaliar os fatores psicossociais de risco mais significativos numa amostra de 62 profissionais de saúde.

3.2 Material e métodos

De modo a concretizar este objetivo optou-se por uma metodologia mista que consistiu na aplicação do Inquérito INSAT (Barros & Cunha, 2014; Barros, *et al* 2017) e na realização de observações de terreno e entrevistas individuais e coletivas. Após a autorização do centro hospital, respeitaram-se todos os procedimentos utilizados de informação e autorização dos participantes, de consentimento informado assim como a confidencialidade e anonimato (Soares da Costa, 2017).

3.3 Amostra

Foram recolhidos 62 inquéritos INSAT (de um universo de 110 profissionais de saúde): 77.6% mulheres e 22.4% homens, na sua maioria enfermeiros (54.4%). A maioria tem licenciatura e formação pós-graduada (76.8%) e idades compreendidas entre os 30 e os 44 anos de idade (58.5%).

Nas entrevistas participaram 6 profissionais de saúde que preencheram o INSAT e cujo objetivo foi confirmar, completar e enriquecer os resultados obtidos no INSAT.

3.4 Resultados e discussão

No contexto hospitalar, é de realçar três grupos de fatores psicossociais de risco onde se encontraram valores mais preocupantes (valores superiores a 30%): intensidade do trabalho e tempos de trabalho; exigências emocionais; e má qualidade das relações sociais no trabalho.

3.4.1 Intensidade do trabalho e tempos de trabalho

A intensidade do trabalho e tempos de trabalho englobam a noção de exigência psicológica e esforço. A quantidade de trabalho corresponde, por um lado, ao tempo que ele ocupa (pela sua duração e/ou organização do tempo de trabalho) e, por outro lado, pela intensidade do trabalho e a sua complexidade. A análise dos resultados revela que 75.9% dos profissionais de saúde queixam-se de trabalhar a um ritmo intenso. Não têm tempo suficiente para a realização das múltiplas tarefas, têm um ritmo acelerado de trabalho e um volume excessivo de trabalho, referindo, que normalmente, ultrapassam o seu horário normal de trabalho (67.8%).

Fatores psicossociais	INSAT:
	No meu trabalho estou exposto a situações de...
Intensidade do trabalho e tempos de trabalho:	75.9%_ ritmo intenso 67.8%_ ultrapassar o horário normal de trabalho 58.9%_ hipersolicitação 57.9%_ ser frequentemente interrompido 49.2%_ estar sempre a mudar de função/tarefas

Quadro 1: Intensidade do trabalho e tempos de trabalho

Fonte: Soares da Costa (2017)

No caso particular destes profissionais esta situação é particularmente sentida pela rapidez com que têm que executar múltiplas tarefas que implicam, em simultâneo, o atendimento ao doente e público, como sustentadas pelas verbalizações recolhidas:

Nós aqui temos muita afluência de cirurgias (...). Por dia, o número pode variar entre 16 a 20 cirurgias (...). Nós enfermeiros somos e temos de ser polivalentes. (E1)

Temos que dar resposta a muitas coisas e ao mesmo tempo (...). (E2)

É muita coisa ao mesmo tempo e, depois, não há compreensão e torna-se complicado fazer a gestão (...) estamos aqui no atendimento mas, também temos de ir ao outro lado. (E4)

Temos que dar resposta a muita coisa e, pior ainda, é que ao mesmo tempo! Temos que lidar com muitas e diferentes tarefas (...) é sempre uma correria para dar resposta a tudo o que nos é solicitado! (E5)

De facto, as múltiplas e diversas solicitações e o ritmo elevado de trabalho englobam um conjunto diversificado de esforços e exigências das tarefas, quer ao nível do esforço físico, cognitivo e psicológico (Cardoso, 2013; Furtado & Júnior, 2010), sentida por estes profissionais, que prolongam o seu horário de trabalho mas, mesmo assim, não deixam de ter o sentimento de estarem, permanentemente, a “correr” para dar resposta a todas as solicitações. Na realidade, as situações de ritmo e tempos de trabalho excessivos, a pressão dos prazos para o cumprimento das tarefas, as normas rígidas para a execução das tarefas são representativos de um “dia normal” numa instituição hospitalar (Campos & David, 2011).

3.4.2 Exigências emocionais

As exigências emocionais estão relacionadas com a necessidade de gerir as suas próprias emoções com o estado emocional das pessoas com quem se interage no trabalho. Os resultados encontrados para a exposição às exigências emocionais são alarmantes. Podemos constatar que os profissionais de saúde, para além de terem que lidar com situações de tensão por parte do público, têm, também, que dar resposta ao sofrimento de outras pessoas (93.1%).

Fatores psicossociais	INSAT: No meu trabalho estou exposto a situações de...
Exigências emocionais	96.6%_situações de tensão nas relações com o público 93.1%_ter que dar resposta às dificuldades ou sofrimento de outras pessoas 89.7%_ter que gerir as exigências, queixas ou reclamações do público

Quadro 2: Exigências emocionais

Fonte: Soares da Costa (2017)

No caso particular destes profissionais esta situação é particularmente sentida na relação com os utentes, pacientes, e as próprias famílias, como sustentadas pelas verbalizações recolhidas:

E por público, neste caso, entenda-se que, para além dos pacientes, também, há os acompanhantes e familiares. (E2)

Há uns tempos tivemos uma senhora a dizer que se ia embora porque a mandaram estar cá às 9h e era 12h e ainda não tinha sido operada e, eu queria explicar-lhe o nosso funcionamento de chamada de doentes (...) mas, nem sequer me queria ouvir (...). (E3)

Temos duas situações: o doente está adaptado à doença e está a vivenciá-la da melhor forma dentro do possível; ou o doente está extremamente deprimido e não aceita a doença. Aí realmente, temos de saber lidar com as dificuldades e o sofrimento dos diferentes doentes (E2)

Às vezes nem é para nos pedir nada, é para falar, desabafar mas, como eu gosto muito de perceber a pessoa que tenho do outro lado (...) gosto muito de conversar com os doentes (...) mexe sempre um bocadinho connosco mas, acho que nós, com o tempo, acabamos por aprender a distanciar-nos, lidando com a situação. (E3)

É complicado (...) choca-me ver, às vezes, um doente e ver uma pessoa mais nova a tentar consolá-lo mas, a não conseguir, porque realmente é muito desânimo e, tentar animar, nem sempre é fácil (...) vou muitas vezes para casa a pensar em certos doentes (...) por exemplo, pessoas que vem tirar os cateteres, que tiveram cancro, quimioterapias, tratamentos puxados (...) até porque aqui lidamos diretamente com eles e ouvimo-los, eles falam connosco das suas vidas e é mesmo complicado fazer esta gestão (...) (E5)

De facto, estes profissionais acabam por estar em esforço emocional e mental intenso e prolongado (Soares, 2013). Esta situação conduz inevitavelmente, a um grande desgaste emocional, quer pelas exigências das tarefas, quer pelo relacionamento, muitas

vezes, doloroso e conflituoso com os pacientes e famílias, experienciando várias exigências e emoções (Lima & Sousa, 2015).

3.4.3 *Má qualidade das relações sociais no trabalho*

As relações sociais de trabalho constituem um fator psicossocial de risco muito relevante em qualquer situação de trabalho. A Má qualidade das relações sociais no trabalho: engloba as relações entre os trabalhadores assim como as relações entre o trabalhador e a empresa que o emprega. Estas relações devem ser analisadas à luz dos conceitos de integração, reconhecimento e sentido de justiça.

Fatores psicossociais	INSAT: No meu trabalho estou exposto a situações de...
	44.1%_ faltam os meios para realizar um trabalho de qualidade 39.7%_ de uma forma geral, sinto-me explorado 31%_ ser pouco reconhecido(a) pelas chefias

Quadro 3: Má qualidade das relações sociais

Fonte: Soares da Costa (2017)

A par de outros profissionais, os profissionais de saúde experienciam a situação da falta de meios adequados para realizar um trabalho de qualidade (44.1%) e de se sentirem explorados (39.7%) e pouco reconhecidos pelo esforço e dedicação (31.0%).

.....
O dia-a-dia nem sempre é fácil, as condições não são as melhores mas fazemos o que podemos (E2)

.....
(...) as coisas nem sempre correm bem (...) Hoje aconteceu, uma enfermeira ligou-me por causa de alterações e as coisas não estavam como deviam, teve de ligar ao diretor porque é ele quem sabe o que fazer e qual é a melhor solução. Às vezes não conseguimos e temos que decidir sem ter a certeza (...) (E6)

.....
Não, não são nem querem saber.... Há pessoas que nós explicamos e compreendem mas, há outras, que não compreendem e acham que o nosso esforço não chega (...) mas eu gosto muito do que faço (E3)

A ausência de recursos, o sentimento de não realizar um trabalho de qualidade desgasta o profissional de saúde que, mesmo assim, procura encontrar a solução mais adequada (Campos & David, 2011; Furtado & Júnior, 2010). A realização de uma atividade de trabalho desgastante e em permanente esforço mental, emocional e relacional é equilibrada pela natureza do trabalho que realizam e pelo sentimento de ajuda ao outro.

De facto, pelos valores obtidos, é interessante constatar-se que, apesar de todas as situações constrangedoras a que estes profissionais estão expostos, com as quais se têm que deparar e vivenciar no exercício das suas profissões, há espaço para um ambiente relacional extremamente positivo, em que está sempre presente a ideia de que partilham um objetivo comum, tendo sempre presente o bem-estar do doente.

Apesar de reconhecidas por estes profissionais, as situações mais constrangedoras são ultrapassadas por um contexto social, de sentimento de pertença e de ajuda, que permitem assegurar os melhores cuidados de saúde.

Tal como o referido contexto social, também o contexto espacial, tal como é percebido pelos seus utilizadores, apesar de não ser reconhecido formalmente como um fator psicossocial *per si*, poderá interferir nas interações humanas no trabalho.

4 | O PAPEL DO «ESPAÇO» NO CONTEXTO DA AVALIAÇÃO DE RISCOS PSICOSSOCIAIS

Conforme já foi mencionado, para avaliar um risco psicossocial o mais importante não é a sua manifestação, mas a sua origem, sendo que os dados atrás identificados referem-se na sua maioria às condições de trabalho e aos fatores organizacionais e relacionais.

Atendendo a que o «espaço», enquanto ambiente concebido e percebido, é invariavelmente o palco destas interações, questiona-se agora a pertinência de incluir neste tipo de estudo indicadores mais orientados ao modo como o ambiente construído poderá desempenhar um papel neste processo.

De facto, a relação entre o ambiente construído e o comportamento humano, apesar de frequentemente referenciada, tem sido subestimada nas investigações académicas sobre este tema, nomeadamente na área da saúde ocupacional.

Já em 1930, Alvar Aalto questionava-se sobre o porquê de não se investir em estudos direcionados à relação do ser humano com o espaço e com a arquitetura, reforçando ainda que a arquitetura e o urbanismo tem “(...) por fim último e exclusivo os problemas fisiológicos, sociais e psicológicos que interessam aos grupos humanos” (Aalto, 2000, p.126).

No entanto, apesar das contribuições da filosofia, da sociologia, da ergonomia e da psicologia, principalmente a partir da segunda metade do século XIX, terem permitido um aprofundamento significativo do conceito de função, remetendo o seu valor não só para o especto mais mecanicista do termo como também para o seu potencial enquanto condicionador do comportamento humano, introduzindo assim novas esferas funcionais no campo do inconsciente e da expressividade, na arquitetura esta temática tem sido mais direcionada ao modo como a perceção avalia o espaço arquitetónico e deste modo como o justifica e o legitima, do que ao modo como a perceção do espaço influencia o sujeito que o percebe.

Hoje, talvez ainda contagiados por um sentimento de virar de século, tradicionalmente de reflexão crítica sobre o passado, ou simplesmente enquanto cidadãos conscientes da necessidade de um momento de inflexão no decurso da humanidade, os arquitetos vêm-se hoje envolvidos num debate que, mais do que puro exercício epistemológico sobre a sua própria disciplina, tem-se caracterizado por uma forte vertente transdisciplinar, integradora e tendencialmente mais ressonante de todo um momento civilizacional que não reconhece a indiferença, exigindo um nível crescente de qualidades e conhecimentos aos seus múltiplos intervenientes, que pelo seu saber, recetividade e criatividade, se tornam agora, na prática, executantes ativos de uma vontade coletiva interpretada na cidade.

Ao contrário do que muito se tem afirmado, num momento em que parece que «já se construiu demais», o arquiteto tem hoje um papel fundamental a desempenhar neste processo de transformação civilizacional. Não será é certamente mais na supressão de carências de novos espaços para habitação nem tão pouco na promoção individual de edifícios icónicos representativos de uma época e de um contexto económico e social que já se percebeu ter terminado: o papel do «espaço» no processo de avaliação dos riscos psicossociais é um dos novos desafios que a arquitetura deverá integrar e compreender.

Sabendo-se hoje que um cidadão passará em média 90% da sua vida no interior de edifícios (Klepeis, 2001), que cerca de 20% deste período será despendido no seu local de trabalho e que, conforme se prevê, em 2030 mais de 30% da população ativa terá entre 55 e 65 anos (EU-OSHA, 2017), torna-se mais pertinente perceber o modo como a arquitetura está a adaptar-se ou pode adaptar-se a esta nova realidade bem como de que modo pode ela condicionar, informar, potenciar, e facilitar o bem-estar físico, mental e social da população, isto é, tomando a definição da Organização Mundial de Saúde, promover a saúde da população.

Não se trata apenas de adaptar o espaço em termos ergonómicos, de eliminar barreiras arquitetónicas, ou de o otimizar em termos de ruído, de temperatura, ou iluminação.

Os edifícios condicionam o bem-estar dos seus utilizadores sendo que eles tanto podem constituir um suporte inspirador para as suas atividades e realizações como podem contribuir no sentido contrário. Não será por sorte ou por acaso que se verifica uma circunstância ou a outra.

A tomada de consciência dos novos desafios funcionais na arquitetura, mais voltados para a experiência visceral do espaço e dos seus impactos no desempenho global de quem o experimenta – na sua capacidade de trabalhar, de criar e de sentir – associa-se hoje a uma perceção do ser humano como uma realidade plural, indissociável do seu ambiente “natural” e “não-natural”, que informa e que é dialogicamente informado por todo um ecossistema “glocal”, introduzindo uma nova complexidade ao conceito de “função” em arquitetura bem como reforçando a dimensão ética da responsabilidade dos atos próprios da arquitetura.

5 | CONCLUSÕES

A complexidade que caracteriza o estudo dos riscos psicossociais exige, portanto, uma compreensão de um conjunto de fatores que interagem mutuamente e a diferentes níveis, solicitando assim, uma abordagem global e multifacetada.

Se o desafio consiste em analisar os riscos psicossociais a partir do estudo da atividade humana de trabalho, a análise das características do espaço onde essa atividade de desenvolve permite repensar os riscos psicossociais sob a perspectiva dos trabalhadores, baseada na sua experiência subjetiva de vivência do seu espaço de trabalho.

Conclui-se que, não só tendo em consideração a caracterização social e demográfica da população, como também a recetividade das diferentes áreas do saber, tende-se hoje, por circunstancia e por vocação, a uma prática disciplinar mais dirigida à experimentação e ao usufruto do espaço pelo homem, sendo agora mais pertinente a reaproximação entre psicólogos, arquitetos, engenheiros, ergonomistas e utilizadores no sentido de melhor explorar a integração do «espaço» na avaliação e intervenção nos riscos psicossociais no trabalho.

Não é o espaço, enquanto cenário de vida, um fator psicossocial de risco? Como aferir sobre o papel do espaço neste processo? E o que aconteceria se o espaço fosse concebido no sentido da promoção do bem-estar psicossocial?

REFERÊNCIAS

AALTO, Alvar. **De palabra y por escrito**. Madrid; El Croquis Editorial, 2000.

BARROS, Carla & CUNHA, Liliana. Avaliação dos fatores psicossociais de risco: contributos do Inquérito INSAT. In NETO, H.V., AREOSA, J. & AREZES, P. (Org). **Manual sobre Riscos Psicossociais no Trabalho**. Vila do Conde: Civeri Publishing., 2014, 333-346, ISBN 978-989-97762-9-6

BARROS, Carla. Fatores psicossociais de risco no trabalho de hoje. In **Trabalho sem fronteiras? O papel da regulação**. Lisboa: IT/ACT, 2017.

BARROS, Carla et al. Development and Validation of a Health and Work Survey Based on the Rasch Model among Portuguese Workers. **J Med Syst**, 41 (79), 1-9, 2017. doi:10.1007/s10916-017-0727-2

CAMPOS, Juliana & DAVID, Helena. Avaliação do contexto de trabalho em terapia intensiva sob o olhar da psicodinâmica do trabalho. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, 42(2), 363-368, 2011.

CARDOSO, António. Organização e intensificação do tempo de trabalho. **Revista Sociedade e Estado**, 28, 351-374, 2013.

EU-OSHA . **Second European Survey of Enterprises on New and Emerging Risks (ESENER-2). Overview Report: Managing Safety and Health at Work**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

EUROFOUND. **Sixth European Working Conditions Survey—Overview report**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

FURTADO, Betise & JÚNIOR, Araújo. Percepção de enfermeiros sobre condições de trabalho em sector de emergência de um hospital. **Acta Paulista de Enfermagem**, 23(2), 160-174, 2010.

GOLLAC, Michel & BODIER, Marceline. **Mesurer les facteurs psychosociaux de risque au travail pour les maîtriser**. Rapport du Collège d'expertise sur le suivi des risques psychosociaux au travail, faisant suite à la demande du Ministre du travail, de l'emploi et de la santé, 223 p, 2011.

KLEPEIS, Nelson et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants. **Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology**. 11(3):231-252, 2001.

LIMA, Gustavo & SOUSA, Santana. Violência psicológica no trabalho da enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, 68(5), 535-541, 2015.

SOARES, Ruben. A dupla função da pausa na actividade de atendimento face a face: instrumento para resolução de conflitos e renovação do género. **Trabalho & Educação**, 22(1), 219-223, 2013.

SOARES DA COSTA, Inês. **As condições de trabalho, os riscos gerais e os riscos psicossociais nos profissionais de saúde: um estudo no Pólo de Valongo do Centro Hospitalar São João do Porto**. 2017 (Tese de Mestrado em Psicologia) – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2017.

CAPÍTULO 13

REDIRECIONAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E LEGADOS DA COMPOSTAGEM EM PRÁTICAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 02/09/2020

Rui Pedro Cordeiro Abreu de Oliveira

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/0225753759182219>

Carlos de Araújo de Farrapeira Neto

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/4238415411945496>

Iury de Melo Venâncio

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1660064089178312>

Camila Santiago Martins Bernardini

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5929624959345190>

Fernando José Araújo da Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/1248533911274093>

Leonardo Schramm Feitosa

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5662881522604520>

Ana Vitória Gadelha Freitas

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/6926307647125518>

Ingrid Katelyn Costa Barroso

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5159394038850233>

Gerson Breno Constantino de Sousa

Universidade do Norte do Paraná - UNOPAR
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9015997213984201>

André Luís Oliveira Cavaleiro de Macêdo

Centro Universitário Pitágoras
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/2308877938625178>

Enio Giuliano Girão

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/0190066714251741>

Raquel Jucá de Moraes Sales

Universidade de Fortaleza
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/8238891653871201>

RESUMO: O incorreto tratamento dos resíduos sólidos é uma problemática atual e que demanda por soluções de engenharia, pois, quando dispostos inadequadamente, são prejudiciais à saúde humana e ambiental. A compostagem se torna uma das formas mais eficazes de reciclagem de resíduos orgânicos, uma vez que pode ser implementada no local de sua geração. Destaca-se, assim, a importância desse estudo pela possibilidade de tratar os resíduos orgânicos na origem, a partir de técnicas e equipamentos simples. Objetivou-se demonstrar perspectivas,

desafios e legados das práticas de iniciação científica de redirecionamento de resíduos orgânicos oriundos de um laboratório de gastronomia, através do método da compostagem. A natureza metodológica foi quali-quantitativa e exploratória, consistindo no levantamento de literatura, práticas laboratoriais, coleta de dados e construção de uma composteira. No período de seis meses, foram destinados à composteira 12,623 kg de sobras de alimentos, as quais resultaram em 10,305 kg de composto orgânico e 4 litros de biofertilizante. O húmus gerado foi utilizado em uma horta teste, onde foram lançadas sementes e plantadas mudas. As iniciativas e práticas laboratoriais atingiram o Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU). Conclui-se que a técnica utilizada diminui os resíduos sólidos alimentares produzidos durante as aulas, assim como potencializa a gestão ambiental e laboratorial destes espaços, transmitindo um legado de aprendizagem em engenharia ambiental para contextos similares.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Sustentabilidade, Iniciação Científica, Resíduos, Laboratórios Gastronômicos.

REDIRECTING ORGANIC WASTE: PERSPECTIVES, CHALLENGES AND LEGACIES OF COMPOSTING IN SCIENTIFIC INITIATION PRACTICES

ABSTRACT: The improper solid waste treatment becomes a current problem and that demands for engineering solutions, because when disposed-off inadequately, they are harmful to human and environmental health. Thus, composting becomes one of the most effective ways of recycling organic waste, because it can be implemented at the place of its generation. Therefore, the importance of this study is highlighted due to the possibility of treating organic waste at the same time of the generation, using simple techniques and equipment. This study aims to demonstrate perspectives, challenges and legacies of scientific initiation practices for redirecting organic waste from a gastronomy laboratory, using the composting method. The research was quali-quantitative and exploratory and the method was based on the survey of literature references, laboratory practices, data collection and preparation of a composting unit. In six months, an amount of 12.623 kg of food wastage was destined to the compost unit, resulting in 10.305 kg of organic compost and 4 L of liquid fertilizer. The organic compost obtained was used in a test organic garden, where seedlings were planted and seeds were inserted into the soil. The initiatives and laboratory practices reached the Sustainable Development Goals - SDG nº 12 (UNO). In conclusion, the technique used reduces the food wastage produced during practical classes, as well as enhancing the environmental and laboratory management, transmitting a learning legacy of environmental engineering to similar contexts.

KEYWORDS: Composting, Sustainability, Scientific Initiation, Wastage, Gastronomic Laboratories.

1 | INTRODUÇÃO

O surgimento de resíduos sólidos data do período da vida nômade. Contudo, quando o homem passou a se organizar em sociedade, a geração de resíduos alcançou um crescimento sem precedentes. Com o aumento populacional e o desenvolvimento urbano, várias classes de resíduos surgiram em contextos agrícolas, urbanos, industriais,

de saúde, entre outros, levando a inúmeros desafios de gestão na solução de problemas socioambientais advindos da geração, acúmulo e destinação inadequados desses resíduos (SCHALCH *et al*, 2002; DEUS *et al*, 2015).

Estimativas da Organização das Nações Unidas - ONU (2015) apontam que cerca de 30% da produção global de comida é perdida ou desperdiçada, as quais representam 40% e 50% da cultura de raízes, frutas e vegetais, 20% de oleaginosas, carne e laticínios e 35% de peixes. Isto compreende cerca de 1,3 bilhão de toneladas, suficientes para alimentar 2 bilhões de pessoas (INSTITUTO AKATU, 2015).

Em cenário brasileiro, os resíduos domiciliares orgânicos correspondem a 51,4% dos resíduos gerados no Brasil (IBGE, 2010), sendo a sua grande maioria destinada aos aterros sanitários e lixões. Estima-se que cerca de 70 mil toneladas de alimentos são descartadas diariamente, o que torna esse lixo um dos mais ricos do mundo e o Brasil, o país do desperdício (BADAWIL, 2009). Desse modo, se reconhece que a gestão de resíduos sólidos se configura como uma das problemáticas ambientais mais desafiadoras do atual cenário mundial e brasileiro.

Nesse sentido, o Ministério do Meio Ambiente - MMA (2018) instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de acordo com a Lei nº12.305. Esta política apresentou a gestão dos resíduos orgânicos em ordem de prioridade, em prol de evitar a sua produção excessiva, reduzir o volume produzido, reutilizar e reciclar o que for possível e destinar para disposição final o que não for passível de recuperação (BRASIL, 2010). Ressalta-se que essa perspectiva é fruto das recorrentes necessidades humanas, da sua relação direta com a expansão da produção e, conseqüentemente, o tipo de material descartado (NAIR; SEKIOZOIC; ANDA, 2006).

Desse modo, segundo o documento originário de discussões na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Conferência Rio 92, denominado de Agenda 21 (1992), faz-se necessário promover novos padrões de consumo e de produção que reduzam as pressões ambientais e atendam as necessidades básicas da humanidade. É preciso desenvolver uma nova compreensão do papel do consumo e da forma de programar padrões sustentáveis de recursos.

Emerge, então, uma solução adequada para o problema da disposição inadequada de resíduos urbanos orgânicos, denominada compostagem. Trata-se de um processo biológico aeróbio, exotérmico e controlado onde substratos orgânicos são decompostos por meio da ação de microrganismos, com liberação de gás carbônico (CO₂) e vapor de água. Produz-se, ao final, um produto estável, rico em matéria orgânica e mais humificado, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem (KIEHL, 1985; KIEHL, 2004; REIS, 2005). Este método tecnológico ajuda a direcionar um destino mais adequado, do ponto de vista ambiental, a esse tipo de resíduos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

A compostagem em pequena escala utiliza quantidades reduzidas de resíduos e é realizada geralmente em ambientes domésticos ou com limitações de espaço (OLIVEIRA et al.,2017). Com isso, ressalta-se a relevância desse estudo, pois, em consonância com Leite (2011), a compostagem possibilita tratar os resíduos orgânicos na própria origem, com a utilização de técnicas e equipamentos simples, operados pelo próprio gerador.

Para além de ser considerada uma destinação ambientalmente adequada, a compostagem possui outras vantagens, a depender da abrangência e da implementação da técnica. Pontua-se que com essa técnica se obtém um composto fertilizante, denominado de húmus, benéfico para agricultura, jardins e demais culturas - sendo utilizado como adubo natural. Ainda, devido aos baixos riscos ambientais, é adequada para o tratamento de pequenos volumes de resíduos orgânicos.

Portanto, o objetivo do trabalho é demonstrar perspectivas, desafios e legados das práticas de iniciação científica de redirecionamento de resíduos orgânicos oriundos de um laboratório de gastronomia, através do método da compostagem.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho, adotou-se o método quali-quantitativo e exploratório, tendo sido dividido em três etapas: primeiramente, foi realizado o levantamento de referenciais teóricos, seguido pelas práticas em um laboratório de gastronomia de uma Instituição de Ensino Superior (IES) localizado em Fortaleza/CE e finalizado, portanto, com a etapa de gabinete para análise e interpretação dos dados e a geração dos resultados.

Inicialmente, foram realizados levantamentos de referenciais teóricos em bibliotecas virtuais, onde foram selecionados artigos e estudos relativos à temática, a partir de três (3) palavras-chave: resíduos orgânicos, laboratórios gastronômicos e compostagem. Também foram buscados livros, monografias, dissertações e teses em plataformas nacionais como *Scielo*, *Capes*, seleção de periódicos em revistas especializadas.

O trabalho prático se iniciou a partir da elaboração da composteira do tipo doméstica. Para tal, foram utilizados três (3) baldes de tinta plásticos, com capacidade máxima de 18 L cada, os quais foram previamente limpos, conforme se observa na figura 01. Logo em seguida, são descritas as fases de elaboração da composteira.



Figura 01: Fases de elaboração da composteira.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Inicialmente foram efetuados cerca de cinquenta (50) furos nas laterais e base na parte inferior de dois (2) baldes, com diâmetro de cinco (5) milímetros cada. Para tal, recorreu-se ao uso de uma furadeira elétrica *Bosch* e de duas velocidades. Os furos foram necessários para a permuta de gases entre os baldes, para passagem das minhocas e lixiviação do líquido gerado durante a decomposição.

O balde inferior (base), sem os furos, foi utilizado para armazenar o biofertilizante advindo dos dois níveis superiores. Neste compartimento, os furos foram realizados somente na parte superior, para que a troca gasosa com os outros baldes fosse eficiente. Recorreu-se ao uso de uma broca do tipo escalonada, para a instalação de uma torneira plástica na parte inferior, com vista a facilitar a remoção do líquido acumulado.

Após tal sequência, foram adicionados cascalhos de argila, com o objetivo de melhorar a sedimentação de impurezas presentes no biofertilizante. Logo em seguida à realização dos furos e instalação da torneira plástica, verificou-se a estabilidade de encaixe entre os três baldes.

Finalizada a construção da composteira, passou-se ao processo da compostagem. Foram utilizados três (3) kg de composto orgânico já maturado e cerca de sessenta (60) minhocas da espécie “Vermelha da Califórnia” (*Eisenia fetida*), conforme demonstrado na figura 02. Para a pesagem do composto orgânico final, foi utilizada uma balança de mão digital da marca Tomate.

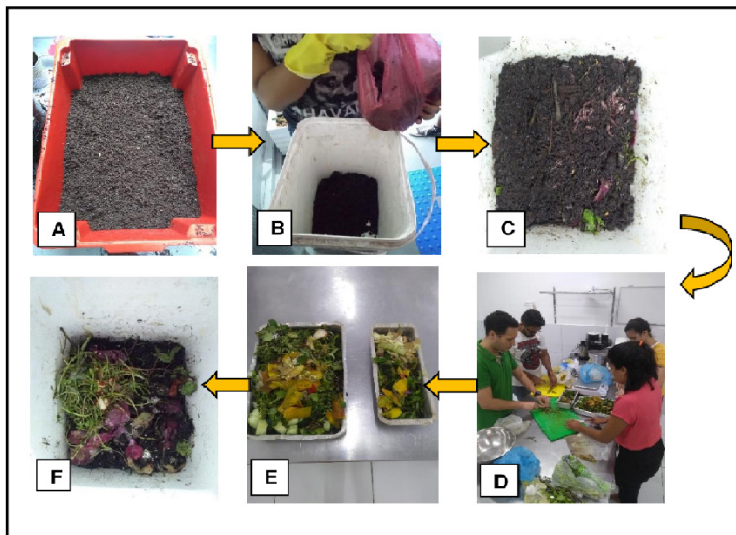


Figura 02: Fase de introdução de composto e minhocas na composteira, e triagem de resíduos para a composteira.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Por conseguinte, foi planejada a coleta de dados dos resíduos gerados em ambiente laboratorial nas disciplinas de Enologia e Gastronomia Asiática. Por meio de formulários padronizados (ex: identificação, pesagem dos resíduos coletados, volume coletado, etc.) aplicados durante as aulas práticas gastronômicas, foi possível mapear, pesar com uma balança digital de precisão SF-400 e salvaguardar todo o material orgânico costumeiramente descartado como rejeito pela IES. Foi estabelecido que para cada descarte de resíduos compostáveis (ex: frutas, verduras e legumes) seriam adicionados dois (2) Kg de serragem de madeira, em prol de diminuir a umidade presente nos resíduos, assim como contribuir com a estabilização de odores característicos da decomposição das matérias orgânicas a serem inseridas.

Já as sobras cítricas (ex: cebola, limão, laranja, etc) ou aquelas que possuíssem gordura animal (ex: carnes) e óleo vegetal (ex: óleo de soja, girassol, algodão, azeite, etc), seriam desprezados do experimento.

Em prol de albergar todos os equipamentos do estudo (ex: composteira, baldes para estocagem de insumos, etc), foi utilizado um espaço ocioso de 4 m², próximo à biblioteca e cedido previamente pela IES.

Para direcionar os compostos resultantes do processo, foi adotado um canteiro de jardim disponível defronte aos laboratórios de Gastronomia, com uma área total de 2,5 m², a qual passou por limpeza e reformulação manual através de enxada. Posteriormente, foi dividida por taliscas de madeira reaproveitadas, conforme é observado na figura 03.

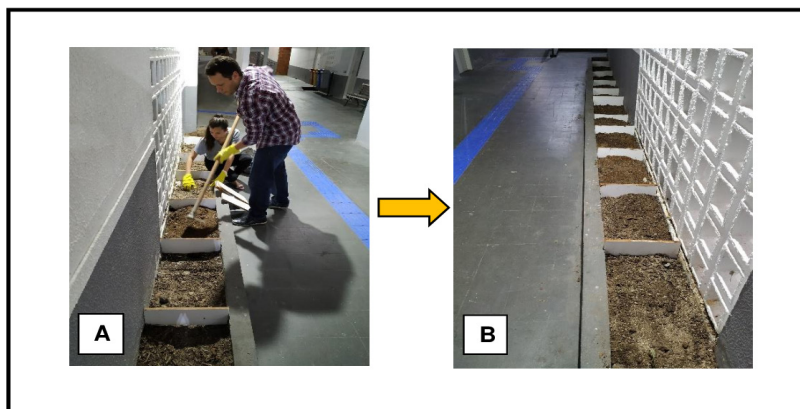


Figura 03: Preparo do espaço da horta com o composto orgânico produzido pela compostagem.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Por fim, os dados obtidos de pesagem e quantificação dos resíduos orgânicos foram compilados para obtenção dos resultados, sendo, com isso, dispostos e contextualizados a seguir.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se, durante as atividades práticas desenvolvidas no laboratório de Gastronomia entre 12 de dezembro de 2018 e 20 de abril de 2019, que foram coletados um total de 6,623 kg de resíduos alimentares (Tabela 01).

