

Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas ciências exatas e tecnologias [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-798-7 DOI 10.22533/at.ed.987192611</p> <p>1. Ciências exatas – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 509</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, outros com métodos de desenvolvimento para o ensino de tecnologias, bem como um enfoque em energias renovais.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que buscam estar atualizados e alinhados com as novas tecnologias .

A obra Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Ciências Exatas e Tecnologias aborda os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

Outro ponto de grande destaque, são as novas ferramentas utilizadas em um compendio relacionado ao ensino-aprendizagem, como ferramentas tecnológicas que facilitem o entendimento e executem um link entre aluno-professor-conteúdo.

Desta forma temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A TECNOLOGIA E AS MUDANÇAS NO MERCADO DE TRABALHO	
Eduardo Bruno de Almeida Donato Amanda Moura Camilo	
DOI 10.22533/at.ed.9871926111	
CAPÍTULO 2	9
CIBERCULTURA: ESPAÇO DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA À LUZ DA TEORIA ATOR-REDE	
Diane Schlieck Martha Kaschny Borges	
DOI 10.22533/at.ed.9871926112	
CAPÍTULO 3	22
AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA	
Milena Beatriz Silva Loubach Pollylian Assis Madeira Marcos Antônio Pereira Coelho Lucas Borcard Cancela	
DOI 10.22533/at.ed.9871926113	
CAPÍTULO 4	30
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS METODOLOGIAS DE ENSINO PEER INSTRUCTION E LECTURING	
Felipe Barbosa Araújo Ramos Antonio Alexandre Moura Costa Ademar França de Sousa Neto Luiz Antonio Pereira Silva Dalton Cézane Gomes Valadares Andressa Bezerra Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.9871926114	
CAPÍTULO 5	44
SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS, TENDO EM CONTA A DIVERSIDADE DOS ESTUDANTES	
Valentina Tabares Morales Néstor Darío Duque Méndez Yorely Bryjeth Ceballos Marta Rosecler Bez Silvana Vanesa Aciar	
DOI 10.22533/at.ed.9871926115	
CAPÍTULO 6	60
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ASTRONOMIA AMADORA NA ERA DA CONVERGÊNCIA DE MÍDIAS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO	
Victor Alexandre Ferreira Luiz Agner	
DOI 10.22533/at.ed.9871926116	

CAPÍTULO 7	74
FÍSICA DA ALFACE: A PROMOÇÃO DA INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA, INFORMÁTICA E FRUTICULTURA	
Lázaro Luis de Lima Sousa Sammya Kele Macena de Freitas Subênia Karine de Medeiros Neo	
DOI 10.22533/at.ed.9871926117	
CAPÍTULO 8	86
DOMÍNIOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA PROMOÇÃO E ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE	
Diego Armando de Oliveira Meneses Adicinéia Aparecida de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.9871926118	
CAPÍTULO 9	102
RASPBERRY PI COMO COMPUTADOR PARA USO ACADÊMICO NO IFRO <i>CAMPUS</i> PORTO VELHO ZONA NORTE	
Jhordano Malacarne Bravim Gabriel Augusto Fernandes Gonçalves Júlio Viana Filho Juliana Braz da Costa Ricardo Lopes Viera César	
DOI 10.22533/at.ed.9871926119	
CAPÍTULO 10	115
A PRIVACIDADE EM UM CENÁRIO <i>PANSENSITÍVEL</i> DE INTERNET DAS COISAS & CIDADES INTELIGENTES	
André Barbosa Ramiro Costa Maria Amália Oliveira de Arruda Câmara	
DOI 10.22533/at.ed.98719261110	
CAPÍTULO 11	129
ROBÔ AUTÔNOMO SEGUIDOR DE LINHA PARA AUXÍLIO RESIDENCIAL	
Gabriel Paiva Magalhães Wesley Miguel Dos Santos Peixoto	
DOI 10.22533/at.ed.98719261111	
CAPÍTULO 12	138
ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING APLICADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE GÊNERO POR MEIO DE FREQUÊNCIA DE VOZ	
Maicon Facco Daíse dos Santos Vargas Marcos Antônio de Azevedo de Campos Cleber Bisognin	
DOI 10.22533/at.ed.98719261112	
CAPÍTULO 13	151
O QUE PODEM OS ALGORITMOS?	
Gabrielle Granadeiro da Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.98719261113	

CAPÍTULO 14 163

RECUPERAÇÃO DO ESTANHO PRESENTE EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI'S)
VISANDO À PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva
Carlson Pereira Souza
André Luis Lopes Moriyama
Raffael Andrade Costa de Melo

DOI 10.22533/at.ed.98719261114

CAPÍTULO 15 175

INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE GRAFENO E HIDROTALCITA APLICADOS COMO
ADSORVENTES PARA REMOÇÃO BIFUNCIONAL DE MICROPOLUENTES EM ÁGUA