Práticas (Data)	Resíduos Alimentares (kg)	Adição de serragem (kg)	Direcionado a compostagem (kg)	Biofertilizante (L)	Composto Orgânico (kg)
12/12/2018	0,875	2	2,875	0,5	
14/04/2019	4,260	2	6,260	2	
20/05/2019	1,488	2	3,488	1,5	
Totais	6,623	6	12,623	4	10,305
Perdas	-	-	-2,318	-	

Tabela 01: Total de sobras alimentares produzidas e destinadas a composteira, além da perda de material durante a compostagem entre os semestres 2018.2 e 2019.1.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Com base nas quantidades produzidas durante as aulas práticas de Gastronomia e a posterior adição de serragem, a previsão era gerar 12,623 kg de composto orgânico ao longo dos seis (6) meses de duração da compostagem. Contudo, ao fim do experimento, no dia 14 de agosto de 2019, a coleta do material produzido resultou em apenas 10,305 kg de composto orgânico para aplicação direta na horta.

Segundo Aquino, Almeida & Silva (1992), isso se dá pelo material orgânico se encontrar estabilizado e com o carbono umidificado, facilitando a troca catiônica pela maior retenção de umidade e mineralização lenta. Portanto, foi observada durante o processo natural de compostagem dos resíduos orgânicos a diminuição de 2,318 kg de material, como consequência da perda de umidade e escoamento do chorume gerado. Desse modo, a ação gravitacional existente na composteira e a ação dos micro-organismos, segundo Silva (2012), ajudam a acelerar a decomposição dos alimentos, principalmente pela ação do pH, água, potencial redox, além da própria decomposição dos alimentos, que influenciam a temperatura e a umidade local.

Durante o processo de compostagem, ainda foram coletados quatro (4) L de biofertilizante líquido, oriundos da matéria orgânica estabilizada e no último compartimento da composteira, conforme se verifica na figura 04.

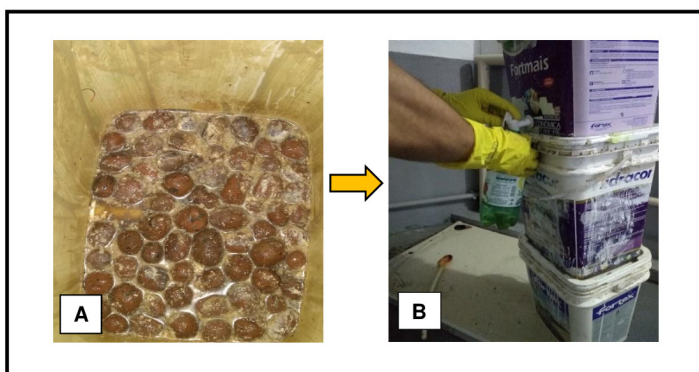


Figura 04: Coleta de biofertilizante da composteira.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Esse fertilizante líquido resultante foi direcionado à adubação de áreas de jardim próximas aos laboratórios e do espaço reservado para a horta do projeto de iniciação científica.

Deve-se, além disso, ressaltar que a maioria dos alimentos direcionados ao processo de compostagem tradicional foram 1,77 kg de pepinos, cascas, aparas e caroços de manga, para em sequência contar com 1,005 kg de diversas sobras, e, por fim, 0,680 kg de talos de pepino, hortelã e cebolinha, tal como é demonstrado na figura 05.

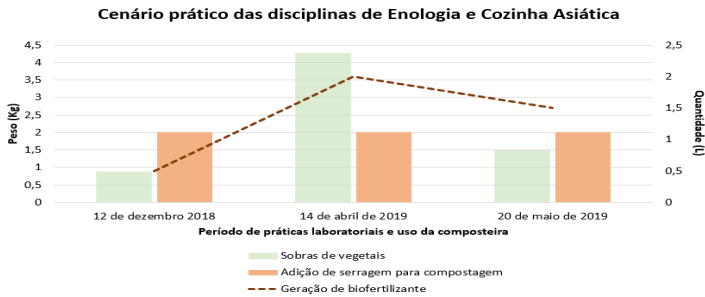


Figura 05: Quantidade de restos alimentares produzidos nas práticas de Enologia e Cozinha Asiática, de serragem adicionada à composteira e da produção de biofertilizante.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Salienta-se, diante do exposto, que nas aulas práticas do dia 14 de abril de 2019 foram produzidas uma maior quantidade de restos alimentares em razão da maior diversidade de materiais na elaboração de pratos das disciplinas já supracitadas.

Ademais, mesmo diante de todo o panorama de quantificação dos resíduos alimentares, além do material destinado à compostagem, foram produzidos resíduos classificados como rejeitos e descartados para a coleta e destinação pela IES. Isso se deu por se configurarem inadequados para o processo de compostagem, pois se tratavam de alimentos ricos em acidez, tais como: cebolas, frutas cítricas e gordura animal (manteigas, margarinas e carnes). Os restos mais descartados foram cascas de frutas cítricas, com 0,513 kg; em sequência, pastéis de Belém, com 0,335 kg; 0,278 kg de massas com carne moída e, finalmente, 0,099 kg de cebolas roxas (Figura 06).

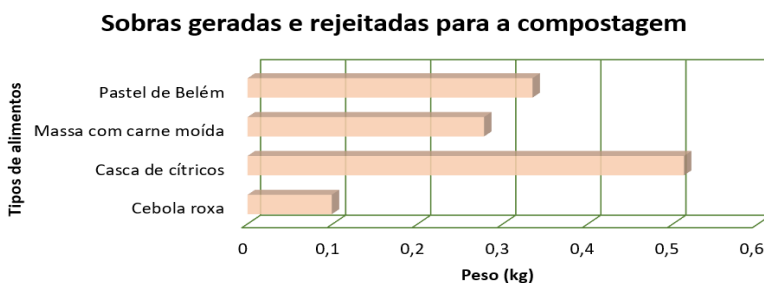


Figura 06: Quantidade e tipos de restos alimentares produzidos nas práticas de Enologia e Cozinha Asiática e rejeitados para o processo de compostagem.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

A partir disso, foram direcionados 10,305 kg de compostos orgânicos para a horta, com a finalidade de ser usufruto aos docentes e discentes de Gastronomia. Para tal, foi iniciado o cultivo de uma horta teste, com mudas e sementes de boldo, alfavaca, tomate cereja, cebolinha e manjeriço - insumos comumente utilizados pelo cenário gastronômico local (Figura 07).



Figura 07: Zona da horta, localizada em frente aos laboratórios.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Constatou-se, após cerca de 4 semanas, que as sementes plantadas e as mudas não vingaram. A causa desse resultado foi a provável ausência de incidência solar no local escolhido, o excesso de água nas regas ou a ausência de irrigação por longos períodos. Ademais, foi notada a falta de zelo dos discentes da IES, que por vezes efetuavam descarte inadequado de resíduos no canteiro da horta. Acredita-se igualmente, que o composto proveniente da compostagem não foi suficiente para regenerar aquele já em uso no espaço. A ausência de uma análise físico-química prévia do solo impossibilitou uma ação de correção pedológica em curto prazo e a continuação das atividades.

Portanto, nesse contexto, tais iniciativas e práticas em ambientes laboratoriais com docentes e discentes envolvidos se mantiveram alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Particularmente no que se refere ao compromisso com o objetivo 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2000), o trabalho acabou por potencializar, tanto pela redução do desperdício de alimentos, como pelo correto tratamento dos resíduos durante os experimentos, contribuindo, mesmo que pontualmente, para o desenvolvimento sustentável local.

4 | CONCLUSÕES

O processo de compostagem aplicado nesse estudo demonstrou ser eficiente para o tratamento e descarte dos resíduos orgânicos oriundos de laboratórios de Gastronomia, a partir das práticas das disciplinas de Enologia e Cozinha Asiática. O manuseio adequado pelos usuários (docentes, técnicos de laboratório e alunos) pode resultar em significativa redução de resíduos destinados aos aterros sanitários, referentes à parcela orgânica.

Além disso, o processo foi beneficiado com a geração de adubo na forma de biofertilizante líquido e húmus puramente orgânico, que podem ser utilizados em processos de jardinagem ou na produção de alimentos para o próprio local, desde que haja análise físico-química para adequação do solo.

Constatou-se que o processo não demanda muito espaço e nem há presença de odores oriundos da atividade, o que reforça a viabilidade desta metodologia para uso em ambientes internos, inclusive no entorno de ambientes gastronômicos e universidades. Caso contrário, a presença de odores e vetores seria um fator limitante, face à instalação deste processo no interior de uma IES e em áreas de práticas alimentares de uso restrito.

Os desafios encontrados se deram pela necessidade de um espaço mais isolado e com melhores características físico-químicas para implementação da horta, visto que o local escolhido recebia pouca incidência solar e era alvo constante de lançamento de resíduos por outros discentes. Desse modo, em conjunto com a implementação da horta, se mostra necessário um trabalho de sensibilização em educação ambiental aos frequentadores do espaço em que ela estará instalada, a fim de evitar más condutas que atrapalhem seu pleno desenvolvimento.

Baseando-se nas dinâmicas desempenhadas em laboratório, foi possível observar uma maior consciência em relação ao descarte correto de resíduos orgânicos, assim como em relação à redução de desperdícios alimentares por parte do curso de Gastronomia. Caso a horta tivesse progredido, poderia ter proporcionado a produção de novas hortaliças para uso na elaboração de novas práticas gastronômicas, promovendo o aproveitamento em sua totalidade dos produtos pelos agentes envolvidos. Ainda assim, a prática aponta que, ao ser bem manuseada, pode motivar uma maior aceitação dos envolvidos, como foi visto nessa iniciativa científica.

Portanto, foi perceptível a diminuição dos resíduos sólidos alimentares produzidos ao longo de seis meses, contribuindo não só para uma gestão laboratorial e ambiental mais eficiente e sustentável dos espaços, como também deixando um legado científico, tecnológico e de gestão para esta e outras IES que se disponibilizem realizar o redirecionamento dos seus resíduos orgânicos ou ainda outros espaços gastronômicos similares.

REFERÊNCIAS

AQUINO, A. M., ALMEIDA, D. L., SILVA, V. F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. EMBRAPA-CNPBS, 1992.

BADAWI, Camila. **Aproveitamento integral dos alimentos–Melhor sobrar do que faltar**. São Paulo: Nutriciência, 2008. Disponível em: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/sugestoes_atividades_pdf/aproveitamento_alimentos.pdf>. Acesso em: 18 de ago. 2019.

BRASIL. Lei nº12.305, 2 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2010.

BRASIL. Câmara dos deputados. Coordenação de publicações. **Agenda 21. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Brasília Câmara dos Deputados, 2006.

INSTITUTO AKATU. **Agências da ONU lançam plataforma digital contra desperdício de alimentos**. Akatu, 2015. Recuperado de: <<http://www.akatu.org.br/Temas/Alimentos/Posts/Agenciasda-ONU-lancam-plataforma-digital-contra-desperdicio-de-alimentos>>. Acesso em: 02 de ago. 2020.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos**. Manual de Orientação. Brasília, 2017.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **17 Objetivos para transformar nosso mundo**. ONU, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso: 14 de ago. 2020.

NAIR, Jaya; SEKIOZOIC, Vanja; ANDA, Martin. **Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste**. Bioresource Technology, v. 97, n. 16, p. 2091-2095, 2006. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.617.338&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 03 de jul. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil regional**. Disponível em: <www.ibge.org.br>. Acesso em: 16 ago. 2020.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.

KIEHL, E.J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4aed. Piracicaba, 173p. 2004.

LEITE, D. F. M. **Avaliação do uso e operação de composteira em pequena escala que utiliza vermicompostagem**. 2011. Graduação (Faculdade de Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em:<https://moradadafloresta.org.br/PDFs_para_download/TCC_2011_Denise_Leite.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2020.

REIS, M.F. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**.2005. 239 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

OLIVEIRA, E.C.A. *et al.* **Compostagem**. 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 08 mai.2020.

ONU. **Objetivos de desenvolvimento do milênio**. 2000. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/tema/odm/>>. Acesso em 27 ago. 2020.

SCHALCH, Valdir et al. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/Apostila_Gestao_e_Gerenciamento_de_RS_Schalch_et_al.pdf>. Acesso em: 02 de jul. de 2020.

CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS: ANÁLISE AOS PLANOS SETORIAIS COM INCIDÊNCIA TERRITORIAL (PSIT)

Data de aceite: 01/12/2020

João Rodrigues dos Santos

IADE/Universidade Europeia e Membro do Conselho Técnico e Científico da Asprocivil Lisboa
<http://orcid.org/0000-0002-6835-680X>

Ricardo Tojal Ribeiro

Universidade Atlântica e Presidente da Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil

Alexandra Santos Domingos

Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa; Mestre em Economia e Políticas Públicas, pelo Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa

RESUMO: Considerando a tragédia ocorrida em Portugal, em 2017, que constitui aquele ano como o pior de sempre em matéria de incêndios florestais, com mais de cem mortes registadas e com mais de 200 milhões de euros de prejuízo económico direto, está a Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil (Asprocivil) a desenvolver um estudo que consiste no levantamento de informação de natureza legal e regulamentar com pertinência para a prevenção do risco de incêndio em Portugal. Neste artigo apresenta-se parte do trabalho de análise documental até há data produzido. Centra-

se análise na figura dos Planos Setoriais com Incidência Territorial (PSIT). Para a análise a este instrumento em particular, decidiram os autores visitar, pela natureza temática e detalhada do documento, a tese de doutoramento¹ de um deles (João Rodrigues dos Santos), que se constituiu como a principal referência na identificação das principais características dos PSIT. O PSIT é um instrumento de gestão territorial, integrado no sistema de gestão territorial português, que contempla, entre outros, os Planos Regionais de Ordenamento Florestal.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção do risco de incêndio em Portugal, Planos Setoriais com Incidência Territorial, Prevenção e Gestão de Riscos, Prejuízo económico, Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil.

CONTRIBUTION TO A STUDY OF ASPROCIVIL, OF SOCIOECONOMIC NATURE, IN THE FIELD OF FOREST FIRES: ANALYSIS OF SECTORIAL PLANS WITH TERRITORIAL INCIDENCE (PSIT)

ABSTRACT: Considering the tragedy that occurred in Portugal in 2017, which is the worst year ever in terms of forest fires, with more than one hundred deaths registered and more than 200 million euros of direct economic loss, the Portuguese Association of Technicians Security and Civil Protection (Asprocivil) decided to develop a study that consists on collecting information of a legal and regulatory nature with pertinence for the

1. Santos, João Rodrigues (2014), O ordenamento do território e a formação superior em segurança e proteção civil (O conhecimento integrado dos Técnicos Superiores de Segurança e Proteção Civil e o seu contributo para uma gestão mais eficaz do risco com recurso aos Instrumentos de Gestão Territorial).

prevention of fire risk in Portugal. This article presents part of the documentary analysis work produced until this date. It focuses analysis on the figure of the Sectorial Plans with Territorial Incidence (PSIT). For the analysis of this particular instrument, the authors decided to revisit, due to the thematic and detailed nature of the document, the doctoral thesis³ of one of them (João Rodrigues dos Santos), which has constituted as the main reference in the identification of the main characteristics of PSIT. The PSIT is an instrument of territorial management, integrated in the Portuguese territorial management system, which includes, among others, the Regional Plans of Forest Management.

KEYWORDS: Prevention of fire risk in Portugal, Sectorial Plans with Territorial Incidence, Prevention and Risk Management, Economic loss, Portuguese Association of Safety and Civil Protection Technicians.

1 | INTRODUÇÃO

Em Portugal, os incêndios florestais podem originar prejuízos económicos na ordem dos 200 milhões de euros/ano. O impacto dependerá das espécies arbóreas ardidas.

Em Pedrógão Grande, onde se registou a maior tragédia de sempre, em Portugal, relacionada com incêndios florestais, predomina o eucalipto, que não é das espécies com maior valor de mercado. No Guia Técnico do Planeamento Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios, é possível verificar que as três espécies com mais valor de mercado são: o Castanheiro; o Sobreiro; e o Pinheiro Manso.

Independentemente das estimativas calculadas pelas diversas entidades, a relevância económica da floresta em Portugal é uma evidência. É o valor acrescentado bruto do setor e a sua produção (mais de mil milhões/ano, segundo os últimos dados do Instituto Nacional de Estatística) que estão em equação.

A figura 1, faz referência à área ardida, em hectares, nos últimos anos em Portugal.

A Economia nacional tem sido fortemente penalizada pelo número de incêndios florestais que Portugal regista, de forma “crónica”, ano após ano. Assume, por isso, o processo de prevenção de riscos, importância decisiva no quadro nacional.

No quadro da gestão territorial nacional, surgem diversos instrumentos de natureza legal e regulamentar, que podem assumir preponderância no processo de prevenção de riscos em Portugal. No conjunto destes instrumentos, estão os Planos Setoriais com Incidência Territorial, que são Instrumentos de Política Setorial (IPS).

Os IPS incluem os planos e programas de ação nos domínios dos transportes, das comunicações, da energia, dos recursos geológicos, da educação e formação, da cultura, da saúde, da habitação, do turismo, do comércio e indústria, das florestas e do ambiente.

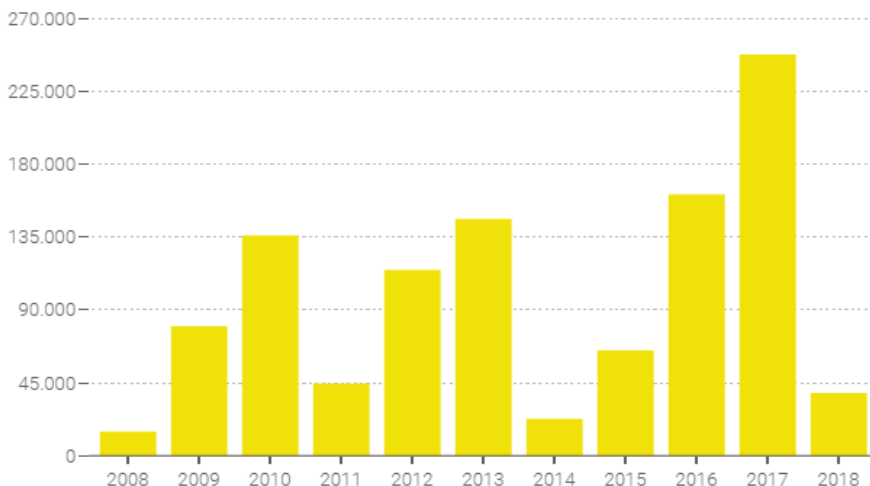


Figura 1 – Área de agricultura, povoamentos e matos ardidos por ano, entre 01/01 e 15/09, segundo o mais recente relatório do ICNF, em hectares.

Fonte: Relatório do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, publicado a 08-10-2018².

Os PSIT, especificamente, incidem sobre a localização e a concretização de importantes empreendimentos públicos, enquadrados nos diversos setores da sociedade portuguesa sob responsabilidade da Administração Central, estabelecendo ainda os regimes territoriais permitidos e a metodologia de articulação dos conteúdos setoriais com a substância da “esfera” dos demais Instrumentos de Gestão Territorial.

Considerando as áreas de atuação contempladas por IPS, facilmente se compreende a premência destes instrumentos no âmbito da integração do vetor “Prevenção e Gestão de Riscos Naturais, Mistos e Tecnológicos” (consagrado no Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território) nos processos subjacentes ao estabelecimento do modelo de organização do território nacional.

2 | PLANOS SETORIAIS COM INCIDÊNCIA TERRITORIAL

2.1 Enquadramento jurídico e funcional

De acordo com o n.º 1, do artigo 2.º, do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT)³, a gestão do território nacional desenvolve-se em três âmbitos geográficos: Nacional; Regional; e Municipal.

Os PSIT - instrumentos de gestão territorial tipificados no âmbito Nacional (n.º 2, do artigo 2.º, do RJIGT⁴) - *“são instrumentos de programação ou de concretização das*

2. ICNF (2018). Relatório Provisório de Incêndios Rurais (01-01-2018/15-09-2018). p. 3.

3. Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro. DR n.º 222, Série I-A de 1999-09-22. p. 6593.

4. *Idem*.

diversas políticas com incidência na organização territorial.” São instrumentos de política sectorial que programam e concretizam as políticas de desenvolvimento económico e social com expressão territorial, estabelecendo os resultados expectáveis para as áreas do território nacional abrangidas.

Nos termos do artigo 35.º do RJGT⁵, os planos setoriais, centrando-se em áreas específicas da responsabilidade da administração central, integram:

- a) Os planos, programas e estratégias de desenvolvimento respeitantes aos diversos sectores da administração central, nomeadamente nos domínios dos transportes, das comunicações, da energia e dos recursos geológicos, da educação e da formação, da cultura, da saúde, da habitação, do turismo, da agricultura, do comércio, da indústria, das florestas e do ambiente;
- b) Os planos de ordenamento sectorial e os regimes territoriais definidos ao abrigo de lei especial;
- c) As decisões sobre a localização e a realização de grandes empreendimentos públicos com incidência territorial.

As áreas de ação dos planos setoriais, centrais para a concretização da estabilidade, do equilíbrio e da coesão territorial nacional, têm intrínsecas as seguintes características:

- Têm uma incidência espacial específica;
- Incluem as estratégias a adotar, as ações a implementar durante a execução do plano e os objetivos desejados;
- Enunciam as necessárias compatibilizações com os planos de gestão territorial da responsabilidade da Administração Pública, incidentes na área territorial em análise, considerando não apenas os que vigoram, mas ainda aqueles que se encontrem em elaboração e/ou revisão.

No âmbito nacional do sistema de gestão territorial português está tipificado, também, o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT): o mais estruturante instrumento de gestão territorial português, pois aborda integralmente o território nacional e é dotado de abrangência multitemática. Em função da natureza global do PNPOT, os PSIT apresentam ainda uma outra importante característica distintiva, relacionada com a individualização analítica de cada setor e conseqüente programação de diretrizes e ações setoriais. Esta condição não dispensa, contudo, a convergência das suas medidas com os pressupostos procedentes dos demais IGT.

A elaboração dos Planos Sectoriais é determinada por despacho do ministro competente em razão da matéria e é da competência das entidades públicas que integram a administração direta ou indireta do Estado.

Relativamente ao processo de acompanhamento da elaboração dos PSIT, no decurso da elaboração do plano, a entidade responsável pela sua elaboração solicita parecer à

5. Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro. DR n.º 36, Série I de 2009-02-20. p. 1178.

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) correspondente, às entidades ou serviços da administração central representativas dos interesses a ponderar, bem como às Câmaras Municipais dos municípios abrangidas.

2.2 PSIT publicados em Portugal

Os PSIT (ver quadro 1) programam ou concretizam as políticas de desenvolvimento económico e social com incidência espacial, determinando o respetivo impacto territorial, incidindo, segundo o RJIGT, “*nos domínios dos transportes, das comunicações, da energia e dos recursos geológicos, da educação e da formação, da cultura, da saúde, da habitação, do turismo, da agricultura, do comércio, da indústria, das florestas e do ambiente.*” (alínea a, do n.º 2, do artigo 35º, do RJIGT⁶)

	Governo	Assembleia da República	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional	Câmara Municipal	Assembleia Municipal	Comissão Mista	Conselho Consultivo / Sistema de Pontos Focais	Entidades da Administração Direta ou Indireta do Estado	Particulares
Competência de Elaboração								X	
Acompanhamento			X	X				X	
Aprovação	X								
Eficácia Jurídica								X	

Quadro 1 – Planos Setoriais com Incidência Territorial: caracterização síntese

Fonte: Adaptado de RJIGT⁷

No quadro nacional dos IGT setoriais, vigoram o Plano Nacional da Política do Ambiente⁸ (PNPA), diversos Planos Sectoriais da Água, o Plano Nacional da Rede Natura⁹ (PSRN2000) e, ainda, múltiplos planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF).

No portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (ICNF) é possível consultar integralmente a documentação associada aos cinco Planos Regionais de Ordenamento Florestal publicados (ver quadro 2).

6. Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro. DR n.º 222, Série I-A de 1999-09-22. p. 6599.

7. Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro. DR n.º 36, Série I de 2009-02-20.

8. Aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/95, de 21 de Abril. D.R. n.º 94, Série I, de 1995-04-21.

9. Aprovado pelo Resolução do Conselho de Ministros n.º 115-A/2008, de 21 de Julho. D.R. n.º 139, Série I, de 2008-07-21.

No âmbito dos Planos Setoriais da Água, de acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) vigoram desde 2015 oito Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica e ainda os Planos Regionais da Água dos Açores e da Madeira (ver quadro 3).

Plano	Publicação
PROF de Entre Douro e Minho	Portaria n. 58/2019 - Diário da República n. 29/2019, Série I de 2019-02-11
PROF de Trás-os-Montes e Alto Douro	Portaria n.º 57/2019 - Diário da República n.º 29/2019, Série I de 2019-02-11
PROF do Centro Interior	Portaria n.º 55/2019 - Diário da República n.º 29/2019, Série I de 2019-02-11
PROF do Centro Litoral	Portaria n.º 56/2019 - Diário da República n.º 29/2019, Série I de 2019-02-11
PROF de Lisboa e Vale do Tejo	Portaria n.º 52/2019 - Diário da República n.º 29/2019, Série I de 2019-02-11

Quadro 2 – Planos Regionais de Ordenamento Florestal em vigor

Fonte: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/profs/prof-em-vigor> (2019).

Departamento Regional da APA (Água)	Região Hidrográfica	Bacias Hidrográficas
NORTE	RH 1	Minho/ Lima
	RH 2	Cávado/ Ave/ Leça
	RH3	Douro
CENTRO	RH 4	Vouga/ Mondego/ Lis Ribeiras do Oeste
TEJO	RH 5	Tejo
ALENTEJO	RH 6	Sado/ Mira
	RH 7	Guadiana
ALGARVE	RH 8	Ribeiras do Algarve
AÇORES	Plano Regional da Água dos Açores (PRAA)	
MADEIRA	Plano Regional da Água da Madeira (PRAM)	

Quadro 3 – Planos de Gestão de Bacia Hidrográfica em vigor desde 2015 (com revisões a cada seis anos)

Fonte: <https://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834> (2019).

2.3 PSIT: Contributo para a Prevenção de Riscos Naturais Mistos e Tecnológicos

No âmbito da relevância dos PSIT para o processo de prevenção de Riscos, refere-se, por exemplo, o PSRN2000¹⁰, que, no diagnóstico resultante dos estudos realizados à área do plano, assinala como sendo problemática a rápida *“recuperação da vegetação autóctone que, em consequência do abandono rural, nomeadamente do pastoreio”*, tem promovido, de forma significativa, o risco de incêndio. Este documento identifica ainda as espécies de flora, no domínio das áreas de silvo pastorícia, de utilização preferencial, com o objetivo da redução do risco de incêndio: *“[...] Barbastella barbastellus; Canislupus; Chioglossa lusitanica; Chondrostoma polylepis [...]*. No âmbito da silvicultura, para o mesmo efeito, é referido como importante o cultivo *de Rhinolophus hipposideros; Rhinolophus, mehelyi [...]”*¹¹

Já o Plano Nacional da Política do Ambiente¹² (PNPA) – outro PSIT – identifica áreas do espaço nacional *“em que as disfunções ambientais atingiram níveis de gravidade que não são admissíveis e que podem mesmo ocasionar riscos para a saúde pública ou afetar sistemas de grande vulnerabilidade.”*

10. Resolução do Conselho de Ministros n.º 115-A/2008, de 21 de Julho. D.R. n.º 139, Série I, de 2008-07-21. p. 4536

11. *Idem*.

12. Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/95, de 21 de Abril. D.R. n.º 94, Série I, de 1995-04-21. p. 2300.

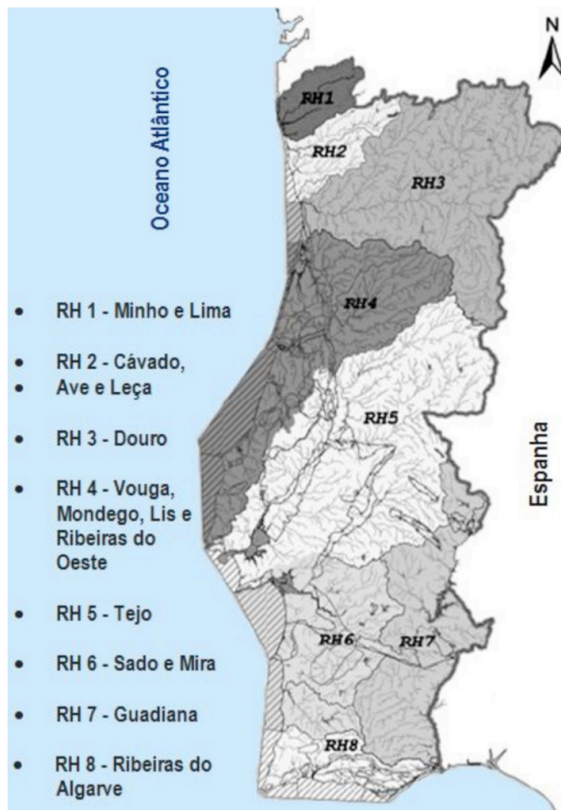


Figura 1 – Mapa com a delimitação das Regiões Hidrográficas em Portugal continental

Fonte: Decreto-Lei n.º 347/2007¹³, de 19 de Outubro.

Uma outra importante figura de PSIT são os Planos Sectoriais da Água. Estes instrumentos incluem o Plano Nacional da Água (PNA) e diversos Planos de Bacias Hidrográficas (PBH).

O PNA¹⁴ realça como determinante o investimento, por um lado, na prevenção, “no sentido de que as ações político-administrativas devem ser orientadas para a prevenção da ocorrência de danos e disfunções ambientais [e, por outro,] na precaução, no sentido da ação, determinando que ações preventivas devem ter lugar logo que exista um grau de risco desadequado para a qualidade da água”, devendo, assim, serem proibidas quaisquer atividades que representem um perigo ou um grau de risco desadequado para a qualidade da água.

O mesmo instrumento assinala ainda como objetivos específicos a prossecução de políticas: que promovam uma qualidade ambiental em que o resultado dos desperdícios antrópicos não representem riscos para a saúde humana; e “que permitam identificar

13. Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro. D.R. n.º 9, Série I, de 2009-01-14. p. 7671.

14. Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril. D.R. n.º 90, Série I-A, de 2002-04-17. p. 3729.

situações potenciais de risco (poluição, cheias, etc.) [com consequente] definição de medidas de prevenção e de intervenção em situações de emergência.”¹⁵

No domínio dos Planos de Bacias Hidrográficas (PBH) (ver figura 1), o PBH do Rio Lima, a propósito do sistema dos recursos hídricos, identifica dezasseis áreas temáticas de atuação na área da bacia hidrográfica.

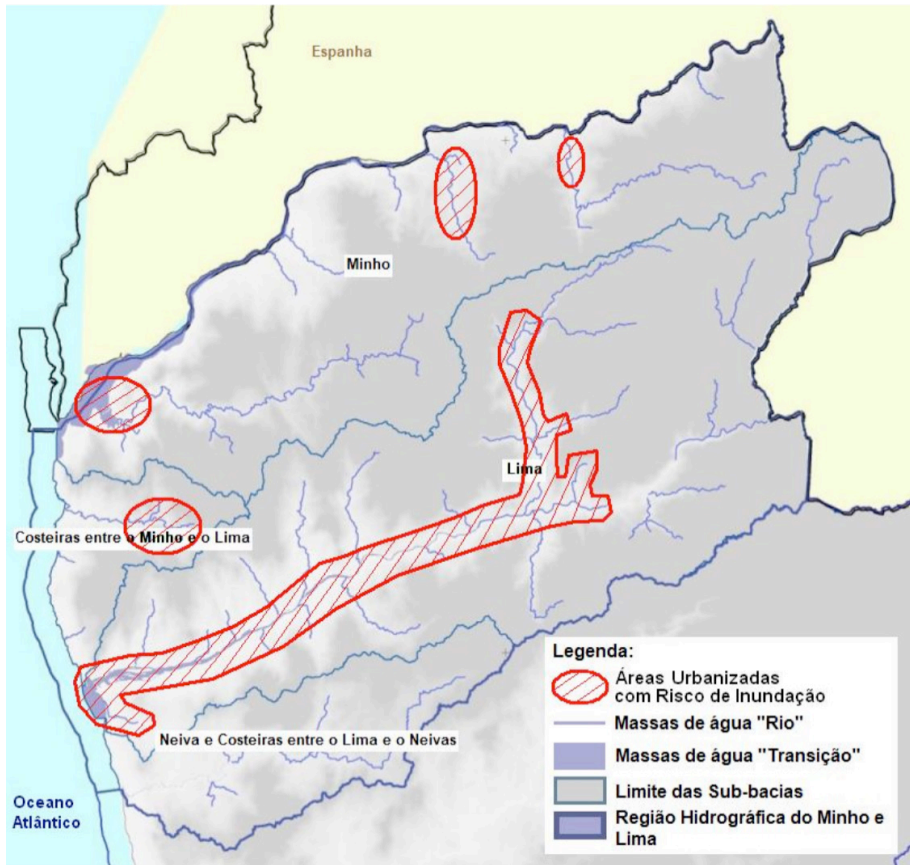


Figura 2 – Região Hidrográfica do Minho e Lima: Áreas Urbanizadas com Risco de Inundação

Fonte: Adaptado de ARH Norte, 2012¹⁶.

Das medidas que o PBH do Rio Lima¹⁷ (ver figura 2) enuncia, destacam-se:

- A necessidade de análise da ocupação do solo e ordenamento do território (distribuição da ocupação e aptidão do solo; estrutura de usos e ocupações do solo; ordenamento do território da envolvente à rede fluvial);

15. *Idem*. p. 3736.

16. ARH Norte (2012). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica Minho e Lima (RH1): Relatório de Base – caracterização e Diagnóstico da RH (Parte 2)*. p. 11.

17. Decreto-Regulamentar n.º 11/2002, de 8 de Março. D.R. n.º 90, Série I-B, de 2002-03-08. p. 1948.

- A abordagem preventiva às situações de risco (erosão hídrica; de inundação; de poluição; geotécnicos e de sobre exploração de aquíferos).

Já o PBH do Rio Sado/Mira¹⁸ (ver figura 3) identifica como importante, também, a prevenção no domínio das situações de risco associadas à erosão hídrica, às inundações, à poluição, ao risco geotécnico e à sobre-exploração de aquíferos e, ainda, o reforço do sistema preventivo no domínio das “*situações hidrológicas extremas (análise de secas; análise de cheias).*”

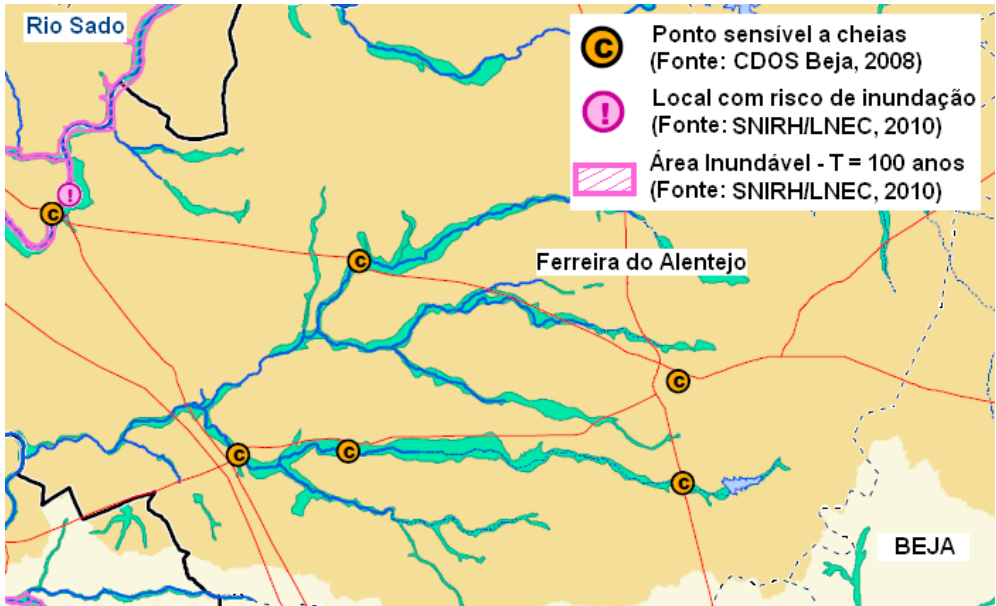


Figura 3 – PBH Rio Sado/Mira: Pontos sensíveis a Cheias e Inundações (extrato de planta)

Fonte: Adaptado de ARH Alentejo, 2012¹⁹.

Nos PBH é ainda referenciada, de forma generalizada, a evidência da tendência para a ocupação antrópica de áreas inundáveis, motivada, sobretudo, pela elevada qualidade dos solos nessas áreas e da disponibilidade das reservas hídricas indispensáveis à atividade agricultura. Estes espaços, dotadas também de boa acessibilidade natural, propiciam ainda a instalação de áreas urbanas, de espaços industriais e de rodovias.

Os espaços florestais são também contemplados por uma categoria de PSIT: os Planos Regionais de Ordenamento Florestal (PROF). Os PROF constituem-se como fundamentais no âmbito da prevenção do risco de incêndios florestais.

18. Decreto-Regulamentar n.º 6/2002, de 20 de Fevereiro. D.R. n.º 36, Série I, de 2002-02-20. p. 1098.

19. ARH Alentejo (2012). *Planos de Gestão das Bacias integradas nas Regiões 6 e 7 - Região Hidrográfica 6: Caracterização e Diagnóstico - Análise de Risco e Zonas Protegidas (Parte 2)*. p. 31.

De acordo com o artigo 4.º, do Decreto-Lei n.º 16/2009²⁰, de 14 de Janeiro, que aprova o regime jurídico dos planos de ordenamento, de gestão e de intervenção de âmbito florestal, os PROF são instrumentos “de política sectorial à escala da região, que estabelecem as normas específicas de utilização e exploração florestal dos seus espaços [...] e de intervenção, utilização e exploração dos espaços florestais, de modo a promover e garantir” o equilíbrio dos ecossistemas.

Os PROF consagram ainda com objetivo geral, nos termos do n.º 3, do artigo 5.º, da Lei de Bases da Política Florestal²¹ (LBPF), “a definição das áreas críticas do ponto de vista do risco de incêndio, da sensibilidade à erosão e da importância ecológica.”

Por exemplo, no PROF da Área Metropolitana de Lisboa²² (PROF AML), que vigorou até fevereiro de 2019, destacavam-se do conjunto de objetivos:

[...] a identificação dos modelos gerais de silvicultura e de gestão dos recursos mais adequados, e a definição das áreas críticas do ponto de vista do risco de incêndio [ver figura 4], da sensibilidade à erosão e da importância ecológica, social e cultural, bem como das normas específicas de silvicultura e de utilização sustentada dos recursos a aplicar nestes espaços.

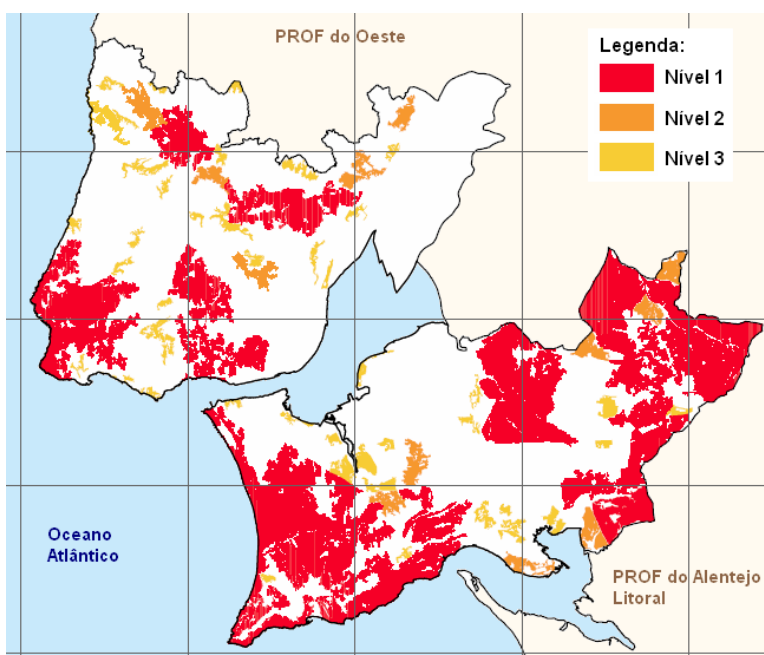


Figura 4 – PROF AML: Planta dos Núcleos Críticos (Risco de Incêndio)

Fonte: Ministério do Ambiente, Desenvolvimento Rural e Pescas / Direção-Geral dos Recursos Florestais, 2006²³.

20. Decreto-Lei n.º 16/2009, de 14 de Janeiro. D.R. n.º 9, Série I, de 2009-01-14. p. 269.

21. Lei n.º 33/1996, de 17 de Agosto. D.R. n.º 190, Série I-A, de 1996-08-17. p. 2569.

22. Decreto-Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202, Série I, de 2006-10-19. p. 7256.

23. MADRP/DGRF (2006). PROF AML - Bases de Ordenamento. p. 90.

Já o Decreto-Regulamentar n.º 17/2006²⁴, de 20 de Outubro, que publicava o PROF do Algarve (versão que vigorou até fevereiro de 2019), realça o contributo regional que estes instrumentos podem oferecer ao processo de defesa da floresta contra os incêndios, “através do enquadramento das zonas críticas [ver figura 5], da necessária execução das medidas relativas à gestão dos combustíveis e da infraestruturização dos espaços florestais, mediante a implantação de redes regionais de defesa da floresta (RDF).”

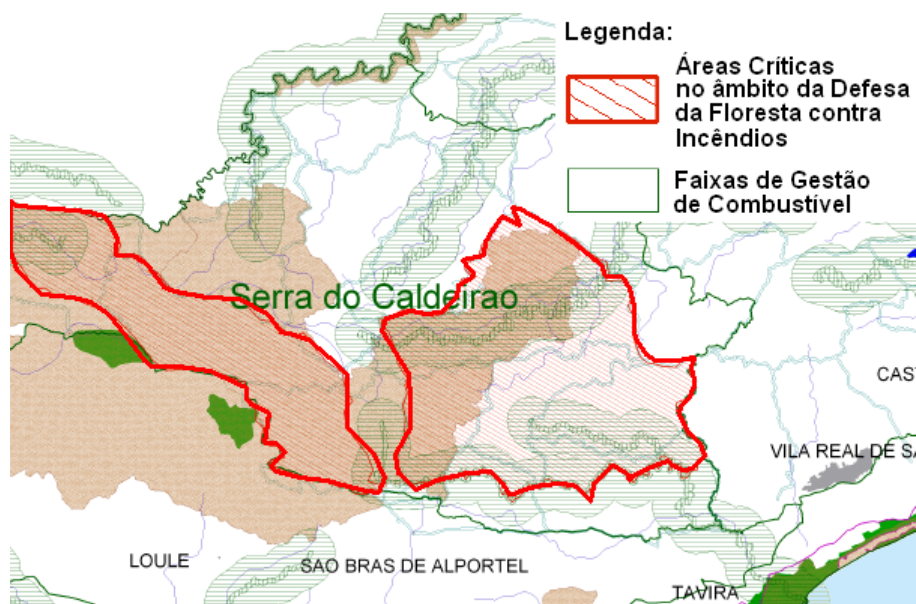


Figura 5 – PROF Algarve: Extrato da Planta de Síntese

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e da Floresta, 2014²⁵.

O artigo 39.º do mesmo Decreto-Regulamentar²⁶, no âmbito da defesa da floresta contra os incêndios, determina a aplicação das seguintes medidas relativamente à “gestão de combustíveis”:

1. A gestão de combustíveis engloba o conjunto de medidas aplicadas aos povoamentos florestais, matos e outras formações espontâneas, ao nível da composição específica e do seu arranjo estrutural, com os objetivos de diminuir o perigo de incêndio e de garantir a máxima resistência da vegetação à passagem do fogo.
2. Em cada unidade local de gestão florestal (incluindo as explorações agroflorestais e as Zonas de Intervenção Florestal) deve ser estabelecido um mosaico de

24 Decreto-Regulamentar. n.º 17/2006, de 20 de Outubro. D.R. n.º 203, Série I, de 2006-10-20. p. 7302.

25 in. <http://www.icnf.pt/portal/florestas/profs/algarv/> (consultado em 11 de Maio de 2014).

26 Decreto-Regulamentar. n.º 17/2006, de 20 de Outubro. D.R. n.º 203, Série I, de 2006-10-20. p. 7323.

povoamentos e, no seu interior, de parcelas, com diferentes idades, estrutura e composição, que garanta a descontinuidade horizontal e vertical dos combustíveis florestais e a alternância de parcelas com distintas inflamabilidade e combustibilidade

3. A dimensão das parcelas deve variar entre 20 e 50 hectares, nos casos gerais, e entre 1 e 20 hectares nas situações de maior perigo de incêndio e o seu desenho e localização devem ter em especial atenção o comportamento previsível do fogo;

4. Nas ações de arborização, de rearborização e de reconversão florestal, os povoamentos monoespecíficos e equíenios não podem ter uma superfície contínua superior a 50 hectares, devendo ser compartimentados, alternativamente:

- a) Pela rede de faixas de gestão de combustíveis ou por outros usos do solo com baixo risco de incêndio;
- b) Por linhas de água e respetivas faixas de proteção, convenientemente geridas [...];

5. Sempre que as condições edafoclimáticas o permitam deve ser favorecida a constituição de povoamentos de espécies arbóreas caducifólias ou de espécies com baixa inflamabilidade e combustibilidade.

Uma matéria fundamental, considerada, necessariamente, pelos PROF, são as Redes Regionais de Defesa da Floresta (RDF). As RDF são constituídas pelos seguintes componentes:

- a) Redes de faixas de gestão de combustível;
- b) Mosaico de parcelas de gestão de combustível;
- c) Rede viária florestal;
- d) Rede de pontos de água;
- e) Rede de vigilância e deteção de incêndios;
- f) Rede de infraestruturas de apoio ao combate.

Os PROF determinam ainda que o processo de aquisição, registo e atualização da base de dados das RDF é da responsabilidade das autarquias locais.

Genericamente, em contexto de PROF, são proibidas novas edificações destinadas à habitação, aos serviços, ao comércio e à indústria, cujo local de pretensão para construção se situe em espaços classificados como de risco de incêndio elevado ou muito elevado, nos Planos Municipais de Defesa da Floresta Contra Incêndio (PMDFCI). Excetuam-se desta restrição as infraestruturas definidas no âmbito das Redes Regionais de Defesa da Floresta contra Incêndios.

Mais, o licenciamento de novas edificações em solo rural, deverá, em primeiro lugar, pressupor, uma distância nunca inferior a 50 metros dos edifícios aos limites de

propriedade respetivos ou em confrontação. Depois, deverá ser garantida também a adoção de *“medidas especiais relativas à resistência do edifício, à passagem do fogo e à contenção de possíveis fontes de ignição de incêndios no edifício e respetivos acessos.”*²⁷

Assim, depois desta abordagem, facilmente se compreende o interesse dos PSIT no âmbito do processo de consideração dos riscos para os elementos expostos. Sendo instrumentos de gestão territorial vocacionados para o ordenamento de setores como o ambiente, a água, a floresta, etc., definem e programam medidas e ações a concretizar em áreas suscetíveis à ocorrência de fenómenos perigosos. No domínio da “gestão e prevenção de riscos”, o conteúdo específico dos PSIT deverá significar ainda um contributo válido para os modelos de organização (globais ou setoriais) do território definidos pelos demais IGT, particularmente pelos Planos Municipais de Ordenamento do Território e pelos Planos Especiais de Ordenamento do Território.

3 I CONCLUSÃO

De acordo com dados recentes apresentados por Abílio Pereira Pacheco, Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, perto de 9% das exportações nacionais estão relacionadas com atividades económicas do setor florestal nacional. Ainda de acordo com o mesmo investigador, todos os anos o prejuízo económico direto resultante dos incêndios florestais situa-se perto dos 250 milhões de euros.

No último relatório (2015) sobre incêndios, publicado pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, no período 2005-2014, a média anual do prejuízo económico direto foi de aproximadamente 173 milhões de euros,

Esta matéria, e a prevenção de riscos num sentido mais lato, deve, assim, continuar a ser uma absoluta prioridade em Portugal.

Os Instrumentos de Política Setorial, incidindo em áreas temáticas vitais para a estabilidade da sociedade portuguesa, assumem-se como fundamentais no âmbito da desejada sustentabilidade socioeconómica e ambiental do território nacional. Sendo Instrumentos de Gestão Territorial, de âmbito nacional, são desenvolvidos considerando, necessariamente, a estratégia definida para Portugal pelo Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT).

O PNPOT consagra a obrigatoriedade, para os responsáveis pela elaboração/revisão dos demais IGT, de ponderação do vetor “Gestão e Prevenção de Riscos” (primeiro “ pilar” estratégico para Portugal, definido pelo PNPOT), nos processos subjacentes ao estabelecimento de modelos de organização para o território nacional.

Assim, os Planos Setoriais com Incidência Territorial em vigor, contemplando matérias como as Bacias Hidrográficas, a Gestão Florestal e a Gestão Ambiente, constituir-

27. Decreto-Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202, Série I, de 2006-10-19. p. 7272.

se-ão com determinantes para a concretização do primeiro “ pilar ” estratégico, definido pelo PNPT, para Portugal.

No âmbito das Bacias Hidrográficas assumem particular relevância as potenciais consequências dos fenómenos das cheias e inundações, das roturas de barragens e dos deslizamentos de massa em vertentes.

No domínio da Gestão Florestal, os Planos de Gestão Florestal afirmam-se como instrumentos privilegiados para a integração da problemática da Prevenção de Incêndios Florestais na prática do ordenamento do território português. Os Incêndios Florestais, como é consensualmente reconhecido, representam um impacto devastador para duas importantes dimensões associadas aos espaços florestais: Ambiental e Socioeconómica.

Relativamente à Gestão Ambiental, a preocupação central deverá estar relacionada com o estímulo às atividades que não impactem negativamente no equilíbrio do ecossistema global, pois de outro modo os fenómenos climáticos extremos aumentarão, necessariamente, em número de ocorrências e em nível de intensidade e esta circunstância potenciará, também, o processo em “ espiral ” da “ insustentabilidade ” da Terra.

Concluindo, deve ainda ser assinalado que as preocupações patentes no PNPT, no âmbito da ponderação da “ Gestão e Prevenção de Riscos ” em contexto de elaboração/ revisão de IGT, sendo virtuosas, deverão ser acompanhadas pelo envolvimento, nos processos de planeamento, do conhecimento especializado, integrado e global no domínio dos riscos para os elementos expostos, detido, atualmente, por Técnicos Superiores de Segurança e Proteção Civil.

REFERÊNCIAS

Administração da Região Hidrográfica do Alentejo [ARH Alentejo] (2012). *Planos de Gestão das Bacias integradas nas Regiões 6 e 7 - Região Hidrográfica 6: Caracterização e Diagnóstico - Análise de Risco e Zonas Protegidas (Parte 2)*.

Agência Portuguesa do Ambiente [APA], Administração da Região Hidrográfica do Norte [ARH Norte] (2012). *Plano de Gestão da Região Hidrográfica Minho e Lima (RH1): Relatório de Base – caracterização e Diagnóstico da RH (Parte 2)*.

Decreto-Lei n.º 112/2002, de 17 de Abril. D.R. n.º 90, Série I-A, de 2002-04-17 (aprova o Plano Nacional da Água).

Decreto-Lei n.º 16/2009, de 14 de Janeiro. D.R. n.º 9, Série I, de 2009-01-14 (Aprova o Regime Jurídico dos Planos de Ordenamento, de Gestão e de Intervenção de Âmbito Florestal).

Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro. D.R. n.º 9, Série I, de 2009-01-14. (Aprova a delimitação georreferenciada das regiões hidrográficas).

Decreto-Lei n.º 380/1999, de 22 de Setembro. DR n.º 222, Série I-A de 1999-09-22 (Estabelece o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial).

Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro. DR n.º 36, Série I de 2009-02-20 (procede à sexta alteração ao Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial).

Decreto-Regulamentar n.º 11/2002, de 8 de Março. D.R. n.º 90, Série I-B, de 2002-03-08 (aprova o Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Lima).

Decreto-Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202, Série I, de 2006-10-19 (aprova o Plano Regional de Ordenamento Florestal da Área Metropolitana de Lisboa).

Decreto-Regulamentar n.º 15/2006, de 19 de Outubro. D.R. n.º 202, Série I, de 2006-10-19 (Aprova o Plano Regional de Ordenamento Florestal do Área Metropolitana de Lisboa).

Decreto-Regulamentar n.º 17/2006, de 20 de Outubro. D.R. n.º 203, Série I, de 2006-10-20 (Aprova o Plano Regional de Ordenamento Florestal do Algarve).

Decreto-Regulamentar n.º 6/2002, de 20 de Fevereiro. D.R. n.º 36, Série I, de 2002-02-20 (aprova o Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Sado). p. 1098.

Despacho n.º 15682/2012, de 10 de dezembro. DR 2.ª série — N.º 238 — 10 de dezembro de 2012 (Determina a elaboração do Plano Setorial de Prevenção e Redução de Riscos).

<https://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834> (Portal oficial da Agência Portuguesa do Ambiente), acedido em 05 de Junho de 2019.

http://www.apambiente.pt/_zdata/planos/PGRH6/Volunel_Relatorio%5CParte%202%5CTomo%204%5CTomo%204B%5CAX_RH6_4101_ZonasInundaveis.pdf (Portal oficial da Agência Portuguesa do Ambiente), acedido em 27 de Maio de 2014.

<http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=834> (Portal oficial da Agência Portuguesa do Ambiente), acedido em 21 de Maio de 2014.

http://www.dgterritorio.pt/ordenamento_e_cidades/ordenamento_do_territorio/prevencao_e_reducao_de_riscos/pspr/ (Portal oficial da Direção-Geral do Território), acedido em 21 de Maio de 2014.

<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/profs/prof-em-vigor> (Portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas), acedido em 1 de Junho de 2019.

<http://www.icnf.pt/portal/florestas/profs/> (Portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas), acedido em 11 de Maio de 2014.

<http://www.icnf.pt/portal/florestas/profs/algarv> (Portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas), acedido em 11 de Maio de 2014.

<http://www.icnf.pt/portal/florestas/profs/aml> (Portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas), acedido em 11 de Maio de 2014.

Lei n.º 33/1996, de 17 de Agosto. D.R. n.º 190, Série I-A, de 1996-08-17. p. 2569.

ICNF (2018). Relatório Provisório de Incêndios Rurais (01-01-2018/15-09-2018). 11 p.

Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas [MADRP] / Direção-Geral dos Recursos Florestais [DGRF] (2006). PROF AML - Bases de Ordenamento.

Resolução de Conselho de Ministros n.º 76/2002, de 11 de Abril. DR n.º 85, Série I-B, de 2002-04-11 (determina a elaboração do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 115-A/2008, de 21 de Julho. D.R. n.º 139, Série I, de 2008-07-21 (aprova o Plano Sectorial da Rede Natura 2000 relativo ao território continental).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/95, de 21 de Abril. D.R. n.º 94, Série I, de 1995-04-21 (aprova o Plano Nacional da Política do Ambiente).

Santos, João Rodrigues (2014), O ordenamento do território e a formação superior em segurança e proteção civil (O conhecimento integrado dos Técnicos Superiores de Segurança e Proteção Civil e o seu contributo para uma gestão mais eficaz do risco com recurso aos Instrumentos de Gestão Territorial), Tese de Doutoramento, Universidad Europea, Madrid: [s. e.].

ESTUDO SOCIOECONÓMICO DA ASPROCIVIL NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL: ANÁLISE AOS PLANOS ESPECIAIS DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO (PEOT)

Data de aceite: 01/12/2020

João Rodrigues dos Santos

IADE/Universidade Europeia e Membro do Conselho Técnico e Científico da Asprocivil Lisboa
<http://orcid.org/0000-0002-6835-680X>

Ricardo Tojal Ribeiro

Universidade Atlântica e Presidente da Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil

Alexandra Santos Domingos

Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa; Mestre em Economia e Políticas Públicas, pelo Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa

RESUMO: Depois da catástrofe registada em Portugal, em 2017, que marcou aquele ano como o pior de sempre em matéria de incêndios florestais, com mais de cem mortes registadas e cerca de 200 milhões de euros de prejuízo económico direto, está a Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil (Asprocivil) a realizar um estudo que visa o levantamento de informação de natureza legal e regulamentar com pertinência para a prevenção do risco de incêndio em Portugal. Este artigo integra parte do trabalho de análise documental até há data desenvolvido. Neste artigo, é

efetuada análise à figura dos Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT). Decidiram os autores visitar, pela natureza temática e detalhada do documento, a tese de doutoramento¹ de um deles (João Rodrigues dos Santos), que constituiu a principal referência bibliográfica na identificação das principais características dos PEOT. O PEOT é um instrumento de gestão territorial, integrado no sistema de gestão territorial português, que contempla, entre outros, os Planos de Ordenamento das Áreas Protegidas (POAP). Os POAP, incidindo em áreas geográficas classificadas como parques nacionais, parques naturais e reservas naturais, assumem preponderância no âmbito da proteção das áreas florestais e da prevenção de incêndios florestais.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção, Risco de Incêndio, PEOT, Prejuízo Económico, Asprocivil.

SOCIOECONOMIC STUDY OF ASPROCIVIL ABOUT THE FOREST FIRES IN PORTUGAL: ANALYSIS OF SPECIAL PLANS FOR TERRITORIAL PLANNING (PEOT)

ABSTRACT: Following the disaster in Portugal, in 2017, which marked that year as the worst ever in terms of forest fires, with more than one hundred deaths recorded and about 200 million euros of direct economic loss, the Portuguese Association of Technicians of Security and Civil Protection (Asprocivil) decided to carry out a study that aims to collect information of a legal and regulatory

1. Santos, João Rodrigues (2014), O ordenamento do território e a formação superior em segurança e proteção civil (O conhecimento integrado dos Técnicos Superiores de Segurança e Proteção Civil e o seu contributo para uma gestão mais eficaz do risco com recurso aos Instrumentos de Gestão Territorial).

nature with pertinence for the prevention of fire risk in Portugal. This article integrates part of the work of documentary analysis developed so far. In this article, the analysis is made to the Special Plans for Territorial Planning (PEOT). The authors decided to revisit, due to the thematic and detailed nature of the document, the doctoral thesis of one of them (João Rodrigues dos Santos), which was the main bibliographical reference in the identification of the main characteristics of the PEOT. The PEOT is an instrument of territorial management, integrated in the portuguese territorial management system, which includes, among others, the Protected Area Management Plans (POAP). The POAP, focusing on geographic areas classified as national parks, natural parks and nature reserves, assume preponderance in the protection of forest areas and in the prevention of forest fires.

KEYWORDS: Prevention, Fire Risk, PEOT, Economic Loss, Asprocivil.

1 | INTRODUÇÃO

Em Portugal, os incêndios florestais podem originar prejuízos económicos na ordem dos 200 milhões de euros/ano. O impacto dependerá das espécies arbóreas ardidas.

Em Pedrógão Grande, onde se registou a maior tragédia de sempre, em Portugal, relacionada com incêndios florestais, predomina o eucalipto, que não é das espécies com maior valor de mercado. No Guia Técnico do Planeamento Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios, é possível verificar que as três espécies com mais valor de mercado são: o Castanheiro; o Sobreiro; e o Pinheiro Manso.

Independentemente das estimativas calculadas pelas diversas entidades, a relevância económica da floresta em Portugal é uma evidência. É o valor acrescentado bruto do setor e a sua produção (mais de mil milhões/ano, segundo os últimos dados do Instituto Nacional de Estatística) que estão em equação.

O Gráfico 1 quantifica a área ardida (hectares) nos últimos anos em Portugal.

A Economia nacional tem sido fortemente penalizada pelo numero de incêndios florestais que Portugal regista, de forma “crónica”, ano após ano. Assume, por isso, o processo de prevenção de riscos, importância decisiva no quadro nacional.

No quadro da gestão territorial nacional, surgem diversos instrumentos de natureza legal e regulamentar, que podem assumir relevância no processo de prevenção de riscos em Portugal. No conjunto destes instrumentos, estão os Planos Especiais de ordenamento do Território, que são Instrumentos de Natureza Especial (INE).

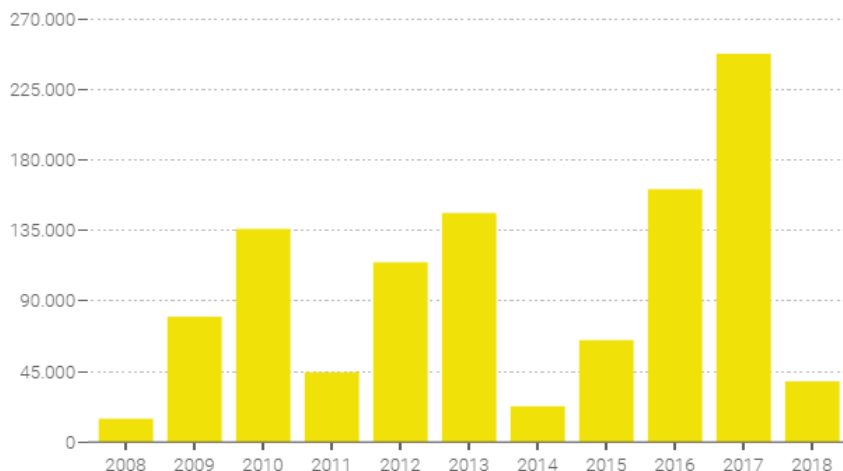


Gráfico 1 – Área de agricultura, povoamentos e matos ardidos por ano, entre 01/01 e 15/09, segundo o mais recente relatório do ICNF, em hectares.

Fonte: Relatório do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, publicado a 08-10-2018².

É função dos PEOT estabelecer os usos, ocupações e atividades com viabilidade, com inviabilidade e condicionadas, no cumprimento dos pressupostos inerentes à preservação dos recursos naturais e ambientais dos espaços territoriais neles abrangidos.

A Lei 48/98, de 11 de Agosto, que criou a figura do PEOT, foi revogada em 2014, pela Lei 31/2014, de 30 de Maio, Lei de Bases de Política Pública dos Solos, Ordenamento do Território e Urbanismo. Esta Lei visa a transposição dos conteúdos dos PEOT para os Planos Diretores Municipais. Os PEOT transformam-se em programas, cabendo à Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e ao Instituto de conservação da Natureza e Florestas (ICNF) as orientações programáticas, apenas, mas sem qualquer capacidade de regulação sobre os particulares. De acordo com a opinião de muitos especialistas, incluindo as modestas opiniões dos autores deste artigo, esta lógica é profundamente errada, pois retira ao regulador o poder de regulação.

Ainda assim, os PEOT em vigor continuam a assumir importância crucial a propósito do processo de prevenção de riscos, nomeadamente, do risco de incêndio florestal.

2 | PLANOS ESPECIAIS DE ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

2.1 Enquadramento jurídico e funcional

De acordo com o n.º 2, do artigo 42.º, do RJIGT, os PEOT (ver quadro1) “constituem um meio supletivo de intervenção do Governo, tendo em vista a prossecução de objetivos de interesse nacional com repercussão espacial. Estabelecem regimes de salvaguarda

2. ICNF (2018). Relatório Provisório de Incêndios Rurais (01-01-2018/15-09-2018). p. 3.

de recursos e valores naturais. Asseguram a permanência dos sistemas indispensáveis à utilização sustentável do território.”

O Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro (RJIGT), conjugado com o Decreto-Lei n.º 310/2003³, de 10 de Dezembro, tipifica, na alínea 2c, do artigo n.º 2, três classes de PEOT. Com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 131/2002, de 11 de Maio (estabelece a forma de criação dos Planos de Ordenamento de Parques Arqueológicos) e pela Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro (Planos de Ordenamento dos Estuários), as tipologias de PEOT são as seguintes:

- Planos de Ordenamento de Áreas Protegidas⁴ (POAP);
- Planos de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas (POAAP);
- Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC);
- Planos de Ordenamento dos Estuários (POE);
- Planos de Ordenamento do Parque Arqueológico (POPA).

	Governo	Assembleia da República	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional	Câmara Municipal	Assembleia Municipal	Comissão Mista	Conselho Consultivo / Sistema de Pontos Focais	Entidades da Administração Direta ou Indireta do Estado	Particulares
Competência de Elaboração	X								
Acompanhamento						X			
Aprovação	X								
Eficácia Jurídica								X	X

Quadro 1 – Planos Especiais de Ordenamento do Território: caracterização síntese

Fonte: Adaptado do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial⁵

3. O Decreto-Lei n.º 310/2003, de 10 de Dezembro, procede a ligeiras alterações ao Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro.

4. As áreas protegidas são áreas classificadas como Parques Nacionais, Parques Naturais e Reservas Naturais, de acordo com o Decreto-Lei n.º 19/93, de 23 de Janeiro. DR n.º 19, Série I-A de 1993-01-23 – Rede Nacional de Áreas Protegidas (com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 117/2005, de 18 de Julho. DR n.º 136, Série I-A de 2005-07-18).

5. Decreto-Lei n.º. 46/2009, de 20 de Fevereiro. DR n.º 36, Série I de 2009-02-20.

2.2 PEOT aprovados em Portugal

Em Portugal Continental, os POOC aprovados abrangem a totalidade da linha de costa entre Caminha e Vila Real de Santo António, excetuando as áreas sob jurisdição portuária^{6,7,8}.

Na Região Autónoma dos Açores o processo de elaboração dos POOC é da responsabilidade da atual Secretaria Regional dos Recursos Naturais, encontrando-se aprovados, através de Decreto Regulamentar Regional (DRR), 10 POOC⁹.

Na Região Autónoma da Madeira, na data de produção deste artigo, não existem POOC aprovados, apesar de ser possível ler-se, no preâmbulo do Decreto Legislativo Regional n.º 7/2002/M¹⁰, de 15 de Maio de 2002, o seguinte: *“Perspetiva-se, pois, para breve a aprovação dos POOC, que abrangerão, por troços, toda a costa das ilhas da Madeira e de Porto Santo.”*

2.3 PEOT: Contributo para a Prevenção de Riscos Naturais Mistos e Tecnológicos

A tipologia de PEOT especialmente relevante no domínio da gestão e prevenção de riscos é a dos Planos de Ordenamento das Áreas Protegidas¹¹. Os POAP, incidindo em áreas geográficas classificadas como parques nacionais, parques naturais e reservas naturais, revestir-se-ão de particular utilidade no âmbito da proteção das áreas florestais e da prevenção de incêndios florestais¹².

Por exemplo, o POAP do Parque Nacional da Peneda-Gerês (POPNG), na alínea b, do n.º 2, do artigo 8º, da RCM n.º 11-A/2011, de 4 de Fevereiro (ver figura 1), refere *“que ficam sujeitos a autorização do Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade [atualmente, Instituto de Conservação da Natureza e Florestas], os seguintes atos e atividades: [...] A modificação do coberto vegetal, exceto quando enquadrada por instrumentos de ordenamento florestal em vigor ou as atividades previstas no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios.”*

O POPNG tem associado como um dos princípios orientadores a promoção *“de uma estratégia de defesa contra incêndios florestais, designadamente desenvolvendo ações*

6. in. <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=94>.

7. Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005-12-2

8. Portaria n.º 529/2007, de 30 de Abril. D.R. n.º 83, Série I de 2007-04-30

9. Adaptado de: <http://www.azores.gov.pt/Gra/SRMCT-MAR/conteudos/livres/POOCs+Geral.htm>.

10. Revoga o Decreto Legislativo Regional n.º 1/2002/M, de 28 de Fevereiro, relativo à elaboração e aprovação dos planos de ordenamento da orla costeira (POOC).

11. As áreas protegidas são áreas classificadas como Parques Nacionais, Parques Naturais e Reservas Naturais, de acordo com o Decreto-Lei n.º 19/1993, de 23 de Janeiro – Rede Nacional de Áreas Protegidas (com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 117/2005, de 18 de Julho).

12. A este propósito, destacam-se o Decreto-Lei n.º 180/1989, de 30 de Maio, que estabelece regras de ordenamento das zonas percorridas por incêndios florestais em áreas protegidas e o Decreto-Lei n.º 382/1999, de 22 de Setembro, designadamente o artigo 9.º, que estabelece perímetros de proteção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público, que devem ser consultados no âmbito da elaboração de POAP.

específicas de sensibilização e educação sobre o fogo e o seu impacto na biodiversidade.” (alínea q, do n.º 4, do artigo 2º, da RCM n.º 11-A/2011, de 4 de Fevereiro).

Ainda a propósito da defesa contra incêndios florestais, o artigo 5.º, do mesmo plano, determina que “na área de intervenção do POPNPG se aplicam todas as servidões administrativas e restrições de utilidade pública constantes da legislação em vigor, nomeadamente as decorrentes dos seguintes regimes jurídicos: a) Áreas florestais percorridas por incêndios; b) Área de risco de incêndio elevado e muito elevado.”

A RCM n.º 11-A/2011, de 4 de Fevereiro, que aprova o POPNPG, na alínea g, do n.º 4, do artigo 2º, faz ainda referência à necessidade de “melhorar os serviços de suporte à biodiversidade e de regulação dos ecossistemas florestais, com particular ênfase na resistência e resiliência ao fogo [...] nomeadamente pela proteção e expansão da floresta nativa e pela conversão de povoamentos monoculturais de resinosas em bosques de folhosas autóctones”.

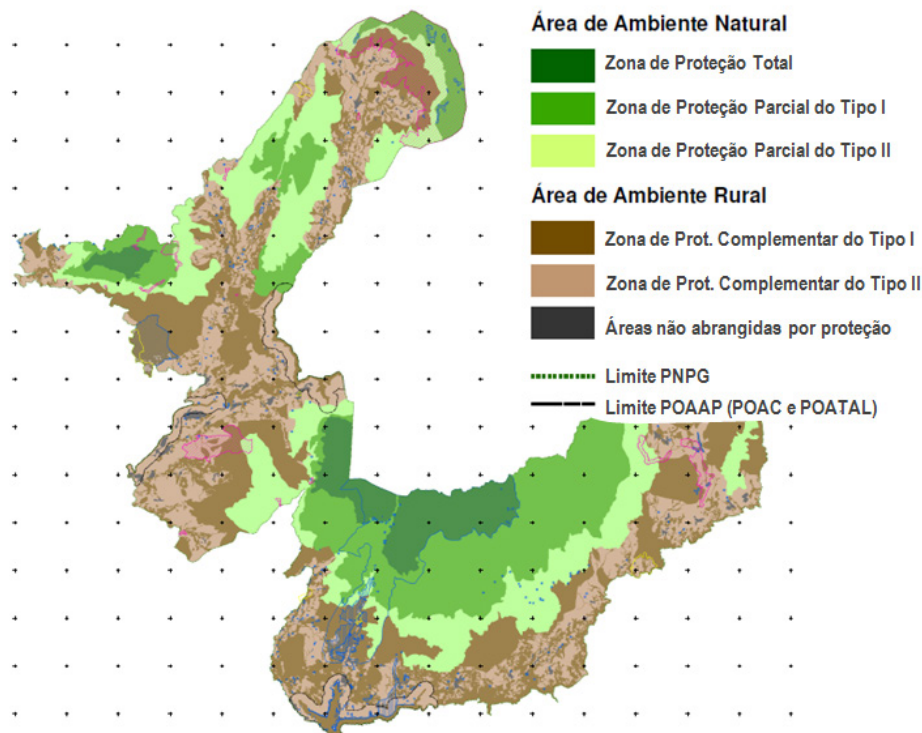


Figura 1 – Plano de Ordenamento da Área Protegida Peneda Gerês – Planta de Síntese

Fonte: POAP Peneda Gerês¹³

13. Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-A/2011, de 4 de Fevereiro. D.R. n.º 25, Série I, de 2011-02-04. p. 682-22.

Um outro POAP, o do Parque Natural da Serra da Estrela (POPNSE), considera, nos termos do artigo 5.º, da RCM n.º 83/2009, de 9 de Setembro (ver figura 2), que se aplicam à área do *“plano todas as servidões administrativas e restrições de utilidade pública constantes da legislação em vigor, nomeadamente, as decorrentes dos regimes jurídicos [...] i) Domínio hídricas; j) Áreas percorridas por incêndios; [...] n) Rede de captação, adução e distribuição de água”*.

Julião *et al.* (2009, p. 16), neste contexto, refere que *“as áreas integradas na Reserva Ecológica Nacional [REN] [...], delimitadas no âmbito municipal, por proposta da câmara municipal, são obrigatoriamente identificadas nas plantas de condicionantes dos planos especiais.”*

Ainda no âmbito do POPNSE, na alínea f, do artigo 23º (ações e atividades a promover) é referida como ação a empreender *“a aplicação de medidas de prevenção e redução do risco de incêndios florestais.”*

A alínea i, do n.º 1, do artigo 8.º, do mesmo documento, estabelece ainda como atos e/ou atividades condicionados *“o sobrevoo por aeronaves com motor abaixo dos 1000 pés, [excetuando as que promovem] ações de vigilância, de combate a incêndios, operações de salvamento e atividades de defesa nacional”* e, na mesma categoria, promove *“a operação de limpeza e desobstrução das linhas de água e das suas margens, [mas sujeita-a a autorização do Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade (ICNB)], com exceção das atividades de manutenção da área de servidão das estradas e das situações de emergência, designadamente as decorrentes do combate a incêndios”* (alínea e, do n.º 2, artigo 8º, do POPNSE).

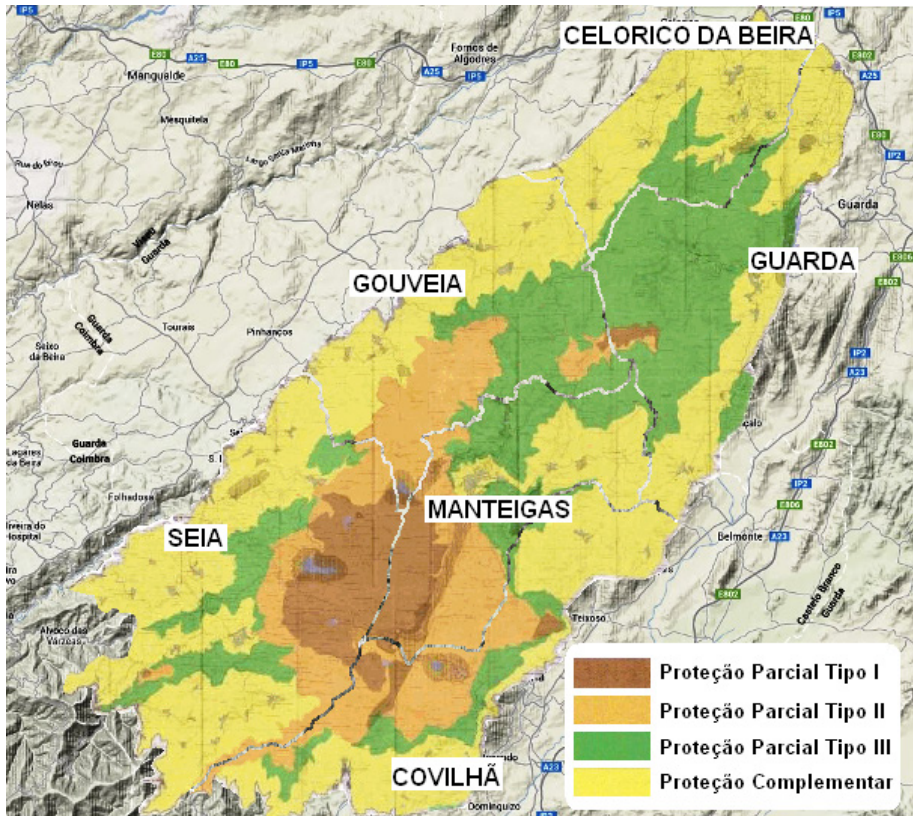


Figura 2 – Plano de Ordenamento da Área Protegida Parque Natural da Serra da Estrela – Planta de Síntese (extrato)

Fonte: Adaptado do POPNSE¹⁴

A alínea g, do n.º 1, do artigo 12º, do POPNSE, refere ainda ser expressamente interdita “a realização de queimadas e a prática de foguear, exceto para controlo de agentes bióticos, para a prevenção de incêndios (fogo controlado) e em situações de combate a incêndios (fogo de supressão)”. Esta interdição incide em áreas especialmente importantes no domínio dos valores naturais com significado de exceção, incluindo formações geológicas e paisagens pouco artificializadas, e que correspondam, ainda, a sistemas de valor ecológico muito ou moderadamente sensível.

Relativamente ao processo de edificação, os POAP, geralmente, estabelecem que as novas edificações a surgir no exterior do perímetro dos aglomerados edificados preexistentes, deverão, obrigatoriamente, integrar as regras definidas nos Planos Municipais de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) respetivos ou, na eventualidade de não existirem, a garantir a distância mínima de cinquenta metros (e.g. área de proteção)

14. Portal Oficial da Direção Geral do Território | Sistema Nacional de Informação Territorial - in. <http://195.23.12.198:8001/signst1.3/init.aspx?action=map&conc=POPNSE&Id=43546b94-3ce1-409f-9965-33bb6bb904b1&plano=POAP>.

aos perímetros das propriedades limítrofes. Para além deste perímetro de salvaguarda, deverão os responsáveis pelas obras, simultaneamente, proceder à adoção de medidas que promovam a resistência do edifício à passagem do fogo e que contribuam para a diminuição de possíveis fontes de ignição de incêndios no edifício e acessos respetivos.

3 | CONCLUSÃO

De acordo com os números recentemente apresentados por Abílio Pereira Pacheco, Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, cerca de 9% das exportações nacionais estão relacionadas com a fileira florestal nacional. Ainda segundo o mesmo investigador, todos os anos o prejuízo económico direto resultante dos incêndios florestais fixa-se perto dos 250 milhões de euros.

No último relatório sobre incêndios, publicado pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, no período 2005-2014, a média anual do prejuízo económico direto foi de aproximadamente 173 milhões de euros,

Esta matéria, e a prevenção de riscos num sentido mais lato, deve, assim, continuar a ser uma absoluta prioridade em Portugal.

A pertinência dos Planos Especiais de Ordenamento do Território no contexto da prevenção de riscos naturais para os elementos expostos (seres humanos, seres vivos, sistemas ambientais e produtivos, etc.), designadamente de risco de incêndio florestal, é, indiscutivelmente, relevante.

No domínio dos Planos de Ordenamento de Áreas Protegidas, evidencia-se, sobretudo, o risco de incêndio cuja génese pode ser humana ou natural, com prejuízo potencialmente significativo para a integridade das pessoas e edifícios, para a função socioeconómica destes espaços e para o ambiente, genericamente considerado.

Mas relativamente aos PEOT, não são apenas os POAP que assumem pertinência.

Por exemplo, os POOC assumem especial relevo no âmbito dos perigos e riscos naturais com origem no processo de erosão da linha de costa e na dinâmica marítima (colapsos, desmoronamentos, deslizamentos, cheias, ondas de maré, tsunamis, etc).

Já os Planos de Ordenamento das Águas Públicas e Albufeiras contemplam o risco tecnológico associado a eventuais roturas de barragens ou à gestão ineficiente dos níveis de caudal de barragens e respetivas albufeiras. Nestes planos, considera-se o impacto para os elementos expostos localizados na área de influência da ocorrência, decorrente da ocorrência de cheias e de inundações.

REFERÊNCIAS

AR [Assembleia da República] (2007). Programa de Ação do PNPO - Anexo à Lei 58/2007, de 04 de Setembro, que aprova o Programa Nacional das Políticas de Ordenamento do Território. 107 p.

Decreto Legislativo Regional n.º 7/2002/M, de 15 de Maio de 2002. DR n.º 112, Série I-A de 2002-05-15. (revoga o Decreto Legislativo Regional n.º 1/2002/M, de 28 de Fevereiro, relativo à elaboração e aprovação dos planos de ordenamento da orla costeira). p. 4545.

Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de Maio. DR n.º 94, Série I de 2009-05-15. p. 3016.

Decreto-Lei n.º 117/2005, de 18 de Julho. DR n.º 136, Série I-A de 2005-07-18 (introduz alterações à Rede Nacional de Áreas Protegidas).

Decreto-Lei n.º 129/2008, de 21 de Julho. DR n.º 139, Série I de 2008-07-21. p. 4508.

Decreto-Lei n.º 131/2002, de 11 de Maio (estabelece a forma de criação e gestão de parques arqueológicos).

Decreto-Lei n.º 131/2002, de 11 de Maio. DR n.º 109, Série I-A de 2002-05-11. p. 4430.

Decreto-Lei n.º 180/1989, de 30 de Maio (estabelece regras de ordenamento das zonas percorridas por incêndios florestais em áreas protegidas).

Decreto-Lei n.º 19/93, de 23 de Janeiro. DR n.º 19, Série I-A de 1993-01-23 (aprova a Rede Nacional de Áreas Protegidas).

Decreto-Lei n.º 309/93, de 2 de Setembro (regulamenta a elaboração e a aprovação dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira).

Decreto-Lei n.º 309/93, de 2 de Setembro. DR n.º 206, Série I-A de 1993-09-02. p. 4626.

Decreto-Lei n.º 310/2003, de 10 de Dezembro (procede a ligeiras alterações ao Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro).

Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro. DR n.º 222, Série I-A de 1999-09-22 (estabelece o regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial). pp. 6593 e 6600.

Decreto-Lei n.º 382/1999, de 22 de Setembro (estabelece perímetros de proteção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público, que devem ser consultados no âmbito da elaboração de POAP).

Decreto-Lei n.º 46/2009, de 20 de Fevereiro. DR n.º 136, Série I de 2009-02-20 (procede à sexta alteração ao Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de Setembro, que estabelece o regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial). p. 1180.

<http://195.23.12.198:8001/signit1.3/init.aspx?action=map&conc=POPNSE&Id=43546b94-3ce1-409f-9965-33bb6bb904b1&plano=POAP> - Portal Oficial da Direção Geral do Território | Sistema Nacional de Informação Territorial (consultado em 10/04/2014).

<http://portaldaaagua.inag.pt/PT/InfoTecnica/PGA/PROrdenamento/POOC/Pages/POOC.aspx> - Portal oficial do Instituto da Água, I. P. (consultado em 10/04/2014).

http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoTecnica/PGA/PFOOrdenamento/POOC/Pages/POOC_Mapa.aspx - Portal oficial do Instituto da Água, I. P. (consultado em 08/04/2014).

<http://www.azores.gov.pt/Gra/srrn-mar/conteudos/livres/POOCs+Geral.htm> – Portal oficial do Governo Regional dos Açores (consultado em 29/05/2019).

<http://www.dgotdu.pt/channel.aspx?channelID=582711D6-ECFA-4B50-899D-57B7E99EBD78&listaUltimos=1> - Portal Oficial da Direção Geral do Território | Sistema Nacional de Informação Territorial (consultado em 10/04/2014).

<http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/ordgest/poap> - Portal oficial do Instituto de Conservação da Natureza e da Floresta (acedido em 25 de Junho de 2013).

<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=94> – Portal oficial da Agência Portuguesa do Ambiente (acedido em 06 de Junho de 2019).

JULIÃO, R. P., et al. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de Risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal*. Lisboa: Autoridade Nacional e Proteção Civil/Direção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano/ Instituto Geográfico Português (ISBN: 978-989-96121-4-3). 93 p.

Lei 31/2014, de 30 de Maio, DR n.º 104, Série I de 2014-05-30 (Lei de Bases de Política Pública dos Solos, Ordenamento do Território e Urbanismo).

Lei n.º 48/98, de 11 de Agosto, DR n.º 184, Série I-A de 1998-08-11 (Estabelece as Bases da Política de Ordenamento do Território e de Urbanismo).

Lei 58/2007, de 4 de Setembro. DR n.º 170, Série I de 2007-09-04. p. 6126.

Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005-12-29 (aprova a Lei da Água).

Lei n.º 58/2007, de 4 de Setembro. DR n.º 170, Série I de 2007-09-04 (aprova o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território).

MAOTDR (2006). *Plano de Ordenamento da Albufeira da Tapada Pequena, Relatório Síntese*. 27 p.

Portaria n.º 529/2007, de 30 de Abril. D.R. n.º 83, Série I de 2007-04-30 (aprova os Estatutos do Instituto da Água, I. P.).

Resolução de Conselho de Ministros n.º 83/2009, de 9 de Setembro. D.R. n.º 175, Série I, de 2009-09-09 (aprova o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Serra da Estrela). pp. 6130, 6131, 6132 e 6133

Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-A/2011, de 4 de Fevereiro. D.R. n.º 25, Série I, de 2011-02-04 (aprova o Plano de Ordenamento do Parque Nacional da Peneda-Gerês). pp. 682-03, 04, 05 e 22.

PLANEAMENTO NACIONAL DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (PNPOT): CONTRIBUTO PARA ESTUDO DA ASPROCIVIL, DE NATUREZA SOCIOECONÓMICA, NO ÂMBITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

Data de aceite: 01/12/2020

João Rodrigues dos Santos

IADE/Universidade Europeia e Membro do Conselho Técnico e Científico da Asprocivil Lisboa
<http://orcid.org/0000-0002-6835-680X>

Ricardo Tojal Ribeiro

Universidade Atlântica e Presidente da Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil

Alexandra Santos Domingos

Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa; Mestre em Economia e Políticas Públicas, pelo Instituto Superior de Economia e Gestão/Universidade de Lisboa

RESUMO: Considerando a tragédia ocorrida em Portugal, em 2017, que constituiu aquele ano como o pior de sempre em matéria de incêndios florestais, com mais de cem mortes registadas e com mais de 200 milhões de euros de prejuízo económico direto, está a Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil (Asprocivil) a desenvolver um estudo que consiste no levantamento de informação de natureza legal e regulamentar com pertinência para a prevenção do risco de incêndio em Portugal. Neste artigo apresenta-se parte do trabalho de análise documental até há data produzido. Centra-se análise na figura Plano

Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PNDFCI). Em Portugal, no âmbito da prevenção de incêndios florestais, o processo de Defesa da Floresta Contra Incêndios, operacionalizando-se à escala municipal, é disciplinado por cinco Eixos Estratégicos que derivam do PNDFCI. Para a análise a este instrumento em particular, decidiram os autores visitar, pela natureza temática e detalhada do documento, a tese de doutoramento¹ de um deles (Ricardo Tojal Ribeiro), que se constituiu como a principal referência na identificação das principais características do PNDFCI.

PALAVRAS-CHAVE: Prevenção; Risco de Incêndio em Portugal Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios; Gestão de Riscos; Prejuízo económico; Associação Portuguesa de Técnicos de Segurança e Proteção Civil.

NATIONAL DEFENSE PLANNING TO PREVENT FOREST FIRE (PNPOT): CONTRIBUTION TO A STUDY OF ASPROCIVIL, OF SOCIOECONOMIC NATURE, IN THE FIELD OF FOREST FIRES

ABSTRACT: Considering the tragedy occurred in Portugal in 2017, which is the worst year ever in terms of forest fires, with more than one hundred registered deaths and more than 200 million euros of direct economic loss, the Portuguese Association of Technicians Security and Civil Protection (Asprocivil) decided to develop a study consisting on collecting information of legal and regulatory nature with pertinence for the

1. Ribeiro, Ricardo Tojal (2016), La eficiencia del proceso formal de defensa de la floresta contra incendios en Portugal (El nivel de eficiencia real del Guía Técnico para la elaboración de Planes Municipales de Defensa de la Floresta Contra Incendios).

prevention of fire risk in Portugal. This article presents part of the documentary analysis work made so far. The analysis is based on the figure National Defence Plan to prevent Forest Fire (PNDFCI). In Portugal, in the context of forest fire prevention, the Forest Fire Prevention process, operated at the municipal level, is governed by five Strategic Axes that derive from the PNDFCI. For the analysis of this particular instrument, the authors decided to revisit, due to the thematic and detailed nature of the document, the doctoral thesis of one of them (Ricardo Tojal Ribeiro), which constituted the principal reference in the identification of the main characteristics of the PNDFCI.

KEYWORDS: Prevention, Fire Risk, Defence Plan to prevent Forest Fire, Prevention and Risk Management, Economic loss, Portuguese Association of Safety and Civil Protection Technicians.

1 | INTRODUÇÃO

Em Portugal, os incêndios florestais podem originar prejuízos económicos na ordem dos 200 milhões de euros/ano. O impacto dependerá das espécies arbóreas ardidas.

Em Pedrógão Grande, onde se registou a maior tragédia de sempre, em Portugal, relacionada com incêndios florestais, predomina o eucalipto, que não é das espécies com maior valor de mercado. No Guia Técnico do Planeamento Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios, é possível verificar que as três espécies com mais valor de mercado são: o Castanheiro; o Sobreiro; e o Pinheiro Manso.

Independentemente das estimativas calculadas pelas diversas entidades, a relevância económica da floresta em Portugal é uma evidência. É o valor acrescentado bruto do setor e a sua produção (mais de mil milhões/ano, segundo os últimos dados do Instituto Nacional de Estatística) que estão em equação.

O Gráfico 1 faz referência à área ardida, em hectares, nos últimos anos em Portugal.

A Economia nacional tem sido fortemente penalizada pelo número de incêndios florestais que Portugal regista, de forma “crónica”, ano após ano. Assume, por isso, o processo de prevenção de riscos, importância decisiva no quadro nacional.

No quadro sistema nacional de defesa da floresta contra incêndios, surgem diversos instrumentos de natureza legal e regulamentar, que assumem preponderância no processo de prevenção de risco de incêndio em Portugal. No conjunto destes instrumentos, está o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios.

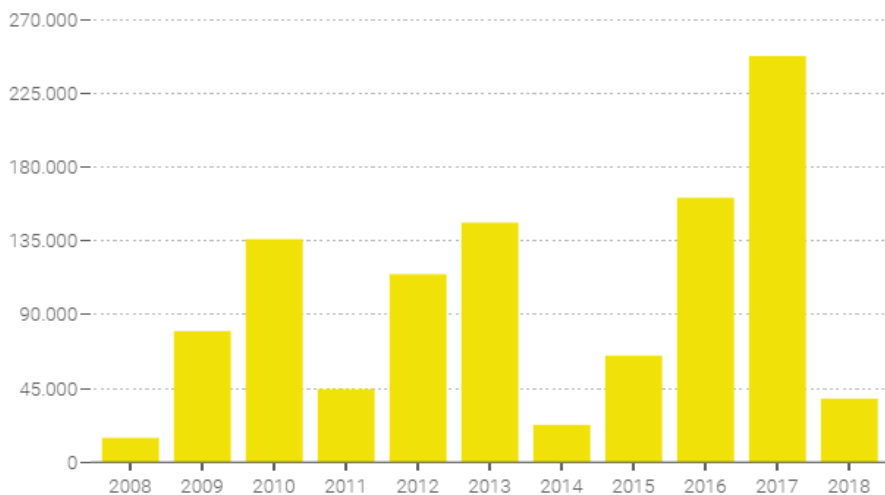


Gráfico 1 – Área de agricultura, povoamentos e matos ardidos por ano, entre 01/01 e 15/09, segundo o mais recente relatório do ICNF, em hectares.

Fonte: Relatório do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, publicado a 08-10-2018, p.3.

“O Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios enuncia a estratégia e determina os objetivos, as prioridades e as intervenções a desenvolver para atingir as metas preconizadas” (RCM 65/2006, de 28 de maio:3511) no âmbito da defesa da floresta contra incêndios.

O PNDFCI enuncia 5 Eixos Estratégicos que deverão ser considerados, obrigatoriamente, por todos os municípios durante a elaboração dos Planos Municipais de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI). Está em equação a coerência nos processos que visam atingir as metas do PNDFC.

Santos (2014:43) refere que, “para alcançar estas metas, o PNDFCI preconiza a implementação articulada de ações no terreno, a serem desenvolvidas de forma colaborante e complementar pelos diversos agentes do sistema, as quais foram estruturadas em cinco eixos estratégicos de atuação”.

2 | PLANEAMENTO NACIONAL DE DEFESA DA FLORESTA CONTRA INCÊNDIOS (PNDFCI)

2.1 Enquadramento ao PNDFCI

Bidarra (2013:26) refere que o PNDFCI define os objetivos gerais de prevenção, pré-supressão, supressão e recuperação da floresta contra incêndios.

O PNDFCI é o instrumento que define esta estratégia à escala nacional, determinando os objetivos, as prioridades e as intervenções a desenvolver para atingir os objetivos definidos no âmbito da defesa da floresta contra incêndios.

Santos (2014:43) destaca que “o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios tem subjacentes dois objetivos centrais: ‘a defesa da vida e dos edifícios’; e a ‘defesa da floresta’.”

Almeida (2012:40) realça que “o Plano Nacional Defesa da Floresta Contra Incêndios acentua a necessidade de uma ação concreta e persistente na política de sensibilização e no aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão do risco.”

Para alcançar os objetivos, ações e metas, o PNDFCI preconiza uma implementação articulada e estruturada em cinco eixos estratégicos de atuação:

1. Aumento da resiliência do território aos incêndios florestais;
2. Redução da incidência dos incêndios;
3. Melhoria da eficácia do ataque e da gestão dos incêndios;
4. Recuperar e reabilitar os ecossistemas;
5. Adaptação de uma estrutura orgânica e funcional eficaz (RCM 65/2006, de 28 de maio:3511).

Estes eixos estratégicos, com gênese num diagnóstico nacional no âmbito da problemática dos incêndios florestais, realizado pelo Instituto Superior de Agronomia (2006:208), consubstanciam-se em “objetivos operacionais” e estes são concretizados, através de “ações”, em contexto de Planeamento Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) (Santos, 2014:43).

2.2 Eixos Estratégicos do PNDFCI

Sardinha (1993:130), referindo-se ao precário estado de conservação das matas portuguesas, faz, implicitamente, referência à necessidade das ações integradas no 1º eixo estratégico do PNDFCI (ver quadro 1).

1º Eixo Estratégico - Aumentar a resiliência do território aos Incêndios Florestais

Visa “a construção de um território menos vulnerável e com maior capacidade de regeneração face aos incêndios florestais” (ISA, 2006:10).

- | | |
|--------------|---|
| Ações | <ul style="list-style-type: none">• Criação e manutenção de redes de faixas de gestão de combustível, intervindo prioritariamente nas zonas com maior vulnerabilidade aos incêndios;• Implementação de mosaicos de parcelas gestão de combustível;• Promoção ações de silvicultura;• Promoção ações de gestão de pastagens;• Criação e manutenção de redes de infraestruturas (rede viária e rede de pontos de água);• Divulgação de técnicas de ajardinamento com maior capacidade de resiliência aos incêndios florestais. |
|--------------|---|

Quadro 1 – PNDFCI: 1º Eixo Estratégico

Fonte: Adaptado do PNDFCI (RCM 65/2006, de 28 de maio).

A Rede de Defesa da Floresta Contra Incêndios (e. g. rede viária e rede de pontos de água) é uma das matérias consideradas no 1º Eixo Estratégico do PNDFCI. Por exemplo, Castro (2004:160) refere que “uma grande densidade de caminhos [...] também [...] ajuda no combate aos incêndios florestais”.

Outra importante matéria considerada no 1º Eixo Estratégico do PNDFCI é a problemática da limpeza de vegetação nas áreas envolventes a determinadas estruturas físicas, por exemplo habitações.

“Raros não são os exemplos de habitações de segunda residência (muitas vezes também de emigrantes) em que os pátios, jardins e quintais, bem como algumas terras de cultivo, lentamente, começam a estar ocupadas por vegetação espontânea.” (Duarte, 2005:4)

Segundo Catarino (2003:24), citado por Duarte (2005:4), devem ser considerados dois tipos de interface entre áreas florestais e áreas habitadas, para efeitos de prevenção no âmbito dos incêndios florestais:

- “Zona habitacional compacta que confina diretamente com a floresta” –
- “Zona habitacional ou casas dispersas misturadas com a vegetação florestal”

São, essencialmente, três os fatores mais relevantes para a ignição das habitações: Tipo de combustível da área marginal à habitação; O vento e o relevo; e o Tipo de construção e idade da habitação (ver quadro 2).

O 2º eixo estratégico do PNDFCI (ver quadro 2) enfatiza a importância da sensibilização e da educação relativamente às consequências dos incêndios florestais.

2º Eixo Estratégico - Reduzir a Incidência dos Incêndios

“O elevado número de ocorrências verificadas nos últimos anos [...] leva a concluir a necessidade de uma intervenção cuidada das atividades que têm por objetivos reduzir ou anular a possibilidade de se iniciar um incêndio” (ISA, 2006:11).

Ações

- Implementação de campanhas de sensibilização de acordo com os segmentos populacionais definidos pelas motivações e causalidade regional;
- Definir áreas críticas e prioritárias de fiscalização, tendo em consideração a identificação das principais causas e motivações de incêndio, o valor dos espaços florestais, o risco de ignição, as freguesias de risco, os dias da semana ou períodos do dia de maior risco.

Quadro 2 – PNDFCI: 2º Eixo Estratégico.

Fonte: Adaptado do PNDFCI (RCM 65/2006, de 28 de maio).

A propósito do comportamento humano criminoso, no âmbito dos incêndios florestais, Devy-Vareta (1993:348) refere que *“o fogo foi sempre a arma predileta escolhida contra a arborização ou mesmo nos conflitos territoriais”* (de propriedade).

A alteração dos comportamentos humanos é possível através de três métodos: persuasão; conciliação de interesses; detenção e sanção (ISA, 2006:15).

No âmbito do 3º Eixo Estratégico do PNDFCI (ver quadro 3), importa referir a importância dos Bombeiros e da atividade exercida por estes para a segurança dos elementos expostos ao risco de incêndio florestal. As competências destes agentes de Proteção Civil podem ser caracterizadas de acordo com a figura 2.

3º Eixo Estratégico - Melhorar a Eficácia e Eficiência do Ataque e Gestão de Incêndios	
<i>“A dicotomia entre a prioridade dada à defesa de vidas e edifícios e a prioridade à defesa da floresta obriga a uma redefinição operacional e requer uma nova abordagem na ótica do planeamento e estratégia do combate” (ISA, 2006:11).</i>	
Ações	<ul style="list-style-type: none"> • Executar a inventariação dos meios e recursos existentes e o respetivo plano de reequipamento; • Identificar todos os sistemas de vigilância e deteção, responsabilidades, procedimentos e objetivos; • Elaborar cartas de visibilidade para os postos de vigia; • Definir procedimentos de mobilização de meios para cada nível de alerta.

Quadro 3 – PNDFCI: 3º Eixo Estratégico.

Fonte: Adaptado do PNDFCI (RCM 65/2006, de 28 de maio).

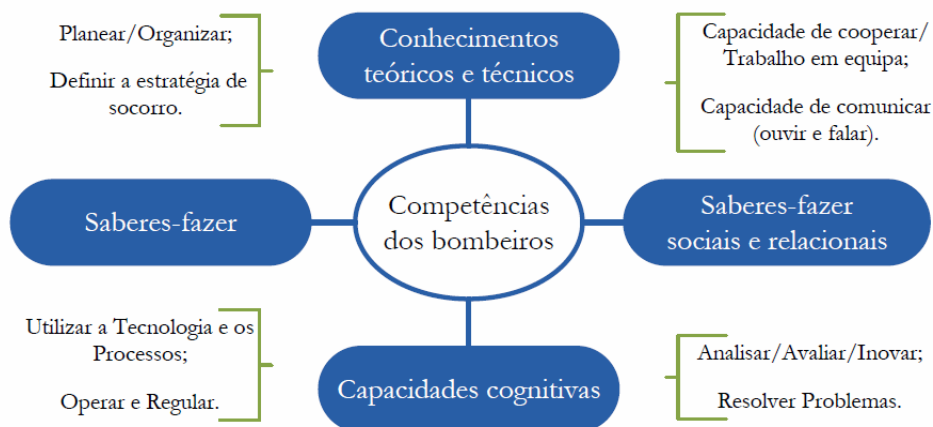


Figura 2 – Tipologia das Competências dos Bombeiros.

Fonte: Sousa et al.(2006:143), citado e adaptado por Amaro (2009:52).

Relativamente ao desempenho da Proteção Civil e dos seus agentes, nos períodos após as catástrofes de 2003 e 2005, Amaro (2009:21) refere que:

Foram então suscitadas sérias interrogações ao nível político e social quanto à adequação da Organização de Proteção Civil e, sobretudo, do principal agente, corpos de bombeiros, de matriz predominantemente voluntária, para assegurar, em tempo útil e em situação de emergência, uma resposta de socorro bem articulada, por um lado, e, por outro, a necessária proteção de pessoas e bens.

Aliás, reforçando esta ideia, Gonçalves (2007:134) refere que *“a vaga de incêndios florestais que assolou Portugal no ano de 2003 mostrou a ineficácia dos meios e da estrutura de combate.”*

Bidarra (2013:22), com alguma “contundência”, refere, a propósito do nível de desempenho da atividade dos bombeiros *“uma capacidade de deteção ineficiente, um combate ao incêndio florestal estendido pouco instruído, ineficaz a resolver incêndios florestais de maiores dimensões por depender excessivamente de água, de acessos e de meios aéreos, as falhas de comando e de coordenação logística”* (RCM 65/2006, de 28 de maio).

Ainda Bidarra (2013:22), citando Catry *et al.* (2010: 33), realça ainda a ineficiência do investimento na dimensão operacional associada aos incêndios florestais, referindo que *“milhões de euros são gastos anualmente no combate e na prevenção dos incêndios mas a gestão pós-fogo é quase sempre negligenciada.”*

Um dos grandes problemas associados aos eventos ocorridos em 2003 e 2005 foram os “reacendimentos”. No âmbito do 3º Eixo Estratégico do PNDFCI, a propósito da fase de vigilância pós supressão, importa realçar que, segundo Almeida (2011:2):

O problema dos focos secundários ganha maior relevo quando se reúnem condições favoráveis ao seu aparecimento. A falta de limpeza das matas e florestas provoca o envelhecimento dos combustíveis que apresentam maior facilidade de desprendimento da árvore e uma menor densidade, tendo como consequência um maior potencial de perigosidade.

Aliás, Pastor *et al.* (2003:139,153), citado por Almeida (20011:4), refere que *“do ponto de vista científico, a importância dos focos secundários deve-se sobretudo à grande dificuldade na sua compreensão”*.

O 4º Eixo Estratégico do PNDFCI (ver quadro 4) evidencia a importância da reposição do coberto vegetal e da investigação no domínio florestal, visando a descoberta de cada vez melhores soluções de gestão sustentável.

4º Eixo Estratégico - Recuperar e Reabilitar os Ecossistemas e Comunidades

“A recuperação de áreas ardidas deverá ter em vista o aumento do futuro da sua resiliência e deve desenvolver-se em dois tempos. Um primeiro, relacionado com a proteção dos recursos e infraestruturas e outro de médio prazo dirigido para a requalificação dos espaços florestais dentro dos princípios de Defesa da Floresta contra Incêndios” (ISA, 2006:12).

Ações

- Elaborar um programa específico dirigido à recuperação de áreas ardidas, tendo em conta as orientações estratégicas do Conselho Nacional de Reforestação, dos Planos Regionais de Ordenamento Florestal e as recomendações técnicas do INAG, as das IES (nomeadamente as do Centro PHOENIX do Instituto Florestal Europeu), para desta forma, se evitar a degradação de recursos e infraestruturas.

Quadro 4 – PNDFCI: 4º Eixo Estratégico.

Fonte: Adaptado do PNDFCI (RCM 65/2006, de 28 de maio).

No decurso de um incêndio florestal, os recursos florestais repostos deverão ser objeto de gestão, sob pena de, no curto prazo, contribuírem, também, para o risco de incêndio alto ou muito alto. *“Num território sem gestão ou com gestão deficiente do novo património florestal, quer por parte dos privados, quer por parte do Estado, somado ao facto da estrutura de vigilância ser muito deficitária”*(Gonçalves, 2007:123), surgir previsivelmente alguns grandes incêndios.

Velejjo e Moreira (2010:122) referem que:

Após um incêndio, os gestores florestais e os políticos deparam-se com uma série de questões que podem não ter uma resposta óbvia: Devemos reforestar? Toda a área afetada? Apenas uma parte? Ou será melhor não fazer nada? E caso se decida efetuar alguma intervenção, quando o fazer? E utilizando que técnicas? Mas, sobretudo, para quê? Com que objetivos queremos intervir numa área ardida?

O 5º Eixo Estratégico (quadro 5) aborda a problemática do sistema organizacional e de inter-relacionamento entre as diversas entidades envolvidas no processo de gestão do risco de incêndios florestais.

5º Eixo Estratégico - Adaptar uma Estrutura Orgânica e Funcional Eficaz

“A concretização dos eixos estratégicos acima descritos apenas será possível através da integração dos esforços das múltiplas instituições envolvidas na defesa da floresta. Essa integração requer uma organização que viabilize o trabalho de equipa e avalie os resultados das suas ações” (ISA, 2006:12).

Ações

- Consolidar a organização e ligação institucional assente em três níveis, o Municipal, Distrital e Nacional, assegurando a integração das organizações que mais diretamente estão envolvidas no Sistema Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SNDFCI);
- Integrar o planeamento anual de cada entidade.
- Monitorizar as ações de Defesa da Floresta Contra Incêndios.

Quadro 5 – PNDFCI: 5º Eixo Estratégico.

Fonte: Adaptado do PNDFCI (RCM 65/2006, de 28 de maio).

No contexto do sistema organizacional que integra as diversas entidades envolvidas no processo de gestão do risco de incêndios florestais, e a propósito da gestão de ações de âmbito florestal, Gomes (2009:55) salienta que *“as competências operacionais necessárias no grupo de utilizadores e nas suas estruturas de ação coletiva, incluem capacidades técnicas na gestão corrente do recurso e capacidades organizativas que enquadrem a gestão da ação coletiva e a aplicação das regras comuns.”*

3 | CONCLUSÃO

De acordo com dados recentes apresentados por Abílio Pereira Pacheco, Professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, perto de 9% das exportações nacionais estão relacionadas com atividades económicas do setor florestal nacional. Ainda de acordo com o mesmo investigador, todos os anos o prejuízo económico direto resultante dos incêndios florestais situa-se perto dos 250 milhões de euros.

No último relatório (2015) sobre incêndios, publicado pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, no período 2005-2014, a média anual do prejuízo económico direto foi de aproximadamente 173 milhões de euros.

No quadro económico, os espaços florestais objeto de gestão sustentável são também significativamente mais viáveis quanto ao retorno que resulta do investimento: produtos; e serviços múltiplos. Destaca-se, ainda o importante papel do setor florestal relativamente ao contributo para as exportações, para o emprego e para a fixação das famílias e para o Produto Interno Bruto, particularmente, nas regiões de Portugal que se encontram desertificadas ou em vias de desertificação.

As políticas de gestão, prevenção e de investigação na área das florestas constituem-se, assim, como preponderantes, pois os ecossistemas florestais assumem social, económica e ambientalmente uma importância crítica. Os espaços de floresta assumem a importante função de garantia de produtos e serviços específicos e de emprego às comunidades rurais e urbanas.

A prevenção de incêndios florestais deve, assim, continuar a ser uma absoluta prioridade em Portugal.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. (2011). Propagação de Incêndios Florestais por Focos Secundários. Coimbra. Tese de Doutoramento em Engenharia Mecânica na Especialidade de Riscos Naturais e Tecnológicos. Universidade de Coimbra. 176 p.

ALMEIDA, M. (2012). Gabinetes Técnicos Florestais e Gestão de Recursos da Floresta: 8 anos de atividade em São Pedro do Sul. Bragança: [s. e.]. Tese de Mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de bragança. 90 p.

AMARO, A. (2009). O socorro em Portugal: organização, formação e cultura de segurança nos corpos de bombeiros, no quadro da Proteção Civil. Porto: [Edição do Autor]. Tese de Doutoramento em Geografia Humana. Faculdade de Letras – Universidade do Porto. 502 p.

BIDARRA, J. (2013). A Gestão Florestal e a Gestão Pós-Fogo – Visão dos Proprietários. Aveiro: [s. e.]. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade de Aveiro. 130 p.

CASTRO, J. (2004). Aplicação da Detecção remota em Inventário Florestal. Vila Real: [s. e.]. Tese de Doutoramento em Ciências Florestais. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 359 p.

CATARINO, V. (2003). Floresta e incêndios. Sintra: ENB [Escola Nacional de Bombeiros]. Revista Técnica e Formativa ENB (ISSN: 0874-5536), n.º 26.

CATRY, F.X., MOREIRA, F., SILVA, J.S., REGO, F. (2010). Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas. Lisboa: Isapress (ISBN: 978-972-8669-48-3). 323 p.

CONCEIÇÃO, C. M., CARVALHO, M. (2008). Educação Agro-ambiental: A floresta como tema de trabalho. Coruña: Servizo de Publicacións da Universidade da Coruña. Ambientalmente Sustentable, Ano III, vol. II (ISSN: 1887-2417), n.º 6. pp. 149 - 160.

Decreto-Lei n.º 17/2009, de 14 de janeiro, DR n.º 9, Série I, de 2009-01-14 (Segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho, que estabelece as medidas e ações a desenvolver no âmbito do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios).

DEVY-VARETA, N. (1993). A Floresta no Espaço e no tempo em Portuga – A Arborização da Serra da Cabreira (1919-1975). Porto: [s.e.]. Tese de Doutoramento em Geografia Humana. Faculdade de Letras, Universidade do Porto. 468 p.

DUARTE, J. F. B. (2005). Os fogos florestais em Portugal: o planeamento do espaço na interface urbano-florestal e a segurança das populações. Lisboa: Associação Portuguesa de Geógrafos. Atas do X Colóquio Ibérico de Geografia - “A Geografia Ibérica no Contexto Europeu”, Universidade de Évora (22 a 24 de Setembro de 2005). 13 p.

Acedido em 06 de Janeiro de 2015, no portal oficial da Associação Portuguesa de Geógrafos:
http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/088.pdf.

FERREIRA, A. F. (2012). Montado – “Pulmão” do Alentejo. Portel: Câmara Municipal de Portel. Revista Feira do Montado (Depósito Legal: 352280/12). pp. 54-55.

GOMES, P. (2009). Posse, Gestão e Uso de Recursos em Regime de Propriedade Comum - Os Baldios do Norte de Portugal. Lisboa: [s. e.]. Tese de Doutoramento em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 258 p.

GONÇALVES, A. B. (2007). Geografia dos incêndios em espaços silvestres de montanha: o caso da Serra da Cabreira. Braga: [s. e.]. Tese de Doutoramento em Geografia. Instituto de Ciências Sociais, Universidade do Minho. 439 p.

ICNF (2018). Relatório Provisório de Incêndios Rurais (01-01-2018/15-09-2018). p. 3.

ISA [Instituto Superior de Agronomia] (2005). PNDFCI: Estudo Técnico I - Diagnóstico, Visão e Objetivos Estratégicos – Relatório Intercalar (Caderno 7). 11 p.

Acedido em 21 de dezembro de 2014, no portal oficial da Universidade Técnica de Lisboa: http://www.isa.utl.pt/pndfci/relatorio_intercalar/docs/7_1.pdf.

ISA (2006). Proposta técnica para o PNDFCI – Relatório final. Lisboa: ISA/Agência para a Prevenção dos Incêndios Florestais. 208 p.

LEWIS, C. (1947). *The abolition of man: how education develops man's sense of morality*. New York: HarperOne (ISBN: 978-0060652944). 128 p.

PASTOR E., ZÁRATE L., PLANAS E., ARNALDOS J. (2003). Mathematical models and calculation systems for the study of wildland fire behavior. Pittsburgh: N.A. Chigier. Science Direct. Progress in Energy and Combustion Science, n.º 29 (ISSN: 0360-1285). pp. 139-153.

Portaria n.º 1061/2004, de 21 de agosto. DR. n.º 197, Série I-B, de 2004-08-21 (Aprova o Regulamento no âmbito do uso do Fogo Controlado).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2006, de 26 de maio. DR n.º 102, Série I, de 2006-05-26 (Aprova o PNDFCI).

RIBEIRO, R. T. (2016). *La eficiencia del proceso formal de defensa de la floresta contra incendios en Portugal (El nivel de eficiencia real del Guía Técnico para la elaboración de Planes Municipales de Defensa de la Floresta Contra Incendios)*. Madrid: [s. e.]. Tese de Doutoramento. Facultad de Ciencias Sociales - Universidad Europea de Madrid. 502 p.

SANTOS, J. R. (2014). *O Ordenamento do Território e a Formação Superior em Segurança e Proteção Civil (O Conhecimento Integrado dos Técnicos Superiores de Segurança e Proteção Civil e o seu Contributo para uma Gestão mais Eficaz do Risco com recurso aos Instrumentos de Gestão Territorial)*. Madrid: [s. e.]. Tese de Doutoramento. Facultad de Ciencias Sociales - Universidad Europea de Madrid. 618 p.

SANTOS, J. R. (2014). *Prevenção de Incêndios Florestais: Planos de Ordenamento Florestal vs Planos de Defesa da Floresta*. Lisboa: ANBP. Revista Alto Risco (Registo n.º 117011 | Dep. Legal n. 68848/93), n.º 49. pp. 42-43.

SANTOS, J. R. (2015). *Planeamento Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios: os Eixos Estratégicos*. Revista Alto Risco (Registo n.º 117011 | Dep. Legal n. 68848/93), n.º 52. pp. 24-25.

SARDINHA, A. M. (1993). *Ações Determinantes para uma Melhor Protecção da Floresta Contra os Incêndios*. Lisboa: Instituto da Defesa Nacional. IDN - Revista Nação e Defesa, Ano XVIII (ISSN: 0870-757X), n.º 65. pp. 124 – 131.

SILVA, M. (2009). *A educação ambiental e suas contribuições para a sustentabilidade da região amazônica: um estudo sobre as experiências desenvolvidas na floresta nacional do Tapajó*. Revista Interações (ISSN: 1646-2335), n.º 11. pp. 122-152.

SOUSA, M. J., GOMES J., SANCHES P. G., DUARTE, T. (2006). *Gestão de RH, Métodos e Práticas*. Lisboa: Lidel (ISBN: 9789727574414). 252 p.

MEDIDAS PROTETIVAS EM PROPRIEDADE INTELECTUAL DOS VINHOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO/PORTUGAL

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 05/09/2020

Fátima Regina Zan

Instituto Federal Farroupilha - Campus Santo
Ângelo, RS/Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8867-4856>

Rosângela Oliveira Soares

Instituto Federal Farroupilha - Campus Júlio de
Castilhos/RS
Santa Maria, RS/Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-2197-8932>

Carmen Regina Dorneles Nogueira

Universidade Federal do Pampa, Campus São
Borja/RS
<http://lattes.cnpq.br/7476378319243219>

Manuel Luís Tibério

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro,
Centro de Estudos de
Desenvolvimento Transdisciplinar (CETRAD) –
UTAD - Vila Real/Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-5489-7368>

Jonas Pedro Fabris

Programa de Pós-Graduação em Propriedade
Intelectual (PPGPI) -Universidade Federal de
Sergipe (UFS) -SE
<http://lattes.cnpq.br/1744258408524503>

Suzana Leitão Russo

Programa de Pós-Graduação em Propriedade
Intelectual (PPGPI) -Universidade Federal de
Sergipe (UFS) – SE
<http://lattes.cnpq.br/8056542335438905>

RESUMO: A Região Demarcada do Douro-RDD/Portugal, foi a primeira a ser reconhecida como local de um produto com notoriedade, o vinho do Porto. Marquês do Pombal, idealizador, criou a Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro, surgindo assim um conceito jurídico de região demarcada e de proteção da propriedade intelectual ou industrial. A região continua a ser referência em proteção, que através de mecanismos legais busca proteger a marca comunitária, Douro/Porto, num contexto internacional. A contrafação em vinhos, por ser um produto rentável e lucrativo, passou a ser um “bom negócio”. O presente estudo tem como objetivos identificar as principais contrafações que afetam a produção e a comercialização de vinhos da DOP Douro/Porto e quais as medidas protetivas em propriedade intelectual são utilizadas para inibir a prática. A metodologia utilizada foi a prospecção de registros de marcas, design e de indicações geográficas nos bancos de dados do INPI (PT), *WIPO* e *TMVIEW*, *DesignVIEW*. E a pesquisa documental, nos arquivos do IVDP, sobre os tipos de contrafações atuados na produção de vinhos. Os resultados obtidos demonstram que apesar de existir um órgão instituído como o IVDP, e constante vigilância, as contrafações são comuns no cotidiano da Indicação Geográfica Douro/Porto, e identificadas em várias partes do mundo. Salienta-se também que nem todas as medidas protetivas são utilizadas.

PALAVRAS-CHAVES: Propriedade Industrial, Contrafações; Vinhos do Douro.

PROTECTIVE MEASURES IN INTELLECTUAL PROPERTY OF WINES PRODUCED IN DOURO WINE REGION/PORTUGAL

ABSTRACT: The Douro Region-RDD/Portugal, was the first one to be recognized as a location of a notorious product, the Port wine. Marquês do Pombal, the founder, created the General Company of Agriculture of the Upper Douro Vineyards, thus resulting in a legal concept of demarcated region and protection of intellectual or industrial property. The region continues to be a reference in protection, which through legal mechanisms seeks to protect the Community trademark Douro / Porto in an international context. Counterfeiting in wine, for being a cost-effective and profitable product, has become a “good deal”. This study aims to identify the main counterfeits affecting the production and marketing of wines from the DouroDOP / Port and what protective measures to inhibit the practice are used. The methodology used was the prospection of trademark registrations, design, and geographical indications in the databases of the INPI data (PT), WIPO, and TMview, DesignView. And the documentary research in IVDP files on the types of counterfeits sued in wine production. The data shows that although the existence of an organ established as the IVDP, and constant vigilance, the counterfeits are common in daily Geographical Indication in Douro / Porto, and they are identified in various parts of the world. It is worth noting that not all protective measures are used.

KEYWORDS: Industrial Property, counterfeits, Douro wines.

1 | INTRODUÇÃO

A produção e a comercialização de vinhos estão atravessando um momento de valorização e aquecimento. O vinho sempre foi um produto sujeito a falsificações, principalmente em relação a procedência. A contrafação na Região Demarcada do Douro vem de longa data, desde os meados do século XVIII, sendo que os próprios produtores de vinho da referida área de abrangência, se viam envolvidos em fraudes. De acordo com Cardoso (2014, pg. 56 e 62), as fraudes se caracterizavam por violação das normas da região demarcada, no intuito inclusive de aumentar a produção para a exportação, por isso os produtores traziam vinhos de outras regiões, que se caracterizava como uma ilegalidade.

Consta que na antiguidade a utilização da identificação dos produtos por região, já era uma característica utilizada na demonstração de notoriedade. As indicações de locais, inicialmente foram utilizadas, para identificar a procedência dos vinhos, descrições destes locais são encontrados nos textos bíblicos tais como o vinho de “Samaria” (Reino de Israel); de “Carmelo” (El Karmal); de “Jezrael” (Zer’In), e o de “Helbon” (Damasco). Ainda, nos tempos antigos, os gregos também já identificavam a procedência dos produtos, para que estes fossem reconhecidos, inclusive vinhos tais como o Corinto e o Rhodes (Bromiley, 1995).

Na idade moderna, no ano de 1756, Marquês do Pombal primeiro-ministro da Coroa Portuguesa para proteger o Vinho do Porto, criou e agrupou os produtores em torno da Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro e posteriormente demarcou a Região do Douro, como a única região produtora. Com estas medidas, Marquês do Pombal,

queria proteger o vinho do Porto, que se tornou conhecido por suas qualidades, assim era alvo de contrafação (Brunch, 2009).

O Douro foi, com o alvará da instituição da Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro, em 10 de setembro de 1756, a primeira região vinícola demarcada e regulamentada do mundo. Uma rigorosa disciplina da produção e do comércio, do controle e da certificação, da proteção e da defesa da denominação de origem «Porto» tem distinguido o ordenamento jurídico português (Dec. Lei nº 173/2009).

Os objetivos eram claros, pois com esta medida pretendiam, assegurar a qualidade do produto evitando adulterações, equilibrando a produção e o comércio, e a estabilidade dos preços. Além de surgir a primeira área demarcada, surge ainda a figura da proteção da propriedade industrial denominada Indicação Geográfica.

O Instituto do Vinho do Porto e Douro (IVDP), órgão fiscalizador e controlador, tem como missão e responsabilidade manter o controle, certificação, promoção e defesa das denominações de origem “Porto” e “Douro”, e da Indicação Geográfica “Duriense”. Nas suas atribuições, o IVDP, mantém uma vigilância no que tange a falsificação de produtos colocados no mercado, com o intuito de iludir o consumidor, a adquirir um produto que não seja o legítimo vinho da DOC Porto, DOC Douro ou IG Duriense (IVDP, 2016).

A indicação geográfica é utilizada como ferramenta de desenvolvimento regional, principalmente na certificação de produtos alimentícios, mas tem no vinho o maior número de regiões demarcadas no mundo. A legislação reguladora das Indicações Geográficas a nível internacional tem como destaque os acordos da Convenção da União de Paris; o Acordo de Madrid; Acordo de Lisboa, e o anexo constitutivo da Organização Mundial do Comércio (OMC), o Acordo TRIPS.

Segundo a legislação anteriormente citada, as características específicas dos produtos ligados a determinada área geográfica, podem ser certificadas, especificamente na Legislação da Comunidade Europeia, como Denominação de Origem Protegida-DOP e a Indicação Geográfica Protegida-IGP. Onde:

A Denominação de Origem Protegida designa produtos alimentares inteiramente produzidos numa região determinada, graças a um saber reconhecido e com ingredientes da região, e cujas características estão ligadas à sua origem geográfica. E a Indicação Geográfica Protegida designa produtos alimentares cuja qualidade ou reputação está ligada a uma região, na qual se efetua, pelo menos, uma fase de produção.

Considera também a União Europeia, a Especialidade Tradicional Garantida-ETG, sendo que se destaca o carácter tradicional dos produtos quer seja a composição ou os meios de produção. Essa denominação é utilizada para produtos agrícolas ou gêneros alimentícios produzidos com matéria prima tradicionais, ou que utilizem métodos de produção ou composição tradicional (COM, 2008, p. 16).

A Comunidade Europeia utiliza o conceito de vinho de qualidade diretamente ligado as características atribuídas a sua origem geográfica. Os consumidores europeus conhecem a qualidade do vinho por denominações de origem protegidas e indicações geográficas protegidas, diferente de outros consumidores mundiais que caracterizam a qualidade pelas castas das uvas dos quais os vinhos foram produzidos (grifo nosso)

O presente trabalho tem como objetivos identificar as contrafações que afetam a produção e a comercialização de vinhos da DOP Douro/Porto e quais as medidas protetivas em propriedade intelectual/industrial que são utilizadas. A metodologia utilizada para elaborar o trabalho foi a busca de registro de marcas e design realizada nos sites da *WIPO*, *INPI/PT*, *TMVIEW*, *DesignVIEW* e análise documental nos registros do IVDP.

2 I CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO/PORTO

A Região Norte de Portugal, onde está localizada a Região Demarcada do Douro, apresenta como características naturais um relevo montanhoso, com um solo preponderantemente composto por rochas de xisto. Conta com apenas 18,2% de seu território apropriado para a produção de videira.

Conforme Siqueira (2014) é uma região muito antiga na produção do vinho, e o clima é influenciado pelas frentes frias que se formam no oceano e entram no continente durante o ano, e que juntos proporcionam as condições edafoclimáticas únicas para o cultivo da uva e a produção do vinho do Porto, um vinho eleito por muitos apreciadores como o melhor do mundo (Siqueira, 2014). Corroborando Godoi (2016) coloca que “as múltiplas situações orográficas e edafoclimáticas que caracterizam a RDD proporcionam a elaboração de distintos tipos de vinho e de diferentes graus qualitativos, podendo ser elaborados desde os Vinhos do Porto tintos e brancos aos DOC Douro tintos e brancos, aos moscatéis e aos espumantes”.

No preâmbulo do Dec. Lei nº 173/2009, há menção de que a denominação de vinho do Porto, como região demarcada, é utilizada desde 1619, e em 1699, há referências para a designação de “*Wine Port*”, e Porto como marca em 1713. As exportações eram realizadas como vinho do Porto nos meados do século XVII. A região tem uma área de abrangência de 247.420 hectares. Os municípios de Peso da Régua e Pinhão são os principais produtores do Vinho do Porto.

3 | CONTEXTUALIZAÇÃO E RESULTADOS

3.1 Medidas Protetivas

Dentre as medidas protetivas para os vinhos produzidos na região do Douro, a primeira é a de indicação geográfica (IGs), ou seja, a Denominação de Origem Vinho do Douro e Porto e Indicação Geográfica Duriense. Quem faz o gerenciamento e o controle da qualidade e quantidade, e a respectiva emissão dos selos que identificam e certificam o vinho produzido na Região é o Instituto do Instituto dos Vinhos do Douro e Porto (IVDP), sendo uma organização do setor público. Com intuito de proteção do vinho produzido na região em outros países, segundo o IVDP, ele está protegido em 160 países, através do registro dos termos Port e Porto.

3.1.1 Selos de garantia da região

O mecanismo de proteção anti-contrafação (INPI, 2015) visível nas indicações geográficas, é o selo de certificação. Em algumas IGs é possível, como no caso do vinho do Porto e Douro, o acesso ao site para verificar se o selo realmente é legítimo. O selo é distribuído pela Entidade Certificadora, IVDP, após a análise das características e registros dos vinhos produzidos na IG. “Os produtos comercializados com as Denominações Douro e Porto, assim como os comercializados com a Indicação Geográfica Duriense, têm que exibir nos recipientes o respectivo selo de garantia ou cápsula/selo, aprovados e emitidos pelo IVDP. Os selos de garantia são numerados sequencialmente, para permitirem um adequado controlo de utilização”. (IVDP, 2016)

3.1.2 Design de Garrafas

O design serve para diferenciar os produtos, nos casos dos vinhos, o formato da garrafa se torna um diferencial. Na pesquisa de design de garrafas a opção foi pela base de dados da WIPO, por ser de maior abrangência. Neste banco de dados, foi encontrado somente um registro de design para a Resultados: denominação “*wine bottle* Porto”, solicitado pela Sociedade Quinta do Portal (24.03.1998) sendo que a mesma caducou (07.10.2009), e tinha a seguinte descrição no desenho ou modelo: “Garrafa de vinho do Porto possuindo em relevo logo abaixo do gargalo um portal aberto com quatro pipas na parte da frente e na parte de trás um portal fechado com seis pipas”(WIPO, 2016). E com o termo *Wine Bottle* Douro, não foi encontrado nenhum registro.

Na figura 2, podem ser visualizados os designs das garrafas utilizadas para o engarrafamento do vinho do Porto de 1708 a 1812.

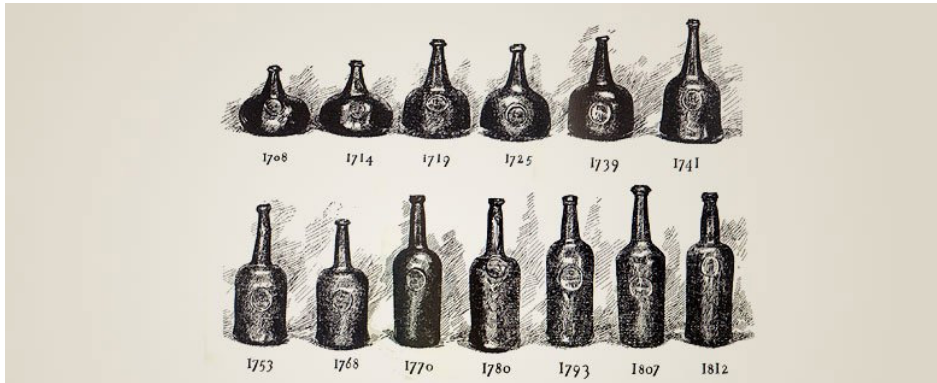


Figura 2: Design da garrafa do vinho do Porto (1708 a 1812)

Fonte: <https://historiaschistoria.blogspot.com/2015/10/a-regiao-demarcada-do-douro.html>

Atualmente os designs das garrafas utilizadas para o engarrafamento do vinho estão representadas na Figura 3, abaixo:



Figura 3-Selo de certificação e Design atual das Garrafas

Fonte: Museu do Douro (2016)

3.1.3 Marcas

O resultado em relação a busca de registro de marcas, realizada nos bancos de dados foram encontrados os seguintes resultados:

- No INPI-PT (2016), com o termo “vinhos do Porto”, e código 33, foram encontradas 781 marcas, registradas, sendo que 706 como marcas nacionais e 75 como marcas comunitárias. O registro mais antigo de marca, data de 1895, *Delaforce*, mas consta como uma marca que caducou o seu registro.

- No WIPO (2016), com os termos *Wine and Port*, foram encontradas 27 marcas registradas. A pesquisa com o termo Vinho do Porto, código 33, foram encontrados registros de 262 marcas. Com o termo vinhos do Douro, foram encontrados 115 registros. Com o termo “vinhos Duriense” não foram encontradas marcas registradas.

3.1.4 Cultivares de videiras

Uma outra característica de proteção em PI dos vinhos tem a ver com as cultivares de videira (*vitis vinífera*) que no Douro modela o espaço e transfigura as encostas durienses. Ao longo de milénios foram sendo cruzadas vários tipos de videiras, originando, no caso do Douro, mais de uma centena de castas para produção vínica. Uma herança genética atávica que confere à Região Demarcada do Douro um elemento distintivo. As principais variedades de uvas são: Touriga Nacional e Tinta Roriz, porém existem outras tantas castas permitidas (GODOI, 2016).

3.2 Contrafações

Mesmo com todas as medidas protetivas de propriedade industrial, o IVDP, identificou contrafações em diversos países do mundo, principalmente em relação ao vinho do Porto por ser o mais conhecido e apreciado vinho licoroso do mundo.

O IVDP, possui um setor jurídico que realiza os procedimentos de proteção, a nível nacional e internacional dos vinhos da Região Demarcada do Douro, e acompanha o registro das marcas e reclamações contra pedidos de registro ou de proteção em conflito com marcas registradas. Nos últimos anos, o Instituto do Vinho do Douro e Porto, identificou várias falsificações dos vinhos DO Douro e Porto, conforme quadro abaixo:

País	Marcar
Austrália	Dutschke - Barossa Valley
Bélgica	Porte d’Or; Puerto Casal; Puerto Gallero
Croácia	Porto
Espanha	Puerto Alegre; Puertopablo
Estados Unidos	Vintage Port (Paso Robles); Porto Wine Vinegar
França	Puertopablo

Holanda	Porte Noir; Portly Ruby; lcy Pink (Oportho)
Moldávia	Port Wein Rose; Port Wein White
Polónia	Porto Fino
Portugal	Porte d' Honneur
Turquia	Porto K. S. S.

Quadro 1: Relação de Países e Marcas de Vinhos Falsificados
Fonte: Adaptado do IVDP-Instituto do Vinho do Douro e Porto (2020)

Segundo o IVDP (2016), os países listados no quadro 1, não protegem ou reconhecem as denominações de origem ou indicações geográficas como instrumento de propriedade intelectual.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fraudes (contrafações) identificadas pelo IVDP demonstram que apesar de existir um órgão instituído para promover a proteção e controle dos vinhos produzidos na RDD, as contrafações são uma constante no cotidiano da DOP Douro/Porto e são identificadas em várias partes do mundo.

Em relação aos registros de marcas foram encontrados um número significativo, cujo estudo deve ser aprofundado através da verificação da validade destas marcas e o cruzamento com as empresas associadas ao IVDP. Em supermercados e revenda de vinhos encontram-se diferentes designs de garrafas, mas estas não estão registradas em nenhum banco de dados de registros.

O INPI (2016) reforça e aconselha que as empresas protejam suas marcas e produtos, ou seja, mantenham-se vigilantes nos registros que ferem os direitos de propriedade intelectual; identifiquem as marcas, patentes ou desenhos com os símbolos ®, Pat.n.º, DM n.º; usem dispositivos de *technological enforcement*, tais como hologramas, fitas magnéticas, etc.; e procedam a vigilância das cadeias de distribuição dos seus produtos.

No rótulo de uma garrafa de vinho encontram-se as informações de quais são as medidas de proteção em propriedade intelectual/industrial, ou seja, o selo certificação por indicação geográfica, a marca e ainda o design. No entanto o design não é utilizado como medida protetiva, de acordo com os dados da pesquisa, mas seria um diferencial.

REFERÊNCIAS

Bromiley, Geoffrey W. (1995). **The International Standard Bible Encyclopedia**. Eerdmans. Vol 4. Chicago, USA.

BRUCH, Kelly Lissandra; COPETTI, Michelle; FÁVERO, Klenize Chagas (2009, p.70-113). **Diferenças entre indicações geográficas e outros sinais distintivos**. In: PIMENTEL, Luiz Otávio (Org.). Curso de propriedade intelectual & inovação no agronegócio: Módulo 2, Indicação Geográfica. Brasília/ Florianópolis: MAPA/SEaD-UFSC/FAPEU.

CARDOSO, Antônio B. (2014). **Douro: Wine, History and Heritage**. APHVIN/GEHVID.

Godoi, Andreia B. Boas Práticas Vitícolas Região Demarcada do Douro. Disponível em: <https://silo.tips/download/manual-de-boas-praticas-vitcolas-regiao-demarcada-do-douro-22-caracterizaaao-geo> Acesso em ago.2020

INPI/PT-Instituto Nacional de Propriedade Industrial-Portugal. (2016). **Marcas, Design e Patentes**. Disponível em: <http://www.marcasepatentes.pt>

WIPO-World Intellectual Property Organization (2016). **Busca de Marcas, Design e Patentes**. Disponível em : <https://patentscope.wipo.int/search/pt/result.jsf> Acesso em ago.2020

Sites consultados:

<https://www.tmdn.org/tmview/welcome>.

<http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/16>

<https://historiaschistoria.blogspot.com/2015/10/a-regiao-demarcada-do-douro.html>

<https://www.sjpesqueira.pt/pages/1332>

GERAÇÃO DE PLANTAS DE VALORES GENÉRICOS COM APLICAÇÃO DE REGRESSÃO GEOGRAFICAMENTE PONDERADA

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 20/10/2020

Carlos Augusto Zilli

Instituto Federal de Santa Catarina
Tubarão - Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7617641681243206>

Luiz Fernando Palin Droubi

Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/5150615628956067>

Murilo Damian Ribeiro

Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/7686016584381407>

Norberto Hochheim

Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3490351932905667>

RESUMO: O uso da planta de valores genéricos (PVG) para fins de tributação imobiliária é uma eficiente ferramenta que os municípios dispõem para formação da base de cálculo do imposto predial e territorial urbano (IPTU). Essa base de cálculo é obtida, em geral, por meio de processos de avaliação em massa de imóveis. Nesse processo, um desafio comum é encontrar um modelo capaz de tratar adequadamente os habituais efeitos espaciais. Para tanto, este estudo investiga a aplicação da regressão geograficamente ponderada (GWR) na avaliação

em massa de imóveis urbanos, comparando seus resultados com os obtidos pela regressão clássica (OLS). O estudo contou com 118 dados de apartamentos dos bairros Trindade e Agrônômica, em Florianópolis/SC, dos quais 100 foram utilizados para gerar os modelos e 18 para validá-los. Os valores preditos pelas modelagens foram utilizados de forma combinada com o interpolador de krigagem para gerar uma PVG representativa da área em estudo. Os resultados mostraram superioridade da modelagem GWR em todos os indicadores de qualidade e desempenho, com previsões muito mais precisas, demonstrando ser essa uma alternativa viável para geração da base de cálculo do IPTU, possibilitando, assim, uma tributação mais justa e equânime, pilares basilares para que se alcance justiça fiscal.

PALAVRAS-CHAVE: Regressão Geograficamente Ponderada (GWR), Planta de Valores Genéricos (PVG), Economia Imobiliária, Engenharia de Avaliação de Imóveis, Econometria Espacial.

GENERATION OF PROPERTY VALUE MAPS WITH THE APPLICATION OF GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION

ABSTRACT: The use of the Property Value Map (PVG) for real estate taxation purposes is an efficient tool that municipalities can use as the calculation base to establish the Brazilian property tax (IPTU). This calculation base is generally obtained through mass valuation processes of real estate. A common challenge in this process is finding a model capable of adequately treating

the usual spatial effects. To this end, this study investigates the application of geographically weighted regression (GWR) in the mass evaluation of urban real estate, comparing its results with those obtained with classical regression (OLS). The study could count on 118 data points from apartments in the Trindade and Agronômica neighborhoods in Florianópolis/SC, of which 100 were used to generate the models and 18 to validate them. The values predicted by the models were used in combination with the kriging interpolation to generate a property value map representative of the area under study. The results showed the superiority of the GWR modeling in all quality and performance indicators, with much more accurate predictions, revealing it to be a viable alternative for the generation of the calculation base of the IPTU tax, thus enabling a fairer and more equitable taxation, basic pillars for achieving fiscal justice.

KEYWORDS: Geographically Weighted Regression (GWR), Property Value Map (PVG), Real Estate Economics, Real Estate Valuation Engineering, Spatial Econometrics.

1 | INTRODUÇÃO

O Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) é uma importante fonte de arrecadação de recursos financeiros destinados à gestão urbana dos municípios brasileiros. Segundo a IMF (2017), no Brasil, os indicadores de arrecadação do IPTU têm variado entre 0,40% e 0,45% do PIB desde o ano de 2000. Em 2016 as receitas do IPTU atingiram 0,50% do PIB, colocando o país na frente do México (0,2%) e da Argentina (0,4%), porém atrás da Colômbia (0,8%) e da África do Sul (1,3%).

Conforme a Constituição Federal (1988), o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) é um imposto de competência dos municípios e do Distrito Federal, incidente sobre a propriedade de imóveis localizados dentro das áreas urbanas. O IPTU é determinado a partir do valor venal da propriedade, podendo ter alíquotas diferenciadas, de acordo com a localização e utilização do imóvel.

Em geral, a diferença entre o valor de mercado dos imóveis e os valores venais que constam nas plantas de valores genéricos (PVG's) dos municípios apresenta discrepâncias significativas. Essas discrepâncias se dão em decorrência da desatualização desse produto cartográfico na grande maioria das prefeituras brasileiras, impedindo a implantação de uma política tributária com justiça fiscal.

O valor venal dos imóveis, que serve como base de cálculo para o IPTU, precisa ser corretamente determinado e, periodicamente, atualizado, por meio de sistemas de avaliação em massa de imóveis. Entretanto, se esses sistemas são falhos, a base de cálculo do IPTU torna-se deteriorada e os contribuintes acabam tendo diferentes níveis de tributação efetiva, causando inequidade.

Concomitante a isso, segundo Liporoni (2013), a avaliação em massa tem como objetivo a determinação, em larga escala, dos valores de imóveis, de forma a manter justa proporcionalidade desses valores entre si, em face da sua localização e das características específicas dos bens imóveis.

Entre as técnicas comumente empregadas para a avaliação em massa, está a regressão linear múltipla por mínimos quadrados (OLS). Contudo, tem-se verificado a necessidade de se incorporar variáveis de localização nos modelos com o objetivo de se modelar os chamados efeitos espaciais.

Conforme Dantas (2003), o tratamento incompleto ou inadequado dos efeitos espaciais pode gerar sérios problemas de estimação do modelo, pois, na presença de dependência espacial nos resíduos, os parâmetros estimados são ineficientes e, nesse caso, os testes de significância e os intervalos de confiança inferidos não são mais válidos e as decisões são enganosas.

Em relação a essas técnicas que incorporam efeitos espaciais na geração de modelos de avaliação, está a Regressão Geograficamente Ponderada - *Geographically Weighted Regression* (GWR) - que possibilita o ajuste de um modelo de regressão para cada ponto do conjunto de dados, ponderando, dessa forma, todas as demais observações, como função da distância ao respectivo ponto.

O modelo de regressão geograficamente ponderada (GWR) é útil para modelar os chamados processos heterogêneos (não estacionários) espacialmente, ou seja, processos que variam de região para região, fazendo com que a modelagem da tendência espacial ocorra de forma contínua, com parâmetros variando no espaço.

Dessa forma, ao se utilizar a modelagem GWR, tem-se como vantagem a possibilidade de variação dos parâmetros do modelo conforme a sua localização geográfica, ao passo que um modelo de regressão espacial global pode não representar adequadamente as variações locais.

Frente a esse cenário, este trabalho se propõe a aplicar a técnica de modelagem GWR no tratamento dos efeitos decorrentes da dependência e heterogeneidade espaciais, visando a obtenção de modelos mais eficientes e precisos, que considerem os efeitos espaciais presentes nos dados.

Sendo assim, objetiva-se investigar como se dá o processo de avaliação em massa de imóveis utilizando modelagem GWR para a geração de uma superfície de valores unitários homogeneizados de apartamentos, abrangendo os bairros Trindade e Agrônômica, em Florianópolis (SC).

Como base de dados para essa pesquisa, utilizou-se 118 dados de mercado referentes aos bairros Agrônômicos e Trindade, coletados entre março e abril de 2020, disponíveis em Zilli (2020), bem como se realizou a modelagem por meio das regressões clássica (OLS) e geograficamente ponderada (GWR). Os resultados foram avaliados na qualidade e no desempenho das predições.

Então, a motivação e a justificativa para o desenvolvimento deste trabalho decorrem da necessidade premente de se ter um método mais preciso e, ao mesmo tempo justo, de avaliação em massa de imóveis para fins fiscais. Com o desenvolvimento desse estudo, pretende-se gerar conhecimentos que contribuirão para a solução de problemas

relacionados à avaliação em massa de imóveis, como, por exemplo, a geração de plantas de valores genéricos (PVG's) para prefeituras.

2 I AVALIAÇÃO EM MASSA E PLANTA DE VALORES GENÉRICOS

Conforme Cesare (2012), a avaliação em massa de imóveis consiste no desenvolvimento de modelos genéricos, originados com base em uma amostra de dados, os quais são aplicados levando-se em conta as informações cadastrais. Esses modelos devem ser construídos com base em métodos normatizados e análises estatísticas capazes de estimar com acurácia o valor dos bens.

Liporoni (2013) ensina que, após a coleta de uma amostra representativa da região, deve-se identificar as variáveis influenciadoras e estabelecer a situação paradigma da região para, desta forma, fazer o tratamento da amostra coletada e, então, realizar a análise das características observadas.

Nesse sentido, a avaliação em massa consiste em determinar os valores de todos os imóveis de uma região ou município, sendo que uma importante aplicação das avaliações em massa de imóveis é na tributação imobiliária, por meio dos valores constantes na planta de valores genéricos (PVG). Uma PVG expressa o termo genérico aplicado ao tipo de valor a que esse instrumento fiscal faz referência.

Conforme Liporoni (2013), a PVG é parte integrante e básica do sistema de informações do cadastro municipal e, juntamente ao cadastro imobiliário, forma a base de cálculo do IPTU e do ITBI. Assim, a planta de valores genéricos (PVG) é a representação gráfica ou listagem dos valores genéricos do metro quadrado de terreno ou do imóvel em uma mesma data (NBR 14.653-2, 2011).

Nesse sentido, a principal função da planta de valores genéricos é permitir a definição de uma política de tributação imobiliária que seja, acima de tudo, justa e equânime. Assim, o processo de avaliação de imóveis para elaboração de uma PVG exige a compreensão das características básicas da população de imóveis da cidade, de modo que o modelo adotado permita a avaliação de todos eles, salvo exceções, pois, ao final, deve-se obter o valor individual de cada um dos imóveis.

Para se analisar o desempenho de uma avaliação em massa, utilizada para a geração de PVGs, sugere-se verificar se esta cumpre as condições da *International Association of Assessing Officers* (IAAO, 2013). O desempenho das avaliações em massa consiste em se comparar os valores obtidos na avaliação com os valores praticados no mercado, ou seja, o valor de mercado dos imóveis.

Os parâmetros de desempenho das avaliações em massa recomendados pela norma IAAO (2013) são:

1. Mediana das Razões de Avaliação (Med R): É uma medida de desempenho global e, para seu cálculo, dada uma observação i cujo preço de venda é P_v e cujo valor

calculado pelo modelo é P_c , chama-se razão de avaliação (R_i) o quociente P_c/P_v . Toma-se, então, a mediana de todos R_{i_s} .

2. Coeficiente de Dispersão da Mediana (COD): É o desvio médio expresso em termos percentuais do nível em que cada propriedade foi avaliada em relação à mediana do valor avaliado dividido pelo valor de mercado. O coeficiente mede a variabilidade (grau de uniformidade) das avaliações.

3. Diferencial Relativo ao Preço (PRD): É um indicador utilizado para medir a equidade vertical da avaliação e serve para se verificar diferenças sistemáticas na forma que são avaliados os imóveis de valores mais altos e os imóveis de valores mais baixos. Para se obter o diferencial relativo ao preço, deve-se dividir a média das razões de avaliação pela média ponderada das razões de avaliação.

Na Tabela 1 são apresentados os limites recomendados pela IAAO para as avaliações em massa.

Indicador	Recomendação
Mediana das Razões de Avaliação (Med R)	$0,90 < \text{Med R} < 1,10$
Coeficiente de Dispersão da Mediana (COD)	$\text{COD} \leq 15\%$
Diferencial Relativo ao Preço (PRD)	$0,98 \leq \text{PRD} \leq 1,03$

Tabela 1 - Limites recomendados pela IAAO para os parâmetros de avaliação em massa.

Fonte: International Association of Assessing Officers (IAAO, 2013).

Os parâmetros da Tabela 1 são definidos para imóveis tipo apartamento, em zonas urbanas e heterogêneas. É desejável que a avaliação em massa apresente parâmetros calculados dentro dos limites estabelecidos pela *International Association of Assessing Officers* (IAAO).

3 | REGRESSÃO GEOGRÁFICAMENTE PONDERADA

O modelo de regressão geograficamente ponderada (RGP), em inglês *geographically weighted regression* (GWR), foi proposto por Brunson, Fotheringham e Charlton (1996) como um método para modelar a não estacionaridade (heterogeneidade) espacial, condição na qual a adoção de um modelo de regressão espacial global não conseguiria explicar de maneira adequada as relações existentes entre algumas variáveis definidas em determinada região geográfica.

Nesse sentido, a ideia básica da GWR é ajustar um modelo de regressão para cada ponto do conjunto de dados, ponderando todas as demais observações como função da distância a este ponto. Isso corresponde a considerar que observações mais próximas ao ponto em estudo tenham maior influência nos parâmetros estimados da regressão do que observações mais distantes.

Pelo modelo clássico de regressão linear não-espacial em que a variável explicada y é representada como uma combinação linear de variáveis explicativas x_j , pode-se obter a estimativa de y para um ponto i a partir da equação de regressão dada pela equação (1).

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j \cdot x_{ij} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Onde, ε_i é o erro relacionado a i -ésima observação;

y_i é a i -ésima observação da variável resposta, com $i = 1, \dots, n$;

x_{ij} é a j -ésima variável preditora para i -ésima observação, com $j = 1, \dots, p$.

Esse modelo assume que os coeficientes da relação linear entre a variável explicada e as variáveis explicativas são constantes, independente da posição geográfica. Segundo Fotheringham et al. (1998), a modelagem GWR consiste numa técnica simples de extensão da regressão convencional, permitindo que parâmetros locais, em vez de globais, sejam estimados. Sendo assim, dado um modelo clássico de regressão linear não-espacial, a expressão equivalente GWR é dada por (2).

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^p \beta_j(u_i, v_i) \cdot x_{ij} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Onde, (u_i, v_i) é a posição coordenada do i -ésimo ponto no espaço;

$\beta_j(u_i, v_i)$ é o resultado da função contínua dada pelo ponto i .

No modelo, $(y_i | x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ são observações da variável resposta y de variáveis explicativas $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$, no local (u_i, v_i) da região geográfica estudada e $\beta_j(u_i, v_i)$ ($j = 1, 2, \dots, p$) são p funções de posições geográficas, desconhecidos. Os $\beta_j(u_i, v_i)$ são estimados localmente em cada posição (u_i, v_i) pelo procedimento dos mínimos quadrados ponderados, no qual são utilizados alguns pesos de decaimento em função da distância. Como no modelo clássico de regressão, na modelagem GWR o termo de erro aleatório também segue a distribuição normal, com média zero e variância constante.

3.1 Funções de Ponderação Espacial

O modelo de regressão geograficamente ponderada (GWR) considera uma ponderação geográfica na estimação dos parâmetros do modelo, em que cada observação da amostra é ponderada em função da sua distância para o ponto base da regressão. Nesse caso, as observações mais próximas possuem um peso maior, ao passo que as observações mais distantes, possuem um peso menor.

Na modelagem GWR, o parâmetro b representa a largura de banda (*bandwidth*), parâmetro que controla a variância da função de ponderação (*kernel*) e determina o decaimento do peso em função da distância. Ele pode ser fixo ou variar espacialmente de acordo com a disposição dos dados.

Nesse caso do modelo GWR, a ponderação é feita pela função *kernel* espacial. De forma prática, o *kernel* usa a distância (d_{ij}) entre dois pontos geográficos representando duas regiões, e um parâmetro de largura de banda (β), para determinar um peso (w_{ij}) entre essas duas regiões, que é inversamente relacionado à distância geográfica.

Em geral, as duas principais funções de ponderações encontradas na literatura são as funções Gaussiana (em inglês, *Gaussian*) e Biquadrática (em inglês, *Bisquare*), conforme Tabela 2.

Função de Ponderação	Equação da Função de Ponderação	
(1) Gaussiana Fixa	$w_{ij} = \exp[-(d_{ij} / \beta)^2]$,	$j = 1, 2, \dots, n.$
(2) Gaussiana Variável	$w_{ij} = \exp[-(d_{ij} / \beta_{i(k)})^2]$,	$j = 1, 2, \dots, n.$
(3) Biquadrática Fixa	$w_{ij} = \begin{cases} [1 - (d_{ij} / \beta)^2]^2, & \text{se } d_{ij} \leq \beta \\ 0, & \text{se } d_{ij} > \beta \end{cases}$	$j = 1, 2, \dots, n.$
(4) Biquadrática Variável	$w_{ij} = \begin{cases} [1 - (d_{ij} / \beta_{i(k)})^2]^2, & \text{se } d_{ij} \leq \beta \\ 0, & \text{se } d_{ij} > \beta \end{cases}$	$j = 1, 2, \dots, n.$

Tabela 2 - Funções de Ponderação ou Kernels

Fonte: Adaptado de Mei et al. (2004).

Nas funções, o parâmetro d_{ij} refere-se à distância entre o ponto de regressão i e a observação j , o parâmetro β refere-se à suavização fixa, e o parâmetro $\beta_{i(k)}$ refere-se à suavização variável, com o índice k representando o número de vizinhos mais próximos do ponto i .

4 | ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODO

Esta pesquisa tem como área de estudo os bairros Agrônômica e Trindade, no município de Florianópolis (SC), conforme Figura 2. A Agrônômica é considerada um bairro nobre na região de Florianópolis, ostentando imóveis relativamente novos e de alto padrão. A Avenida Beira Mar, que concentra alguns dos apartamentos mais caros de Florianópolis, estende-se até parte da Agrônômica. A Trindade é considerada um bairro universitário por sediar o principal campus da Universidade Federal de Santa Catarina; neste bairro, em geral, são encontrados os imóveis mais antigos.



Figura 2 – Localização dos bairros Agronômica e Trindade em Florianópolis/SC. Fonte: Autores (2020).

Como material para essa pesquisa, utilizou-se dados de mercado coletados entre março e abril de 2020. Os dados foram tratados no Infer 32, para modelagem da regressão clássica; GWR4, para modelagem GWR; Excel 2010, para cálculos e tabulação dos dados; R 3.5.3, para geração dos gráficos e realização de testes; e Surfer 15 para modelagem das superfícies de valores unitários.

Para pesquisa, foram utilizados 118 dados de mercado, dos quais 100 foram usados como amostra de trabalho e 18 como amostra de validação, com o objetivo de analisar o desempenho das modelagens. Todos os dados estão presentes em Zilli (2020) e podem ser vistos na Figura 3.



Figura 3 – Espacialização dos dados de mercado utilizados neste estudo.

Fonte: Autores (2020).

Na Figura 03, os pontos amarelos representam os 100 dados de mercado da amostra de trabalho e os quadrados em vermelho representam os 18 dados da amostra de validação. O triângulo em azul (UFSC), e a linha em azul (Avenida Beira Mar), representam supostos polos de valorização.

Para este estudo, foram consideradas as variáveis valor unitário (VU), em R\$/m²; área privativa (AP), em m²; distância à Avenida Beira Mar (DBM) e à Universidade Federal (DUF), em metros; número de dormitórios (ND) e de vagas de garagens (NG), em unidades; existência de piscina (PS), dicotômica de códigos 0 e 1; e padrão (PC), de códigos alocados do padrão baixo (1) ao alto (3).

Na Figura 4, é apresentada a sequência de etapas metodológicas realizadas neste estudo para se atingir o objetivo proposto. Em seguida, é descrito brevemente cada uma dessas etapas propostas.

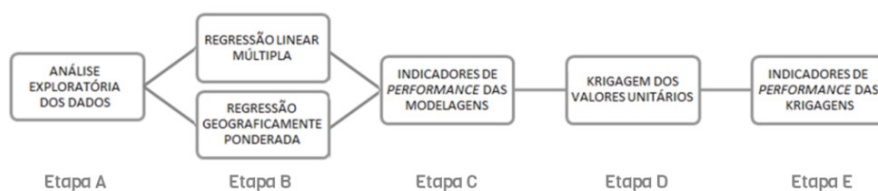


Figura 4 – Etapas metodológicas realizadas neste estudo.

Fonte: Autores (2020).

Etapa A - Realizou-se a análise exploratória dos dados, com o objetivo de conhecê-los e verificar como se dá a relação das variáveis explicativas entre si e destas com a variável explicada VU. Fez-se uma análise dos diagramas de dispersão, a plotagem dos histogramas de frequências, a verificação de possíveis transformações nas variáveis, por meio de diagramas *Box-Cox* e testes de significância e de correlação, com o objetivo de verificar variáveis relevantes para a formação dos valores dos imóveis.

Etapa B (OLS) - Fez-se a modelagem dos dados, buscando estimar a melhor equação de regressão pelo método dos mínimos quadrados (OLS), utilizando como ferramenta o *software* Infer 32. Foram testadas transformações nas variáveis em estudo, de modo que o modelo de regressão escolhido fosse o melhor dentre os possíveis e que não violasse os pressupostos básicos da regressão clássica.

Etapa B (GWR) - Realizou-se a modelagem por regressão geograficamente ponderada (GWR). Inicialmente, definiu-se que o critério de seleção do modelo seria aquele que apresentaria o menor valor no Critério de Informação de Akaike (AIC). Utilizou-se o *software* GWR4 para modelagem dos dados e testou-se, para todos os 4 tipos de função de ponderação (gaussiano fixo e variável, biquadrático fixo e variável), as mais

diversas larguras de banda, por meio da função “*Golden Section Search*”, que busca a melhor largura de banda por intermédio de critérios definidos pelo usuário.

Etapa C - A *performance* das modelagens foi verificada por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC), log Likelihood (LLK), desvio padrão e coeficiente de determinação (R^2). Fez-se, também, o gráfico de predição e o cálculo da raiz do erro quadrático médio (RMSE) e do erro relativo das modelagens ($ERRO_{REL}$). Calculou-se, ainda, a mediana das razões de avaliação (Med R), o coeficiente de dispersão (COD) e o diferencial relativo ao preço (PRD).

Etapa D - Nesta etapa, construiu-se as plantas de valores genéricos da área em estudo. Definiu-se o imóvel paradigma, seguido pela homogeneização dos valores preditos por cada uma das modelagens. Realizada a homogeneização, buscou-se construir o semivariograma experimental e, por meio do *software R 3.5.3*, calculou-se os parâmetros de alcance, efeito pepita e contribuição. Para construção das superfícies, utilizou-se o *software Surfer 15*. Realizou-se, portanto, a krigagem ordinária dos valores homogeneizados preditos por cada modelo de regressão, com base no semivariograma.

Etapa E - Como última etapa, verificou-se a *performance* das krigagens realizadas. Essa verificação foi realizada por meio do cálculo do RMSE e pelo valor dos parâmetros da IAAO (2013): mediana das razões de avaliação (Med R), coeficiente de dispersão (COD) e diferencial relativo ao preço (PRD).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se a análise exploratória dos dados e, na sequência, a modelagem global (OLS) e local (GWR) dos dados. Verificou-se, então, a *performance* das modelagens. Por fim, realizou-se a krigagem para geração das PVG's, finalizando com a análise do desempenho das interpolações.

5.1 Análise exploratória dos dados

A análise exploratória dos dados foi realizada tanto na variável explicada quanto nas variáveis explicativas, utilizando como ferramentas estatísticas os gráficos de transformação *Box-Cox*, dispersão, momentos, correlações e histogramas. Na Figura 5, podem-se ver os histogramas de frequência para a variável dependente VU em escala normal e transformada em logarítmica.

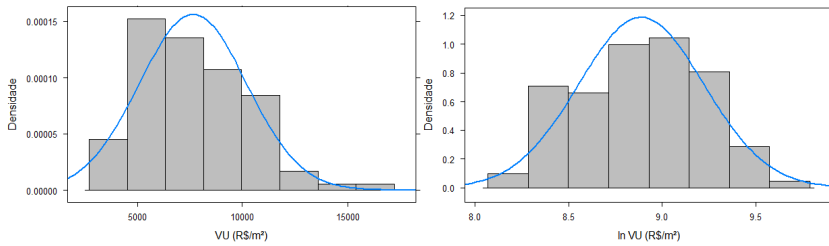


Figura 5 – Histogramas de frequências da variável valor unitário (VU e ln VU).

Fonte: Autores (2020).

Pode-se verificar que na escala original (VU) os dados apresentavam leve padrão de assimetria positiva com curva platicúrtica, com os dados assimétricos para direita. Já, quando a variável valor unitário passa pela transformação logarítmica (ln VU), há uma correção, resultando em uma curva de assimetria levemente negativa e platicúrtica, com a função de distribuição mais achatada.

Com o objetivo de confirmar se essa transformação se mostraria adequada ao conjunto de dados coletados, realizou-se uma análise gráfica *Box e Cox*. O valor do parâmetro lambda definirá qual a transformação mais adequada para a variável em análise, sendo que, para valores positivos, tem-se $\ln y$ se $\lambda = 0$, $y^{0,5}$ se $\lambda = 0,5$, y se $\lambda = 1,0$ e y^2 se $\lambda = 2,0$. O gráfico *Box-Cox* é apresentado na Figura 6.

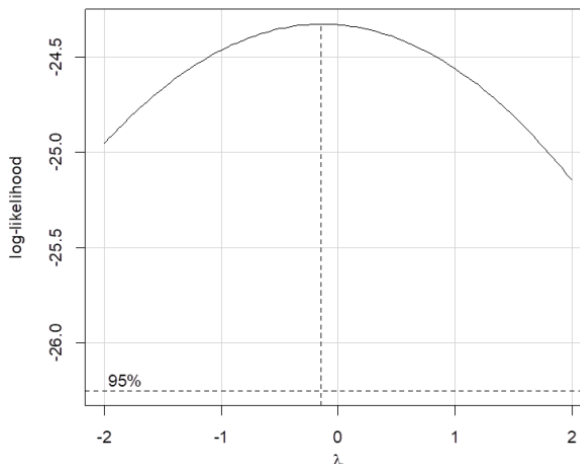


Figura 6 – Diagrama Cox-Box para variável valor unitário (VU).

Fonte: Autores (2020).

A Figura 6 indica, ainda, um intervalo de confiança de 95% para o valor de λ e percebe-se que o 0 está contido neste intervalo, confirmando que a transformação ln (VU) é a adequada para os dados.

Segundo Dantas (2012), a transformação logarítmica é a preferida quando se procura ajustar modelos a dados de valores imobiliários. Sendo assim, adotou-se a transformação logaritmo natural na variável valor unitário (ln VU) para modelagem dos dados por regressão linear múltipla (OLS).

5.2 Modelo de regressão linear múltipla (OLS)

Para se conseguir o melhor modelo OLS, que pudesse explicar o mercado imobiliário de forma mais fidedigna possível, realizou-se diversas simulações, com diversas transformações nas variáveis independentes e, após excluir dois dados da amostra de trabalho, obteve-se um modelo que não violava nenhum dos pressupostos básicos da regressão clássica. O modelo é apresentado em (3):

$$\ln(VU) = \beta_0 + \beta_1 \times 1/(AP) + \beta_2 \times \ln(DBM) + \beta_3 \times \ln(DUF) + \beta_4 \times (ND) + \beta_5 \times (NG) + \beta_6 \times (PS) + \beta_7 \times (PC) \quad (3)$$

Realizou-se transformação inversa na variável área privativa (AP) e logarítmica nas variáveis distância à Avenida Beira Mar (DBM) e distância à UFSC (DUF), sendo que as demais variáveis permaneceram na escala original. Realizou-se o teste Reset de especificação e, caso a hipótese nula seja rejeitada, então o modelo está mal especificado. Os resultados mostraram $Reset = 2,7036$ e $p\text{-valor} = 0,5582$, o que indica que esse modelo não apresenta problemas de especificação.

Na Tabela 3, pode-se observar o valor dos coeficientes, do erro padrão, do t calculado e da significância de cada um dos regressores do modelo. Todos se mostraram significativos ao nível de 10,0%, atendendo a situação mais desfavorável da NBR 14.653-2 (2011).

<i>Variável</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Estatística t</i>	<i>Significância</i>
Intercepto	9,85400	0,61931	15,91130	0,00000
1/AP	32,37922	5,33812	6,06566	0,00000
ln (DBM)	- 0,18326	0,03759	4,87528	0,00000
ln (DUF)	- 0,15562	0,05261	2,95795	0,00396
ND	0,06441	0,02779	2,31769	0,02273
NG	0,16172	0,02951	5,48051	0,00000
PN	0,12217	0,04071	3,00112	0,00348
PC	0,22602	0,02240	10,09234	0,00000

Tabela 3 - Estatísticas relativas aos parâmetros do modelo OLS.

Fonte: Autores (2020).

Os sinais dos regressores confirmam a expectativa do mercado imobiliário local, tornando-os coerentes. É esperado que o aumento de um dormitório, de uma unidade de vaga de garagem, do padrão construtivo ou de existência de piscina provoque um aumento no valor unitário dos imóveis. Observa-se, ainda, coerência quando se analisa o sinal da variável área privativa ou distância à Avenida Beira Mar e à Universidade Federal, considerando as respectivas transformações. Espera-se uma redução do valor do metro quadrado do imóvel quando ocorre um aumento na sua área privativa e, quanto mais distante o imóvel estiver do polo de valorização, menor o seu valor unitário.

A NBR 14.653-2 (2011) exige que seja realizado o teste F de Snedecor para verificar a significância do modelo de regressão ajustado e que, para situação mais desfavorável, o modelo obtido seja significativo ao nível de 1,0%. Sendo assim, como $F_{\text{calc}} = 73,46$ é maior que $F_{\text{crit}} = 2,84$, aceita-se a hipótese de existência de regressão com significância de 0,0%.

Com relação aos **Pressupostos Básicos da Regressão** para modelagem OLS, seguem as análises:

1. Normalidade: Realizaram-se os testes de Jarque-Bera ($JB = 2,7036$ e p -valor = 0,4512) e de Shapiro-Wilk ($SW = 0,9852$ e p -valor = 0,3392). Portanto, pelos valores dos testes, e a um nível de significância $\alpha = 5,0\%$, não se tem evidências para rejeitar a hipótese de normalidade dos resíduos.

2. Linearidade: Realizou-se a análise gráfica da variável valor unitário (ln VU) versus cada uma das variáveis explicativas, ambas em escala transformada, e observou-se tendência linear nos dados.

3. Homocedasticidade: Realizaram-se os testes de Breusch-Pagan ($BP = 5,8280$ e p -valor = 0,5598) e de Koenker-Basset ($KB = 6,9850$ e p -valor = 0,4304). Portanto, pelos valores dos testes, e ao nível de $\alpha = 5,0\%$, não se tem evidências para rejeitar a hipótese de homocedasticidade dos resíduos. Para complementar essa análise, gerou-se um gráfico em que se observa que os resíduos se apresentam aleatoriamente dispostos em torno da reta $y = 0$, que indica se tratar de um modelo homocedástico.

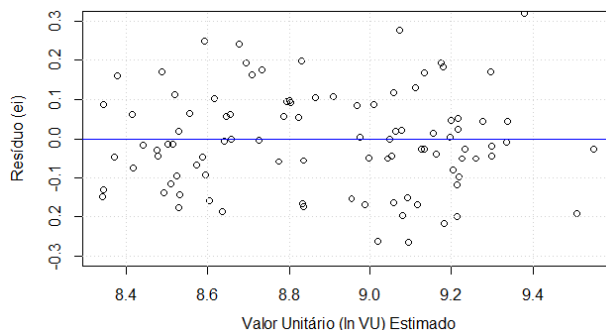


Figura 7 – Gráfico de homocedasticidade (resíduo x ln VU estimado).

Fonte: Autores (2020).

4. Multicolinearidade: Realizou-se, inicialmente, a análise das correlações existentes entre cada par de variáveis explicativas e o maior valor encontrado foi entre as variáveis distância à Avenida Beira Mar (DBM) e distância à UFSC (DUF), cujo valor foi $R_{2,3} = 0,72$. Para confirmar que essa colinearidade não era prejudicial, realizou-se o cálculo do fator de inflação da variância (VIF), conforme Tabela 4.

Variável	1/AP	ln (DBM)	ln (DUF)	ND	NG	PN	PC
VIF	2,456	5,738	4,423	1,988	1,606	2,102	1,748

Tabela 4 – Cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF).

Fonte: Autores (2020).

Gujarati et al. (2011, p. 348) dizem que se VIF for superior a 10,0, a variável é tida como altamente colinear. Nesse sentido, todas as variáveis explicativas deste estudo tiveram sua colinearidade aceita.

5. Outliers e Pontos Influenciantes: Para diagnóstico de possíveis *outliers*, utilizou-se como condição para retirada do elemento da amostra aquela observação que não se encontrava no intervalo de $\pm 2,5$ desvios padrões. Os pontos AP_25 e AP_31 tiveram desvios padrões de 2,68 e 2,56 sendo, portanto, eliminados da amostra de trabalho. A Figura 08 apresenta a amostra saneada.

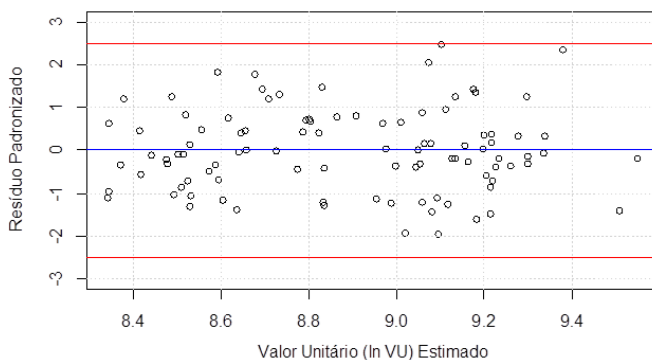


Figura 8 – Gráfico de outlier (resíduo padronizado x ln VU estimado).

Fonte: Autores (2020).

Para o diagnóstico de possíveis pontos influenciantes, realizado após a exclusão dos *outliers*, utilizou-se a Distância de Cook. O valor obtido para distância máxima obtida foi $d_{\max} = 0,1066 < 1,0$, indicando inexistência de pontos de forte influência. Para complementar

essa análise, construiu-se o gráfico de elementos Hii versus o quadrado dos resíduos padronizados, sendo que os pontos no canto superior esquerdo do gráfico podem possuir alta influência nos resultados da regressão. Os dois testes indicam que não há pontos influenciadores na amostra em estudo.

O modelo de regressão adotado nesse estudo foi determinado sem esses dois pontos e toda a amostra foi reorganizada para ser utilizada na modelagem GWR. Verifica-se, portanto, que o modelo adotado não violou os pressupostos, sendo aprovado em todos os testes realizados, mostrando-se um modelo estatisticamente correto para explicar o mercado imobiliário.

5.3 Modelo de regressão geograficamente ponderada (GWR)

O modelo GWR foi ajustado com as mesmas transformações e os mesmos 98 dados de mercado utilizadas na regressão clássica. Para a escolha da melhor função de ponderação, se fixa ou variável, e melhor largura de banda, foi utilizado, conforme descrito na metodologia, o *software* GWR4 e realizadas diversas simulações, separadas por critérios de escolha definidos pelo usuário.

O tipo de função de ponderação pode ser escolhido entre gaussiano fixo ou variável e biquadrático fixo ou variável. O *software* permite, ainda, que se escolha o critério de parada e que se assinale a caixa de seleção de escolha automática da melhor largura de banda. Ele, então, gera diversos modelos para diversas larguras de banda, a partir da função de ponderação selecionada e apresenta e, por fim, aquele que possui o menor valor para o critério selecionado (AIC, AICc e CV - Cross Validation).

O modelo que gerou o menor valor no critério de AIC (critério escolhido nesta pesquisa) foi o de função de ponderação (*kernel*) gaussiano fixo com largura de banda de $\beta = 816,2$ m.

O modelo, contendo os parâmetros médios para a regressão GWR, é apresentado (4):

$$\ln(\text{VU}) = \beta_0 + \beta_1 \times 1/(\text{AP}) + \beta_2 \times \ln(\text{DBM}) + \beta_3 \times \ln(\text{DUF}) + \beta_4 \times (\text{ND}) + \beta_5 \times (\text{NG}) + \beta_6 \times (\text{PS}) + \beta_7 \times (\text{PC}) \quad (4)$$

No modelo GWR permaneceram as transformações adotadas no modelo OLS. Ressalta-se que os coeficientes médios foram utilizados, pois a modelagem GWR, por ser uma regressão local, gera uma equação de regressão para cada ponto amostral, ponderada pela distância dos seus vizinhos. O modelo GWR gerou um relatório contendo 98 regressões com as estimativas dos parâmetros, o cálculo da estatística *t* e do erro padrão para cada variável, assim como o valor predito, o coeficiente de determinação local, a distância de Cook e a influência, para cada observação da amostra.

Na Tabela 5, podem-se verificar as estatísticas obtidas para a modelagem GWR:

<i>Variável</i>	<i>Coefficientes Médios</i>	<i>Coefficientes Medianos</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Teste de Variabilidade</i>	<i>Variável</i>
Intercepto	9,21100	9,23580	0,33912	- 2,19945	Local
1/AP	32,57320	31,91565	2,83316	- 1,70967	Local
ln (DBM)	- 0,15199	- 0,13955	0,02891	- 1,83370	Local
ln (DUF)	- 0,09818	- 0,10636	0,04469	- 3,19422	Local
ND	0,06192	0,06135	0,02668	- 4,74090	Local
NG	0,16353	0,16182	0,01512	0,73889	Local
PN	0,11613	0,13003	0,03311	1,20628	Local
PC	0,22817	0,22694	0,02412	- 1,06128	Local

Tabela 5 - Estatísticas relativas aos parâmetros do modelo GWR.

Fonte: Autores (2020).

Os sinais dos regressores do modelo GWR se apresentaram iguais aos sinais do modelo clássico de regressão e confirmam a expectativa do mercado imobiliário local, sendo, portanto, coerentes.

Realizou-se o teste de variabilidade geográfica de coeficientes locais que, segundo Leung et al. (2000), um resultado positivo, especialmente maior que dois, sugere que o termo local é melhor para ser assumido como global. Neste estudo, todas as variáveis tiveram valores inferiores a dois.

Na Tabela 6, podem-se verificar algumas estatísticas dos regressores dos 98 modelos ajustados.

<i>Variável</i>	<i>Mínimo</i>	<i>1º Quartil</i>	<i>3º Quartil</i>	<i>Máximo</i>	<i>Range</i>	<i>STD Robusto</i>
Intercepto	8,69956	8,91522	9,50460	9,93464	1,23508	0,43690
1/AP	28,14943	30,68488	33,98389	40,05002	11,90058	2,44552
ln (DBM)	- 0,22048	- 0,17070	- 0,12855	- 0,11985	0,10062	0,03123
ln (DUF)	- 0,17413	- 0,13309	- 0,05570	- 0,01411	0,16001	0,05736
ND	0,01632	0,04138	0,08011	0,11052	0,09420	0,02870
NG	0,14015	0,15308	0,16968	0,20502	0,06487	0,01230
PN	0,05044	0,08989	0,14021	0,15488	0,10444	0,03729
PC	0,17620	0,21425	0,25036	0,25901	0,08281	0,02676

Tabela 6 - Estatísticas básicas dos parâmetros do modelo GWR.

Fonte: Autores (2020).

Gerou-se, para a modelagem GWR, um mapa de curvas de nível dos valores dos coeficientes de determinação (R^2) locais calculados para cada um dos pontos amostrais, conforme Figura 10.

Com base nos coeficientes de determinação (R^2) locais calculados para modelagem GWR, pode-se observar que o modelo é capaz de explicar de forma mais eficiente a variação, em relação à média, dos dados de mercado observados no bairro Trindade do que na Agrônômica. A variação entre o poder de explicação foi de 0,738 no bairro Agrônômica até 0,898 no bairro Trindade, sendo o restante atribuído a fatores aleatórios e a variáveis não consideradas na modelagem.

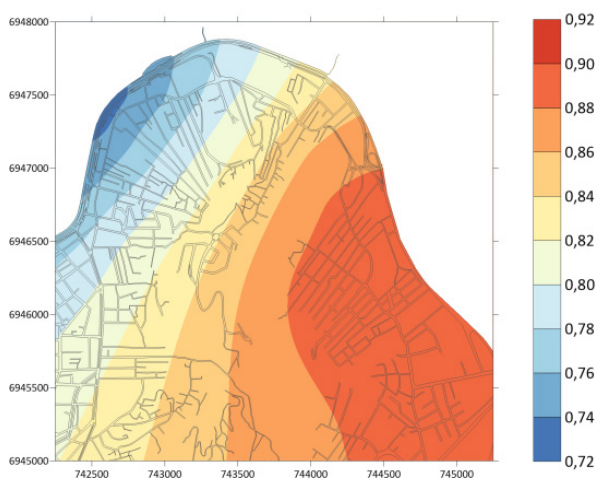


Figura 10 – Coeficientes de determinação (R^2) locais do modelo GWR. Fonte: Autores (2020).

5.4 Qualidade e desempenho das modelagens

Neste estudo, a qualidade das modelagens foi analisada por meio dos critérios de informação de Akaike (AIC), o bayesiano (BIC) e o loglikelihood (LIK), o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da regressão. Para analisar o desempenho, utilizou-se as métricas estabelecidas pela IAAO (20013), como a Med R, o COD e o PRD. Na Tabela 7, pode-se verificar os indicadores de qualidade.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
Coefficiente de Determinação (R^2)	0,8510	0,8838
Coefficiente de Determinação Aju. (R^2_{aju})	0,8376	0,8492
Valor do log Likelihood (LIK)	52,040	73,226
Critério de Informação de Schwarz (BIC)	- 85,400	- 90,375
Critério de Informação de Akaike (AIC)	- 104,08	- 108,47
Erro Padrão da Regressão (Se)	0,1354	0,1303

Tabela 7 - Indicadores de qualidade das modelagens realizadas.

Fonte: Autores (2020).

Percebe-se que o modelo GWR foi superior ao modelo OLS em todos os indicadores de qualidade de ajuste da Tabela 7. Calculou-se, também, a raiz do erro quadrático médio (RMSE). Os resultados são vistos na Tabela 8. Percebe-se que a modelagem GWR, para esse indicador, apresentou um desempenho superior, com valor do RMSE 12,30% menor que o valor do modelo OLS.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
RMSE (R\$/m ²)	1.112,72	975,88

Tabela 8 – Regressões: RMSE para os valores preditos pela amostra de trabalho.

Fonte: Autores (2020).

Construíram-se, também, os gráficos de predição das duas modelagens. Verifica-se, por meio da Figura 11, que o modelo GWR apresentou-se mais ajustado, com pontos menos dispersos, indicando se tratar de um ajuste com maior poder de predição de valores unitários, que o modelo OLS.

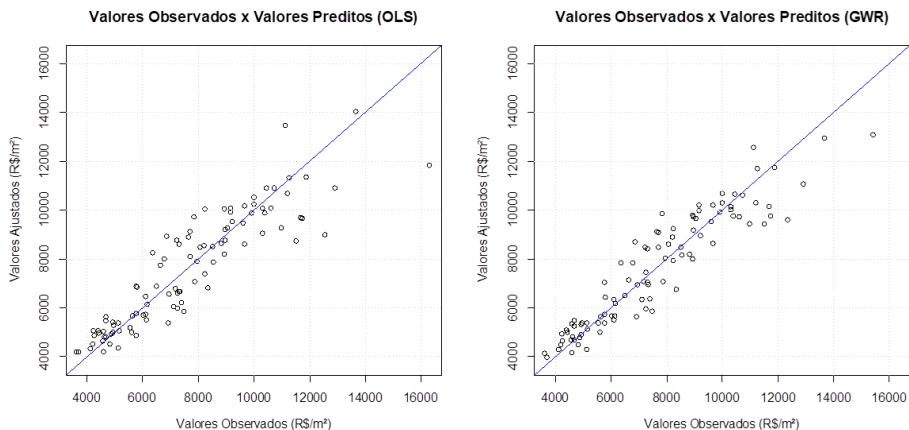


Figura 11 – Gráfico de predição das modelagens OLS e GWR.

Fonte: Autores (2020).

Verificou-se, também, como se deu a dispersão dos erros relativos absolutos dos valores preditos pelas modelagens. Realizou-se, então, a interpolação linear para geração da superfície de gradientes, contendo os erros relativos absolutos estimados para cada uma das modelagens, vistos na Figura 12.

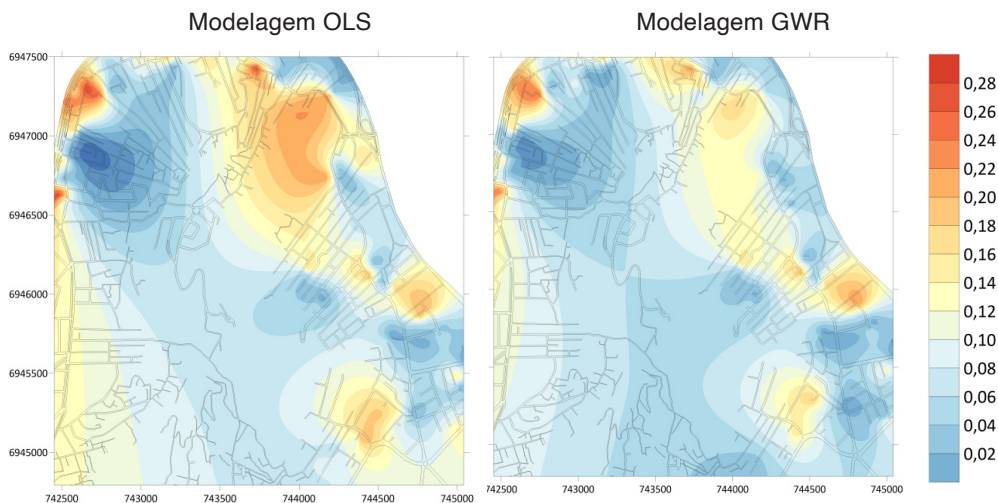


Figura 12 - Superfície de erros relativos absolutos da amostra de trabalho.

Fonte: Autores (2020).

Verifica-se, pela Figura 12, que a superfície de erros relativos para a modelagem GWR mostrou-se mais uniforme, com erros de menor magnitude, evidenciado pela dominância da coloração azul. Para se analisar o desempenho das modelagens, utilizou-se as métricas estabelecidas pela norma IAAO (2013). Calculou-se, ainda, os erros relativos e o RMSE da predição da amostra de validação. Os limites estabelecidos pela norma para os imóveis em estudo estão apresentados na Tabela 5.

Esses parâmetros foram calculados por meio dos valores preditos pelas modelagens para as 18 amostras de validação. Os valores preditos para a modelagem OLS foram obtidos substituindo os dados das 18 amostras diretamente na equação de regressão. Para a modelagem GWR, utilizou-se as informações de cada uma das amostras de validação para gerar 18 equações de predição diretamente no *software* GWR. Os resultados das amostras de validação são apresentados na Tabela 9.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
Mediana das Razões de Avaliação (Med R)	0,980	0,982
Coeficiente de Dispersão da Mediana (COD)	8,35%	7,31%
Diferencial Relativo ao Preço (PRD)	1,008	1,004

Tabela 9 - Indicadores de desempenho para os valores preditos pelas regressões da amostra de validação.

Fonte: Autores (2020).

Observa-se que as duas modelagens apresentaram valores dentro dos limites recomendados pela norma, entretanto, a modelagem GWR mostrou-se superior, indicando maior uniformidade na avaliação, observada pelo menor valor no COD. Com relação ao PRD, os resultados indicam que não houve progressividade ou regressividade nas predições, contudo, o modelo GWR teve desempenho superior nesse indicador. Na sequência, calculou-se o RMSE das predições, conforme Tabela 10.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
RMSE (R\$/m ²)	1.035,08	926,32

Tabela 10 – Regressões: RMSE para os valores preditos pela amostra de validação.

Fonte: Autores (2020).

Nesse caso, a modelagem que apresentou o menor valor do RMSE foi a GWR, que é uma regressão local. Esse fenômeno corrobora com a ideia de que o valor de um determinado imóvel é fortemente afetado pelo valor dos imóveis do seu entorno. Construiu-

se, também, uma superfície de erros relativos absolutos dos valores unitários preditos pela amostra de validação, conforme Figura 13.

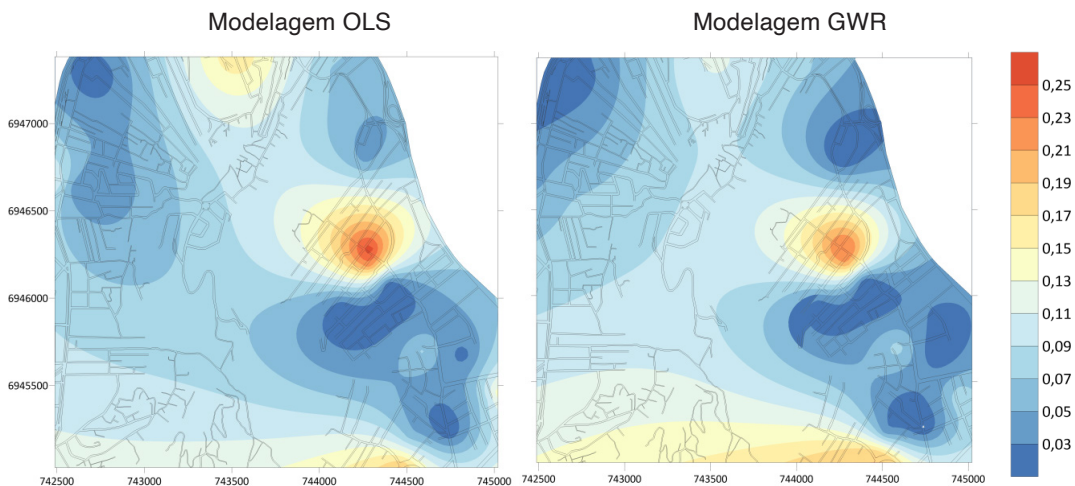


Figura 13 - Superfície de erros relativos absolutos da amostra de validação.

Fonte: Autores (2020).

Verifica-se que a superfície de erros relativos para os valores unitários preditos pela amostra de validação sobre o modelo GWR mostrou-se mais uniforme e com erros de menor magnitude.

5.5 Geração de plantas de valores genéricos - krigagem ordinária

Para se gerar uma superfície de valores que irá compor uma PVG, deve-se, inicialmente, fazer a homogeneização dos valores preditos pelos modelos de regressão, por meio de um imóvel paradigmático representativo da área em estudo. O imóvel paradigmático usado neste estudo é mostrado na Tabela 11.

	<i>AP</i>	<i>ND</i>	<i>NG</i>	<i>PS</i>	<i>PC</i>
Paradigma	100	3	1	0	2

Tabela 11 - Imóvel paradigmático utilizado para homogeneização das amostras.

AP: Área Privativa; ND: Número de Dormitórios; NG: Número de Garagens; PS: Piscina; PC: Padrão Construtivo. Fonte: Autores (2020).

A homogeneização dos valores preditos pelo modelo OLS foi realizada sobre a regressão global da Tabela 3. No modelo GWR realizou-se a homogeneização sobre a regressão local do próprio ponto. Realizados a homogeneização e o cálculo dos novos valores unitários para os imóveis, procedeu-se com a definição dos semivariogramas que darão suporte para criação das superfícies de valores unitários para as modelagens em estudo. Com auxílio do *software R*, definiu-se os valores de efeito pepita, contribuição e patamar. Realizou-se a modelagem exponencial, esférica e gaussiana e, por meio de validação cruzada, pode-se verificar que o semivariograma exponencial apresentou menor RMSE e mais forte dependência espacial em ambas as modelagens.

Para a construção das superfícies de valores ajustados pelas duas modelagens, utilizou-se os parâmetros obtidos nos semivariogramas o *software Surfer 15*. Realizou-se a interpolação por krigagem ordinária e pôde-se, então, para cada modelagem, obter uma PVG de apartamentos construídos representativa da área em estudo. Essas PVG's são apresentadas nas Figuras 15 e 16.

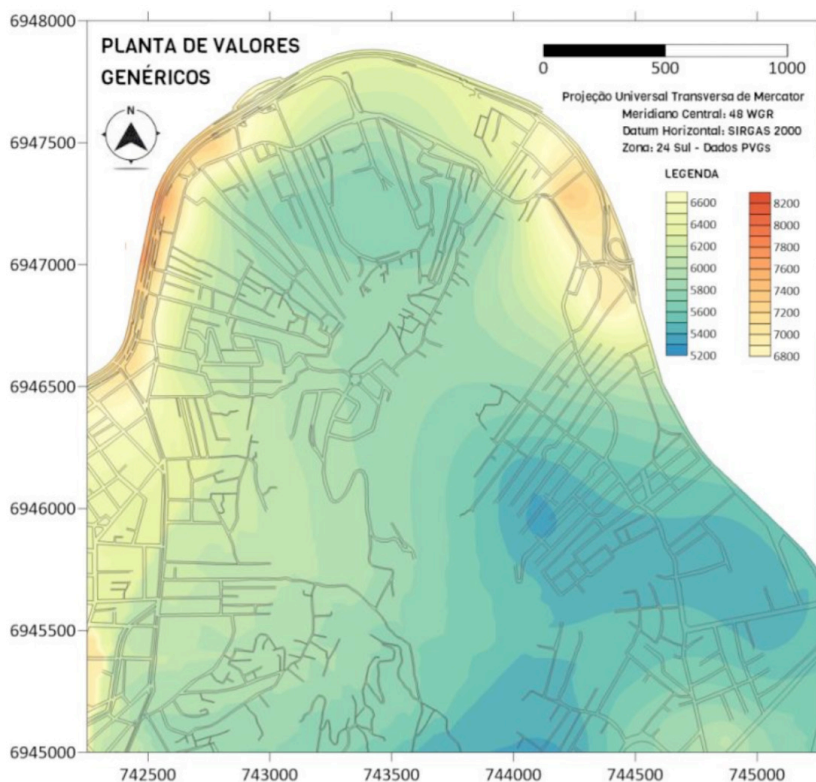


Figura 14 – Planta de Valores Genéricos usando krigagem da modelagem OLS.

Fonte: Autores (2020).

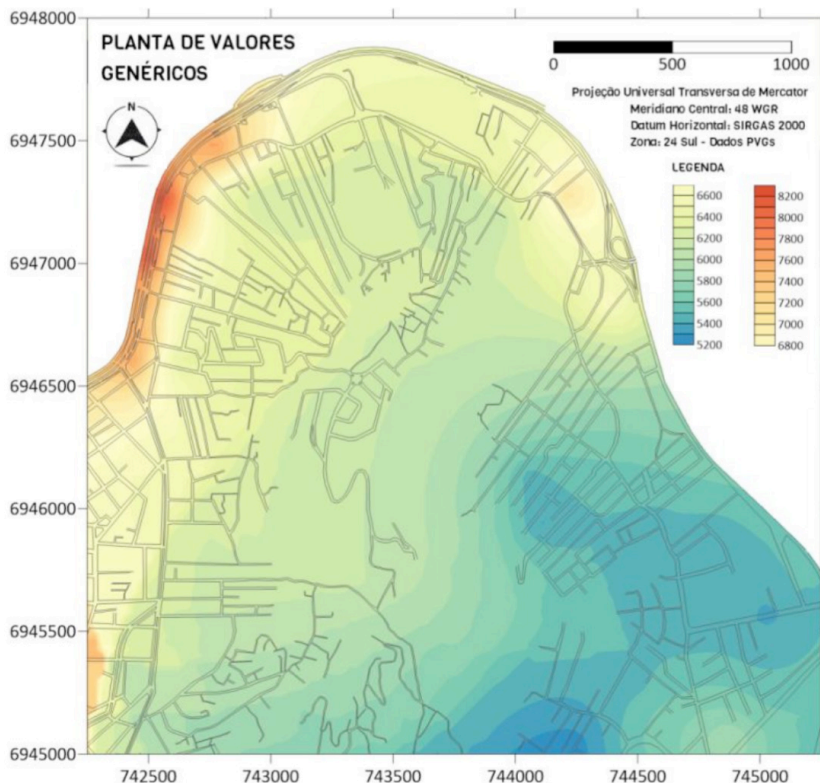


Figura 15 – Planta de Valores Genéricos usando krigagem da modelagem GWR.

Fonte: Autores (2020).

Pode-se constatar, pela prevalência de regiões mais quentes espalhadas pela extensão da Avenida Beira Mar na Agrônômica, que a superfície GWR foi capaz de explicar, de maneira mais próxima da realidade, o valor unitário dos imóveis deste bairro, tendo em vista que esse bairro possui apartamentos bastante valorizados em Florianópolis. O bairro Trindade também apresentou regiões mais claras na modelagem GWR, o que indica que, apesar de apresentar imóveis com menor valor unitário, ainda, assim, apresentou maior valorização no modelo GWR. Em geral, essa valorização dos dois bairros em estudo foi melhor capturada pela PVG obtida pela krigagem da modelagem GWR.

5.6 Qualidade e desempenho das krigagens

Para se avaliar a *performance* das interpolações realizadas, calculou-se o RMSE dos valores preditos pelas krigagens para a amostra de trabalho. Os resultados são apresentados na Tabela 12.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
RMSE (R\$/m ²)	424,06	366,18

Tabela 12 – Krigagem: RMSE para os valores preditos pela amostra de trabalho.

Fonte: Autores (2020).

Observa-se que a modelagem GWR apresentou RMSE menor, indicando que esse modelo foi capaz de fazer predições mais próximas do esperado. Calculou-se o RMSE dos valores preditos pelas krigagens para a amostra de validação. Os resultados são apresentados na Tabela 13.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
RMSE (R\$/m ²)	352,70	318,10

Tabela 13 – Krigagem: RMSE para os valores preditos pela amostra de validação.

Fonte: Autores (2020).

Novamente, os resultados demonstram superioridade da modelagem GWR em prever os valores de mercado dos imóveis. Por fim, calculou-se os indicadores da IAAO para os valores preditos pelas krigagens para a amostra de validação. Os resultados são mostrados na Tabela 14.

Indicador	Modelo OLS	Modelo GWR
Mediana das Razões de Avaliação (Med R)	1,019	1,002
Coefficiente de Dispersão da Mediana (COD)	4,74%	3,85%
Diferencial Relativo ao Preço (PRD)	1,002	1,002

Tabela 14 - Indicadores de desempenho dos valores preditos pelas krigagens para a amostra de validação.

Fonte: Autores (2020).

Os resultados para ambas as modelagens ficaram dentro dos limites estabelecidos pela IAAO, contudo, o modelo GWR apresentou-se ligeiramente superior nos indicadores Med R e COD. Os resultados obtidos nos indicadores RMSE, Med R, COD e PRD indicam que o ajuste por GWR seria o modelo que melhor representaria uma planta de valores genéricos (PVG) para a área em estudo.

6 | CONCLUSÕES

Com o término deste estudo, pôde-se concluir que a modelagem GWR apresentou uma *performance* superior à modelagem OLS em todos indicadores de qualidade e desempenho.

A regressão GWR mostrou-se mais ajustada aos dados da amostra de trabalho, como demonstrado pelos diagramas de predição e indicadores de qualidade e desempenho, mas, também, aos dados da amostra de validação, como mostraram os resultados experimentais do estudo de caso abordado.

Com relação à qualidade, os resultados mostraram que o modelo GWR foi mais preciso que o modelo OLS que trata todos os dados como estacionários. Comparando os modelos, observa-se que a modelagem GWR foi capaz de melhorar o R^2 da modelagem OLS de 0,8510 para 0,8838. O AIC e o BIC da GWR também mostram uma redução de 4,390 e 4,975, respectivamente, em relação à OLS.

O modelo GWR apresentou, ainda, menor erro padrão, e melhor valor no indicador LIK, além de proporcionar o menor RMSE para os dados preditos pelas modelagens e uma superfície de erros relativos absolutos de menor magnitude e mais uniformes, o que é desejável em uma PVG.

Com relação ao desempenho das modelagens em predizer os valores unitários da amostra de validação, as duas modelagens apresentaram seus parâmetros dentro das recomendações da IAAO, contudo, a modelagem (GWR) mostrou-se superior à OLS em relação ao desempenho por ter apresentado valores menores para o COD (7,310%) e para o PRD (1,004). Os valores preditos pela modelagem GWR também apresentaram menor RMSE e menores erros relativos absolutos.

Verificou-se, ainda, que a PVG gerada para a GWR foi capaz de representar de maneira mais eficiente, com resultados mais próximos do esperado, o valor unitário dos apartamentos dos bairros em estudo. A *performance* das duas superfícies indica que a modelagem GWR se mostrou melhor, com menores valores de COD e PRD. O RMSE das krigagens do modelo GWR foi menor tanto na predição da amostra de trabalho (366,18 R\$/m²), quando na amostra de validação (318,10 R\$/m²).

Isso demonstra que o modelo GWR, se bem ajustado, é capaz de fazer melhores previsões de valores para os imóveis urbanos, incorporando os efeitos espaciais que o modelo OLS ignora, diminuindo, assim, as distorções de valores presentes nas PVG's, possibilitando, desta forma, uma tributação mais justa e equânime, pilares, estes, para se atingir justiça fiscal.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2011). NBR 14.653-2: **Avaliação de bens - Parte 2: imóveis urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2019). NBR 14.653-1: **Avaliação de bens - Parte 1: procedimentos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT.

Brasil (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília. Recuperado em 01 de setembro de 2020, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., & Charlton, M. (1996). Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity. **Geographical Analysis**, 28(4), 281-298.

Cesare, C. M. de (2012). **Avaliação em massa de imóveis para fins fiscais: discussão, análise e identificação de soluções para problemas e casos práticos**. In: Lincoln Institute of Land Policy. Org. Cunha, E. P. C.; Erba, D. A. Brasília: Ministério das Cidades.

Dantas, R. A. (2003). **Modelos espaciais aplicados ao mercado habitacional: um estudo de caso para a cidade de Recife**. (Tese de Doutorado). Faculdade de Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Dantas, R. A. (2012). **Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica** (3a ed.). São Paulo: Pini.

Fotheringham, A. S., Charlton, M., & Brunsdon, C. (1998). Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. **Environment and Planning A: Economy and Space**, 30(11), 1905-1927. <https://doi.org/10.1068/a301905>

Gujarati, D. N., Porter, D. C. (2011). **Econometria básica** (5a ed.). Porto Alegre: Bookman.

International Association of Assessing Officers - IAAO (2013). **Standard on Ratio Studies**. Recuperado em 01 de setembro de 2020, de www.iaao.org

International Monetary Fund - IMF (2017). **Government finance statistics**. Recuperado em 01 de setembro de 2020, de <https://goo.gl/bu8QMR>

Leung, Y., Mei, C. L., & Zhang, W. X. (2000). Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression. **Environment and Planning A: Economy and Space**, 32(1), 9-32. <https://doi.org/10.1068/a3162>

Liporoni, A. S. (2013). **Avaliação em massa com ênfase em planta de valores**. São Paulo: PINI.

Mei, C. L., He, S. Y., & Fang, K. T. (2004). A note on the mixed geographically weighted regression model. **Journal Regional Science**, 44(1), 143-157. <https://doi.org/10.1111/j.1085-9489.2004.00331.x>

Zilli, C. A. (2020). **Regressão geograficamente ponderada aplicada na avaliação em massa de imóveis urbanos**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO SENSORIAL DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

Data de aceite: 01/12/2020

Maria Fabrcia Beserra Gonçaves

<http://lattes.cnpq.br/4602668399461026>

Ana Karine de Oliveira Soares

<http://lattes.cnpq.br/7070664090678570>

Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

<http://lattes.cnpq.br/3775683073966763>

RESUMO: A análise sensorial pode ser definida como disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais da forma como são percebidas pelos sistemas sensoriais olfativo, gustativo, tátil, auditivo e visual, que avaliam os atributos dos alimentos. Uma equipe sensorial pode ser utilizada para medir a qualidade de um produto, de maneira similar ao uso de um instrumento, mas para isso, a seleção e o treinamento dos assessores se fazem necessários. Assim, os integrantes de uma equipe sensorial devem ser treinados por meio de experiências diretas com referências para aperfeiçoar sua habilidade em reconhecer, identificar e diferenciar estímulos específicos, obtendo desta forma precisão e consistência nos testes sensoriais. O objetivo dos testes realizados foi verificar a acuidade sensorial de um grupo de estudantes de graduação para compor uma equipe sensorial. Os testes foram realizados na universidade Federal do Piauí, na cidade de Teresina, no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos, localizado no Departamento de Nutrição. O

trabalho contou com a participação de 25 alunos do curso de graduação em Nutrição em agosto de 2017. Foram aplicados os testes de reconhecimento de aromas, gosto-intensidade e o teste triangular de acordo com a metodologia de Dutcosky (2013). Observou-se no teste de reconhecimento de aromas que 13,04% atingiu o mínimo de acertos (70% dos aromas com grau de dificuldade normal), enquanto que para o teste de gosto-intensidade nenhum assessor conseguiu 100% de acerto. Já em relação ao teste triangular 67% do grupo foi capaz de identificar a diferença entre as amostras. A maioria dos assessores (75%) considerou que o grau de diferença era médio e 25% considerou pequeno, entretanto a diferença entre as amostras era pequena. A maioria dos alunos teve dificuldade em reconhecer os aromas, reconhecer os quatro gostos básicos e umami e identificar o grau de diferença entre as amostras. Pela análise dos resultados dos testes foi possível verificar que o grupo apresentou baixa acuidade sensorial.

PALAVRAS-CHAVE: Análise sensorial, acuidade sensorial, seleção de assessores.

ABSTRACT: Sensory analysis can be defined as a scientific discipline used to evoke, measure, analyze and interpret reactions of food and material characteristics as they are perceived by the olfactory, taste, tactile, auditory and visual sensory systems, which evaluate the attributes of food. A sensory team can be used to measure the quality of a product, similar to the use of an instrument, but for this, the selection and training of advisors is necessary. Thus, members of a sensory team must be trained through direct

experiences with references to improve their ability to recognize, identify and differentiate specific stimuli, thus obtaining precision and consistency in sensory tests. The purpose of the tests performed was to verify the sensory acuity of a group of undergraduate students to compose a sensory team. The tests were carried out at the Federal University of Piauí, in the city of Teresina, at the Product Development and Food Sensory Analysis Laboratory, located in the Nutrition Department. The work counted on the participation of 25 students of the undergraduate course in Nutrition in August 2017. The aroma recognition, taste-intensity tests and the triangular test were applied according to the methodology of Dutcosky (2013). It was observed in the aroma recognition test that 13.04% reached the minimum of correct answers (70% of the aromas with normal degree of difficulty), while for the taste-intensity test, no assessor achieved 100% correct. Regarding the triangular test, 67% of the group was able to identify the difference between the samples. Most assessors (75%) considered the degree of difference to be medium and 25% considered it small, however the difference between samples was small. Most students had difficulty recognizing aromas, recognizing the four basic and umami tastes, and identifying the degree of difference between the samples. By analyzing the test results, it was possible to verify that the group had low sensory acuity.

KEYWORDS: Sensory analysis, sensory acuity, selection of advisors.

1 | INTRODUÇÃO

A análise sensorial pode ser definida como disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais da forma como são percebidas pelos sistemas sensoriais olfativo, gustativo, tátil, auditivo e visual, que avaliam os atributos dos alimentos.

No setor de alimentos, a análise sensorial é de grande importância por avaliar a aceitabilidade mercadológica e a qualidade do produto, sendo parte inerente ao plano de controle de qualidade de uma indústria. É por meio dos órgãos dos sentidos que se procedem tais avaliações e como são executadas por pessoas, é importante um criterioso preparo das amostras testadas e adequada aplicação do teste para se evitar influência de fatores psicológicos, como, por exemplo, cores que podem remeter a conceitos pré-formados (TEIXEIRA, 2009).

Uma equipe sensorial pode ser utilizada para medir a qualidade de um produto, de maneira similar ao uso de um instrumento, mas para isso, a seleção e o treinamento dos assessores se fazem necessários.

Assim, os integrantes de uma equipe sensorial devem ser treinados por meio de experiências diretas com referências para aperfeiçoar sua habilidade em reconhecer, identificar e diferenciar estímulos específicos, obtendo desta forma precisão e consistência nos testes sensoriais (DUTCOSKI, 2013).

Uma boa equipe sensorial deve ser formada a partir de assessores aptos a considerarem critérios específicos que possam influenciar a sua percepção. Os candidatos devem ser selecionados por meio de testes, dentre eles o teste de reconhecimento de aromas (TEIXEIRA, 2009).

Os principais testes discriminativos utilizados para a análise sensorial são o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença do controle. Sendo que o teste triangular tem como objetivo os assessores detectarem pequenas diferenças e em função disso tem sido utilizado preliminarmente a outros testes, já que não avalia o grau de diferença, nem caracteriza os atributos responsáveis pela diferença (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Diante disso, o objetivo do estudo foi realizar testes discriminativos a fim de verificar a acuidade sensorial de um grupo de estudantes de graduação para compor uma equipe sensorial.

2 | MATERIAL E METODOS

Os testes foram realizados na universidade Federal do Piauí, na cidade de Teresina, no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos, localizado no Departamento de Nutrição. O trabalho contou com a participação de 25 alunos do curso de graduação em Nutrição em agosto de 2017. Foram aplicados os testes de reconhecimento de aromas, gosto-intensidade e o teste triangular de acordo com a metodologia de Dutcosky (2013).

Para a realização da prática referente ao Teste de reconhecimento de aromas foram utilizados os seguintes materiais: copos descartáveis, papel alumínio, ficha para registro dos odores e 16 aromas (orégano, tempero misto, mostarda, mamão, banana, vinagre, limão, cebola, alho, molho de tomate, leite, chocolate, pimenta do reino, polpa de goiaba, polpa de acerola e tempero caldo de galinha).

Os aromas foram preparados em copinhos de plásticos e cobertos com uma folha de alumínio. Deixou-se um espaço vazio entre o algodão e a tampa, de modo a permitir a concentração do odor. No momento da realização do teste foram feitos pequenos furos na folha de alumínio para a aspiração da amostra. Em seguida, os aromas eram aspirados pelos alunos e identificados nominalmente em uma ficha.

Para a realização da prática referente ao Teste de gosto-intensidade foram utilizados os seguintes materiais: copinhos de plásticos, bandejas, água, soluções de concentrações: doce (soluções de 2% a 4% de açúcar refinado), salgado (soluções de 0,2% e 0,4% de NaCl), amargo (soluções de 0,07% e 0,14% de cafeína), ácido (soluções de 0,02% e 0,06% de ácido cítrico) e umami (soluções de 0,2% e 0,4% de glutamato monossódico).

As amostras foram apresentadas para cada aluno e solicitou-se que os mesmos analisassem as amostras e, em uma ficha, identificassem nominalmente cada uma com relação a qual gosto e qual a intensidade.

Para a realização da prática referente ao Teste triangular foram utilizados os seguintes materiais: doce de banana de marcas diferentes (A e B), copos descartáveis, água, bandejas e fichas para identificação das amostras.

Os assessores sensoriais receberam três amostras codificadas e foi informado que duas amostras eram iguais e uma diferente. Em seguida, o assessor foi solicitado a provar as amostras da esquerda para direita e em seguida indicar qual era a diferente. Posteriormente, foi solicitado que o assessor indicasse qual/quais a (s) amostra (s) preferida (s), além de indicar qual o grau de diferença entre as amostras apresentadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 01 encontram-se os resultados referente aos testes que foram aplicados em práticas realizadas durante a disciplina de análise Sensorial de alimentos: Teste de reconhecimento de aromas, gosto-intensidade e triangular.

Testes sensorial	% de acertos
Reconhecimento de aromas	13,04
Gosto - intensidade	0
Triangular	67

Tabela 01. Resultados dos testes aplicados nas práticas da Disciplina de Análise sensorial, Teresina, 2017.

Observou-se no teste de reconhecimento de aromas que 13,04% atingiu o mínimo de acertos (70% dos aromas com grau de dificuldade normal), enquanto que para o teste de gosto-intensidade nenhum assessor conseguiu 100% de acerto. Já em relação ao teste triangular 67% do grupo foi capaz de identificar a diferença entre as amostras.

A maioria dos assessores (75%) considerou que o grau de diferença era médio e 25% considerou pequeno, entretanto a diferença entre as amostras era pequena.

4 | CONCLUSÃO

A maioria dos alunos teve dificuldade em reconhecer os aromas, reconhecer os quatro gostos básicos e umami, assim como identificar o grau de diferença entre as amostras. Pela análise dos resultados dos testes foi possível verificar que o grupo apresentou baixa acuidade sensorial.

REFERÊNCIAS

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Editora Universitária Champagnat. Curitiba- PR, 2013. 531p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos/ coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MINIM, V. P. R. **Análises Sensorial- Estudos com consumidores**. Editora UFV. Viçosa- MG, 2017.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

ESTRATÉGIA DE CONVERSÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR NATALENSE EM GATILHO DE CONSTRUÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES

Data de aceite: 01/12/2020

Allan David Silva da Costa

Programa de pos graduação profissional em energia elétrica – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Pollianna Torres dos Santos Medeiros da Silva

Programa De Pós-graduação gestão de pessoas – Universidade Potiguar

Silvania de Souza Araújo

Programa De Pós-graduação Em Ciência, Tecnologia E Inovação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Zulmara Virginia de Carvalho

Escola de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

RESUMO: A sociedade exige pesquisas e desenvolvimentos na área de energia limpa e renovável como a energia solar, a capacidade que uma cidade possui em ser sustentável, que pode servir de degrau para classificá-la como sendo uma Cidade Inteligente. A possibilidade de converter a energia fotovoltaica como uma estratégia para o desenvolvimento de cidades inteligentes, viabiliza o incentivo às suas vantagens e benefícios proporcionados à sociedade. É importante notar que estas tecnologias têm se desenvolvido cada vez mais ao longo destes últimos anos, com o aumento

da sua eficiência energética e diminuição dos seus custos de produção, o que possibilita um futuro com avanços significativos nas tecnologias de aproveitamento de energias renováveis. Este artigo aborda temas como: conceitos de Cidade Inteligente, recurso solar, energia fotovoltaica, *smart meter* e *smart grid*, e os aspectos de engenharia envolvidos nos mesmos, com uma breve conceituação dos mesmos e seus respectivos históricos, demonstrando as reais vantagens e benefícios que a energia renovável fotovoltaica oferece, apontando a potencialidade que o Estado do Rio Grande do Norte detém quando comparado às demais regiões do país, em termos de localização geográfica. Trazendo um breve apanhado dos possíveis gargalos que impedem atualmente uma gestão energética eficiente na cidade de Natal-RN. O artigo baseia-se em um estudo bibliográfico acerca da importância da gestão das energias renováveis para o desenvolvimento de uma região ou cidade, a fim de que ela se torne futuramente uma Cidade Inteligente (CI), a metodologia do artigo se alicerça em pesquisa de caráter descritivo, exploratório e analítico.

PALAVRAS-CHAVES: Energia fotovoltaica, cidades inteligentes, potencialidades.

ABSTRACT: Society demands research and development in clean and renewable energy, such as solar. The city ability to be sustainable can serve as a parameter to classify it as a Smart City. The possibility of converting photovoltaic energy into a strategy for the smart cities development due to its advantages

and benefits provided to society enables its incentive. It is important to note that these technologies have been developing more and more over the last few years - increasing their energy efficiency and reducing their production costs - which makes possible a significant advances future in technologies for the renewable energies use. This article deals with topics such as: Smart City concepts, solar resources, photovoltaic energy, smart meter and smart grid, and the engineering aspects involved, besides a brief conceptualization of them and their respective history, showing the real advantages and benefits that photovoltaic renewable energy offers, pointing out the potential that the State of Rio Grande do Norte holds when compared to other regions of the country in terms of geographical location. Bringing a brief overview of the possible bottlenecks that currently prevent efficient energy management in Natal-RN. The article is based on a bibliographical study about the renewable energy management importance for the development of a region or city in order to become a Smart City (SI). This article methodology is based on descriptive, exploratory and analytical research.

KEYWORDS: Photovoltaic energy, smart cities, potentialities.

1 | INTRODUÇÃO

Com os constantes avanços na ciência e tecnologia na área de energias renováveis, foi possível o crescente avanço rumo ao desenvolvimento conduzido pelas cidades globais inteligentes, reaproveitando ao máximo os recursos naturais que lhes são oferecidos, otimizando a produção de energias sustentáveis. Tudo isso graças a difusão da consciência ambiental, visando minimizar os impactos causados pelas formas convencionais de obtenção de energias que comprometem tragicamente o meio ambiente devido ao seu uso prolongado.

A sustentabilidade é um dos focos para classificar uma cidade como sendo inteligente. É primordial para uma cidade obter essa classificação que suas edificações e formas de utilização de energias sejam realizadas de forma sustentável, isso pode ser alcançado através da previsão de sua utilização preferencialmente desde o início do projeto dessas edificações, porém o que irá ocorrer na maioria das cidades que almejam se tornarem inteligentes é uma adaptação das suas edificações e substituição gradual das energias não renováveis utilizadas.

A energia fotovoltaica supre com êxito as demandas regionais e residenciais, onde muitos prédios também já fazem uso mesclado com a energia elétrica não renovável, se sobressaindo em relação aos outros tipos de energias renováveis por ter um sistema que se adequa a todas as localidades o que ainda não é possível com a energia eólica em virtude dos fracos e agitados nas áreas urbanas. O território brasileiro é privilegiado para o uso da energia fotovoltaica por estar localizado nas proximidades da linha do Equador o que favorece o não acontecimento de variações extremas na duração solar durante o dia. Mesmo com as cidades que concentração as maiores populações e atividades socioeconômicas mais proeminentes estarem localizadas geograficamente mais distantes da linha do Equador, não inviabiliza o seu uso (DOS SANTOS, 2016).

Para o alcance de uma melhor e crescente eficiência energética, bem como da oferta de energias obtidas de fontes renováveis é imprescindível a implementação de tecnologias que prestam suporte a utilização dessas energias. Em se tratando de gestão energética atualmente os *smart meter* que são medidores inteligentes de consumo de energia, que também pode ser utilizado pela concessionária para acessar e gerenciar o uso da energia, possibilitado pelo aparelho que também poder funcionar como roteador enviando todas as informações necessárias, beneficiando o usuário por dar feedback, o que possibilita o ajustes dos hábitos de consumo individualizado de acordo com os valores que deseja pagar em suas tarifas (FUGITA,2014).

Tendo em vista que para a criação de uma Cidade Inteligente (CI) são necessários sistemas inteligentes e responsivos capazes de monitorar, controlar e verificar a qualidade juntamente com a quantidade de energia entregue ao consumidor, para isso se faz necessário a transformação dessas tecnologias de monitoramento já existentes em *smart grid*. O *Smart Grid* se trata da combinação das tecnologias com a rede de distribuição de energia que possam interagir com o usuário, a fim de torná-la confiável e segura, tornando-as inteligentes atendendo as demandas bem como a economia de energia (FUGITA, 2014).

2 | ENERGIA FOTOVOLTAICA

A geração de energia a partir da energia solar está em um crescente desenvolvimento no País. Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (2016), em 2015, a fonte registrou um crescimento superior a 300%, com expectativa de ampliação de mais de 800% em 2016(1). Considerando apenas o estado do Rio Grande do Norte, dado que a ampliação da sua potência instalada e do número de unidades foi de 4000%, considerando os anos de 2013 a 2017 (JÁCOME,2017).

2.1 Histórico

Os primeiros registros dos efeitos fotovoltaicos foram observados ainda no Século XIX, em 1839, por Edmond Becquerel, onde ao mergulhar placas metálicas, de platina ou de prata, em eletrólitos era gerado uma pequena diferença de potencial elétrico quando expostos a luz. Em 1877, W. G. Adams e R. E. Day, dois norte-americanos, usaram o selênio, na ocasião exposto a luz, para a produção de eletricidade. Os experimentos seguiram até março de 1953, quando Calvin Fuller, dos Bell Laboratories (Bell Labs) desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício para controlar suas características elétricas. A este processo se deu o nome de Dopagem. O Químico Fuller, produziu uma barra de silício dopada com Gálio 3 que a tornara condutora, sendo suas cargas em movimentos, as positivas.

Com a ajuda do físico Gerald Pearson, também do Bell Labs, foi mergulhada a barra em um banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra, uma zona com excesso de elétrons livres, portadores de cargas negativas 4. Na região entre os dois

compostos, chamada de junção P-N, foi observado um campo elétrico permanente. Outro ponto constatado foi que a barra, quando exposta a luz, havia um fluxo de elétrons, ou seja, uma corrente elétrica. Então, assim, foi criada a primeira célula fotovoltaica (ver figura 1). Depois de discutir seus experimentos com o Engenheiro Daryl Chapin, do Bell Labs, que tinha trabalhos semelhantes, mas com rendimentos pífios de menos de 1%, chegaram a valores de até 4%, fantásticos para a época.

1. Dados a serem divulgados no Boletim Energético Nacional - BEN de 2017, ano base 2016.
2. Localizado em Murray Hill, New Jersey, EUA.
3. elemento químico - SiGa - Tipo P
4. SiLi - TipoN.

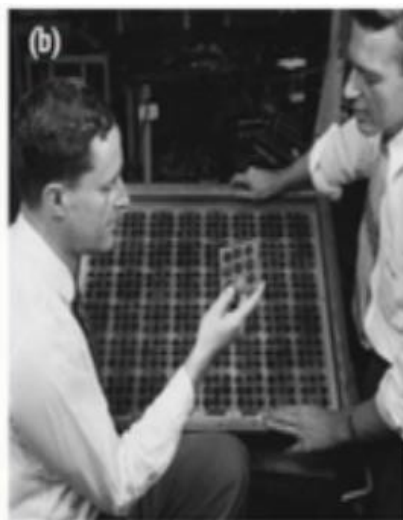


Figura 1 - Primeiro módulo solar do Bell Labs
Fonte: KAZMERSKI, 2006.

2.2 Composição de um sistema fotovoltaico

São quatro elementos que os compõem como pode ser visto na figura 3, os elementos que compõem um sistema fotovoltaico: O primeiro é o Módulo que é o elemento que transforma a energia solar em energia elétrica. Também são chamados de painéis fotovoltaicos. A potência do sistema em questão é limitada pela capacidade de geração das placas que o compõem. O segundo é o Regulador/Inversor um equipamento eletrônico que regula a carga da bateria com a energia oriunda dos painéis fotovoltaicos e libera energia

para as cargas consumidoras. O terceiro é a Bateria um componente acumulador de energia elétrica. E o quarto é o Inversor um equipamento que converte a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada necessária para alimentar os mais diversos equipamentos eletroeletrônicos.

No entanto, há um quinto elemento que pode ser considerado, o que de fato é, um componente do sistema fotovoltaico. Trata-se do Sol, com sua peculiaridade, tem fundamental importância no sistema em questão e sua incidência nas placas solares têm impacto direto na produção de energia elétrica. Pois, quanto maior é a incidência, maior será a corrente originada a partir das placas. Como forma de orientar o "uso" do Sol foi elaborada o mapa solarimétrico do Brasil, figura 2, onde podemos ver as regiões que mais tem exposição ao sol e, conseqüentemente, é mais apropriado a instalação dos SFV. Ainda analisando a figura 2, podemos perceber que o RN está em uma posição privilegiada nacionalmente. Pois, está na região onde tem-se a maior incidência dos raios solares em relação ao restante do país.



Figura 2 – Atlas Solarimétrico do Brasil

Fonte: CHIGUERU, 2000.

2.3 Tipos de sistema fotovoltaico

Há dois tipos de sistemas fotovoltaicos. Esses dois grupos são divididos em ligados à rede elétrica da concessionária, *On Grid* ou *Tie*, visto na figura 5, e os que não são ligados à rede. Este último, *Off Grid*, explicitado na figura 3, tem a característica de ter em sua composição baterias estacionárias para armazenamento de energia no período diurno e fornecer energia durante o período noturno. As vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema FV pode ser visto na figura 4. Há também um terceiro tipo que é a junção dos dois modelos acima, chamado sistema híbrido.

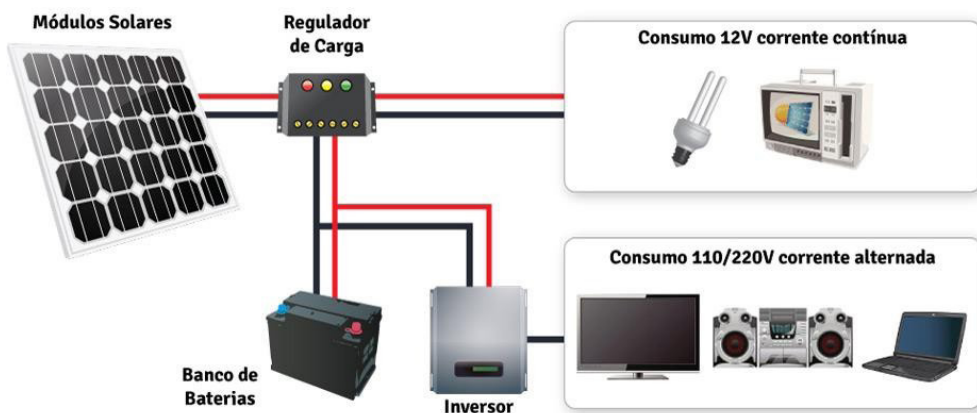


Figura 3 – Composição do Sistema Fotovoltaico *Off Grid*.

Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

Sistema	Vantagens	Desvantagens
<i>Off grid</i>	Pode ser utilizado em regiões remotas	Necessita de baterias e controladores de carga
	Não tem conta de luz	Custo Elevado
	Possui sistema de armazenamento de energia	Menos eficiente
<i>On grid</i>	Dispensa a utilização de baterias e controladores de carga	Acesso à rede de energia
	Geração de créditos de energia	Não há armazenamento de energia
	Créditos usados em outros consumidores	Pagar conta de luz. no mínimo taxa de disponibilidade
	Mais eficiente	

Figura 4 – *On Grid* x *Off Grid*.

Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

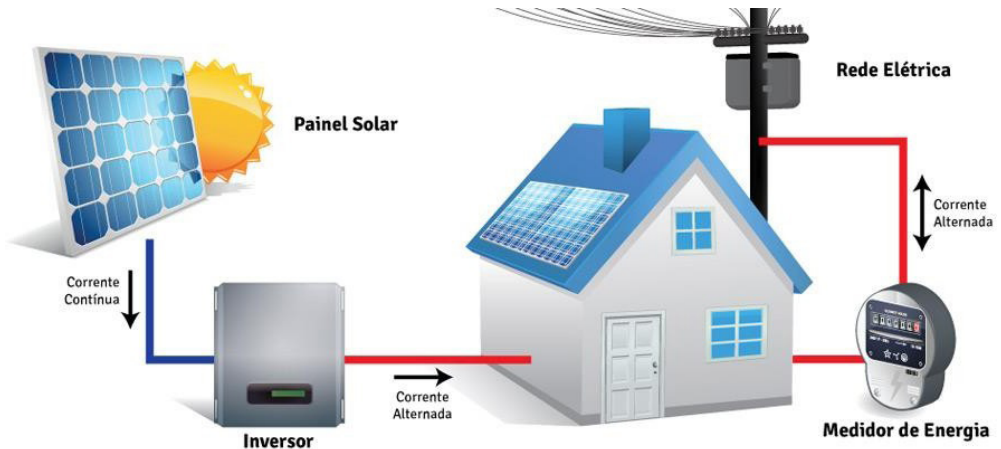


Figura 5 – Composição do Sistema Fotovoltaico *On Grid*.

Fonte: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

2.4 Potencialidades energéticas do Rio Grande do Norte

Com periodicidade anual, a Empresa De Pesquisas Energéticas - EPE lança o Balanço Energético Nacional - BEN. Este documento é um relatório que mostra a evolução da geração de energia de diversas fontes encontradas no Brasil. Essas fontes podem ser Eólicas, Solar, Hídrica e etc. Além disso, ele estratifica os dados por estados da federação, bem como por fontes de conversão de energia. Em se tratando da energia solar fotovoltaica, e analisando os dados dos BEN 2016, ano base 2015 e do seu anterior, o BEN de 2015, ano base 2014, temos um crescimento interessante no ponto de vista numérico. No BEN de 2015 a energia fotovoltaica marca 0,0% na matriz energética nacional, que é a soma de toda a energia gerada no Brasil. Já no BEN de 2016 ela aparece com 0,01%.

Numericamente, é um crescimento irrisório. Mas, em se tratando da matriz energética nacional que no ano de 2016 alcançou 299,2 MTep (Milhões de Tonelada equivalente de petróleo) (BEN, 2016), este crescimento corresponde a 20,4 GW produzidos. (BEN, 2016 - pág. 7).

2.5 Análise dos principais players do mercado

O líder global em utilização de energia elétrica fotovoltaica é a Alemanha. O programa alemão de 1999, destinado a cobrir 100.000 telhados com células solares, é considerado o primeiro do mundo destinado a promover a tecnologia fotovoltaica em grande escala, e previa empréstimos a juro zero e diferimento dos pagamentos, que iniciavam apenas a partir do terceiro ano de implementação do sistema. Adicionalmente, os prazos de pagamento eram mais longos que os usuais (Scheer, 2012).

Há, contudo, empresas no segmento de energia solar que já instalaram, estão instalando ou têm planos de instalar unidades fabris no Brasil. São os casos de: Astro Solar (sediada em Santos, estado de São Paulo); Orteng e Celf, a partir da transferência de tecnologia da empresa francesa ECM Technologies; Grupo Brasil Solair, na Paraíba; Eco Solar do Brasil, a partir de tecnologia transferida da empresa suíça Oerlikon; Aider Telecom, no Paraná; S4 Solar, em Anápolis, Estado de Goiás; Foto Energy, em Minas Gerais; BYD, em Manaus, Estado do Amazonas; Pure Energy Geração de Energia, em Marechal Deodoro, Estado de Alagoas; Solar-Par, no Mato Grosso do Sul; Kyocera Solar do Brasil; Tecnometal, em Campinas (SP); a espanhola Isofoton, em Sobral, no Ceará; a portuguesa ViV Energia Renovável, em Entre Rios, na Bahia; as italianas Real Solar e Astra, no Rio Grande do Norte; Samsung; LG; Sharp; SunEdison; ABB; Yingli Green Energy do Brasil; WEG.

Outro destaque importante foi o estudo da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) em parceria com a Eletrosul produziu células solares com a maior eficiência do Brasil, 17,3%, e de forma totalmente industrial. Intitulado “Desenvolvimento de Processos Industriais para Fabricação de Células Solares com Pasta de Alumínio e Passivação”, o projeto de P&D Aneel comprovou que é possível a produção de mais potência elétrica com a mesma quantidade de silício.

O projeto foi desenvolvido pela equipe do Núcleo de Tecnologia em Energia Solar (NT-Solar) da PUCRS. A maior eficiência registrada até então no Brasil, de 17%, era de uma célula solar (foto) produzida em laboratório pelo NT-Solar, em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e com o Instituto de Energia Solar da Universidade Politécnica de Madri, da Espanha.

2.6 Elementos versus nacionalidade do fabricante

Inúmeros fabricantes atuam no mercado de elementos do Sistema Fotovoltaico. Diversas empresas de origem internacional ganham espaço no oferecimento e fabricação de produtos de energia solar de alto desempenho.

Abaixo os compositores do Sistema Fotovoltaico e suas respectivas origens:

Placas solares: schneider (francesa), Sices (italiana), JA Solares (Chinesa).

Baterias: Moura (nacional), Bluesun (China), Siemens (Canadá)

Inversor: Schenzhen (China), Xindun (China),

O Rio Grande do Norte tem um dos maiores índices de incidência solar do território brasileiro, o que o torna apto a receber investimentos para a instalação de usinas solares fotovoltaicas. Avanços importantes foram e estão sendo dados para a implantação e consolidação da energia solar fotovoltaica no Brasil, como exemplo podemos citar a VR Painéis, localizada no estado de São Paulo e a empresa Minasol, atuante na fabricação de módulos fotovoltaicos e projetos especiais para residências e indústrias, localizada no Estado de Minas Gerais.

Contudo, observamos que em sua maioria os fabricantes desses equipamentos são de origem estrangeira e sabemos que o estado do RN é um excelente promissor para a difusão e distribuição dessa energia alternativa. Tendo em vista sua localidade e sua insolação ser mais forte que em outros territórios, porém existe a falta de investimentos e a decadência de linhas de créditos com boas condições de investimentos, mas existe promessas para o Estado, já que é um ambiente propício para investidores, cumpre mencionar também que, no caso das usinas eólicas, a sua expansão no Brasil também ocorreu, inicialmente, com a importação de equipamentos estrangeiros e, posteriormente, com a produção em território nacional.

3 | CONCLUSÃO

Para que tudo isso ocorra é necessário o desenvolvimento de toda a cidade para criar e implementar as normas e atividades regulatórias do setor energético bem como a criação de uma política que abranja todas as questões que envolvem a formação das cidades inteligentes e a forma que eles tratam os recursos energéticos.

A ausência dessas ações conjuntas inviabilizaria o aproveitamento das fontes de energia renováveis que funcionam em pequena escala por se tratar de um regime de operação irregular e fortemente dependente do clima em que está instalado.

Após expor as necessidades para que o anseio da efetivação de Natal como uma Cidade Inteligente através da conversão do seu potencial energético solar, é comprovado que no quesito energias renováveis, Natal está muito próximo de se tornar uma cidade inteligente, mesmo que para isso ainda seja necessárias alterações na gestão desses recursos que ela dispõe. Essa gestão pode ter início na utilização do sistema que melhor se adequa a cada realidade seja ele On Grid, Tie ou Off Grid.

Por fim, apesar do artigo ter focado suas análises na cidade de Natal por ela possuir uma ótima localização geográfica conforme já citado neste artigo, a metodologia proposta para gestão da energia fotovoltaica pode ser reproduzida em qualquer região do Brasil, através da utilização de tecnologias que facilitem esse gerenciamento. É fato que quanto maior for o investimento em pesquisas e desenvolvimento dessas tecnologias mais rápido será a transição da utilização das energias não renováveis pelas renováveis, impactando positivamente na vida da população, e no ambiente em que se encontra.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. BRASIL SOLAR POWER 2016. 2016. Disponível em: <<http://absolar.org.br/brasil-solar-power-2016-o-evento-oficial-do-setor-solar-fotovoltaico-brasileiro.html>>. Acesso em: jun. 2017.

CHIGUERU, T. Atlas Solarimétrico do Brasil, Banco de dados terrestres. Ed. Universitária da UFPE, Recife, 2000.

EPE, B. Balanço energético nacional 2016. 2016.

KAZMERSKI, L. L. Solar photovoltaics R&D at the tipping point: a 2005 technology overview. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* 150, 105-135, 2006.

JÁCOME, I. Produção de energia solar fotovoltaica no RN. 2017. Disponível em: <<http://www.novonoticias.com/economia/em-4-anos-producao-de-energia-solar-fotovoltaica-cresceu-4000-no-rn>>. Acesso em: jun. 2017.

DOS SANTOS, Jaeme GONÇALVES et al. A contribuição das fontes de energia renováveis para a construção de cidades digitais inteligentes: Uma breve análise do contexto brasileiro. *Revista ESPACIOS* Vol. 37 (Nº 11) Ano 2016, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a16v37n11/16371112.html>>. Acesso em: jun. 2017.

FORTES, Márcio Zamboti et al. ANÁLISE DA ADOÇÃO DE MEDIDORES INTELIGENTES COMO INSTRUMENTO DA POLÍTICA PÚBLICA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. *Engvista*, v. 19, n. 2, p. 316-327, 2017. Disponível em: <<http://www.uff.br/engvista/seer/index.php/engvista/article/view/836/413>>. Acesso em: jun. 2017.

FUGITA, Sergio Date. Smart meter integrado a analisador de qualidade de energia para propósitos de identificação de cargas residenciais. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-23022015-133145/en.php>>. Acesso em: jun. 2017.

COSTA, F. F. ; JUCÁ, Paulyne Matthews . Cidades Inteligentes: Uma Visão Geral. In: *Encontros Universitários de Quixadá*, 2013, Quixadá. *Encontros Universitários de Quixadá*, 2013.

LEMONS, André. Cidades Inteligentes: De que forma as novas Tecnologias - Como a computação em nuvem, o big data e a internet das coisas - podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?. *GVexecutivo*, v 12, n. 2, ano 2013, p. 46-49.

PRADO, Kárys Cristina Diederichs; SANTOS, Patrícia Estevão dos. *Smart Cities: Conceito, Iniciativas e o Cenário Carioca*. Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014. X, p 123.

Portal Educação, Google Analytics. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/48358/google-analytics>>. Acesso em 3 de julho de 2013.

Tribuna do Norte, Chineses confirmam fábrica para energia solar no Brasil. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/chineses-confirmam-fa-brica-para-energia-solar-no-rn/378938>>. Acesso em: jun. 2017.

Portal Solar- Lista de empresas de energia solar fotovoltaica. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empresas-de-energia-solar/rio-grande-do-norte>>. Acesso em: jun. 2017.

SCHEER, Hermann. *The energy imperative: 100 percent renewable now*. Routledge, 2013.

Real Solar - Energia renovável do Brasil. Disponível em: <<http://real-solar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: jun. 2017.

SOBRE O ORGANIZADOR

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acuidade Sensorial 226, 228, 229

Alumínio 3, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 21, 22, 228

Análise Sensorial 226, 227, 228, 229, 230

Aplicações 9, 11, 12, 13, 20, 21, 23, 29, 31, 34, 56, 65, 66, 68, 72, 74, 111

Arquitetura 69, 127, 134, 135

Asprocivil 151, 168, 169, 179

B

Biomateriais 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74

C

Carga 16, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 36, 38, 39, 48, 54, 56, 57, 59, 62, 78, 79, 83

Compostagem 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Condutividade Elétrica 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 16, 18, 19, 20

Contrafações 190, 193, 197, 198

D

Desenvolvimento Local 113, 114, 115, 124, 126

Dispersão Dielétrica 82

Drones 75, 76, 80, 81

E

Econometria Espacial 200

Economia Imobiliária 200

Embarcados 75, 77, 78, 79, 80

Espaço 3, 32, 76, 81, 112, 113, 127, 134, 135, 136, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 157, 188, 197, 202, 205, 228

F

Fios Ortodônticos 24, 25, 31, 32, 33, 54, 56, 57, 63

G

GWR 200, 201, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224

I

Incêndio 115, 151, 157, 161, 162, 163, 168, 170, 173, 176, 179, 180, 183, 184, 185, 186

Inovação 75, 76, 80, 81, 199

L

Laboratórios 139, 141, 143, 145, 147, 148

Liga 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 31, 32, 54, 56, 58, 64

M

Macroestrutura 11, 19

Meio Ambiente 35, 46, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 140, 149

Memória de Forma 23, 25, 32, 33, 54, 55, 56, 64

P

PEOT 168, 169, 170, 171, 172, 176

Permissividade Elétrica 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 94

Planta 160, 161, 162, 173, 175, 200, 203, 221, 222, 223, 225

Pneus 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126

Prevenção 151, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 172, 174, 175, 176, 179, 180, 181, 183, 185, 187, 189

Propriedade Intelectual 190, 193, 198, 199

PVG 200, 201, 203, 209, 220, 221, 222, 223, 224

R

Regressão 200, 202, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 214, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 224, 225

Resíduos 114, 115, 117, 118, 125, 126, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 202, 212, 214

Resistividade 1, 3, 4, 5, 11, 14, 16, 17, 18, 20

Riscos 127, 128, 129, 134, 135, 136, 137, 141, 151, 152, 153, 157, 158, 164, 165, 166, 169, 170, 172, 176, 179, 180, 187

RPAS 75, 76, 77, 80

Rugosidade 67

S

Saúde 45, 65, 66, 114, 117, 120, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 137, 138, 140, 149, 152, 154, 155, 157, 158

Seleção de Assessores 226

Solidificação 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 21, 22

Superelasticidade 23, 24, 25, 32, 33, 55, 56

Sustentabilidade 78, 113, 115, 124, 126, 139, 164, 189

T

Tecnologia 1, 9, 10, 11, 21, 43, 65, 73, 75, 76, 78, 80, 81, 125, 127, 241

Trabalho 1, 2, 11, 12, 14, 15, 18, 24, 25, 32, 35, 37, 39, 40, 45, 47, 54, 56, 65, 76, 82, 83, 97, 113, 115, 123, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 141, 147, 148, 151, 168, 179, 186, 188, 193, 202, 207, 208, 211, 213, 217, 218, 222, 223, 224, 226, 228

Tração 15, 24, 25, 26, 27, 28, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 63

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 