Eliane Kujat Fischer
Cintia Hisano
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Rony Gonçalves Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.98719261115

CAPÍTULO 16 188

A VOLTA MAIS RÁPIDA PARA OBTER REDUÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL
CONSIDERANDO O CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Ivan Luiz Portugal Basile
Eduardo Ioshimoto
André Luiz Gonçalves Scabbia

DOI 10.22533/at.ed.98719261116

CAPÍTULO 17 204

DESENVOLVIMENTO E VIDA ÚTIL DE FARINHA A PARTIR DOS RESÍDUOS GERADOS NO
PROCESSAMENTO DE MÍNIMO DE CENOURA

Rosa Maria de Deus de Sousa
Celso Luiz Moretti
Cristina Maria Monteiro Machado
Leonora Mansur Mattos

DOI 10.22533/at.ed.98719261117

CAPÍTULO 18 217

VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL PARAMÉTRICA BIDIMENSIONAL
SOB CAMPO DE VENTO UNIFORME

Marcelo Marques
Fernando Oliveira de Andrade
Elaine Patrícia Arantes
Isabela Arantes Ferreira
Tobias Bleninger
Alexandre Kolodynskie Guetter

DOI 10.22533/at.ed.98719261118

CAPÍTULO 19	228
ANÁLISE MULTITEMPORAL DA MALHA VIÁRIA DO ESTADO DA PARAÍBA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DA CARTOGRAFIA DIGITAL E DO SENSORIAMENTO REMOTO	
Edmilson Roque da Silva Junior	
Emanoel Ferreira Cardoso	
Gilanildo Freires de Almeida	
Marcelo Laédson Morato Ferreira	
Renan Willer Pinto de Sousa	
DOI 10.22533/at.ed.98719261119	
CAPÍTULO 20	238
MAPEAMENTO LITO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DE GURJÃO-PB	
Thayná Bel Pereira Guimarães	
Natanael Felipe Lorenzi de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.98719261120	
CAPÍTULO 21	245
STUDY OF LIGHTNING BIFURCATION AND EFFECT ON RADIATION	
Fernando Júnio de Miranda	
DOI 10.22533/at.ed.98719261121	
CAPÍTULO 22	255
ESTIMATIVAS DO PODER EVAPORANTE DO AR PARA OS MUNICÍPIOS DE NOVO REPARTIMENTO E SANTANA DO ARAGUAIA NO ESTADO DO PARÁ	
Jocilene Teixeira do Nascimento	
Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros	
Valdeides Marques Lima	
Luane Laíse Oliveira Ribeiro	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
Joaquim Alves de Lima Júnior	
Fabio Peixoto Duarte	
Helane Cristina Aguiar Santos	
Wellington Leal dos Santos	
Bianca Cavalcante da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.98719261122	
CAPÍTULO 23	266
UTILIZAÇÃO DO MODELO TOPMODEL PARA ANÁLISE TEMPORAL DO SISTEMA CHUVA-VAZÃO NA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL	
Ciro Couto Bento	
Cristiano Christofaro Matosinhos	
Welberth Pereira Dias	
Thiago Martins da Costa	
Hernando Baggio	
DOI 10.22533/at.ed.98719261123	
CAPÍTULO 24	279
STRENGTH PREDICTION OF ADHESIVELY-BONDED JOINTS WITH COHESIVE LAWS ESTIMATED BY THE DIRECT METHOD	
Ulisses Tiago Ferreira Carvalho	
Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho	
DOI 10.22533/at.ed.98719261124	

CAPÍTULO 25 292

PRINCIPAIS MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADOS NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL PARA USO EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL: UMA REVISÃO

Isaide de Araujo Rodrigues
Ziel Dos Santos Cardoso
Deracilde Santana da Silva Viégas
Vinicius Tribuzi Rodrigues Pinheiro Gomes

DOI 10.22533/at.ed.98719261125

CAPÍTULO 26 305

USO DE LISTAS DINÂMICAS EM APLICATIVO MÓVEL PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA DO AR, VISANDO O CONFORTO TÉRMICO

Arlson José de Oliveira Júnior
Silvia Regina Lucas de Souza
Guilherme dos Santos Sousa
William Duarte Bailo
Daniel de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.98719261126

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 315

ÍNDICE REMISSIVO 316

A TECNOLOGIA E AS MUDANÇAS NO MERCADO DE TRABALHO

Eduardo Bruno de Almeida Donato

Graduando em Engenharia da Computação, pelo Instituto Federal da Paraíba- IFPB, Campina Grande -PB. E-mail: eduardo_donato@msn.com

Amanda Moura Camilo

Graduanda em Engenharia da Computação, pelo Instituto Federal da Paraíba- IFPB, Campina Grande -PB. E-mail: amandamouracam@gmail.com

RESUMO: Devido os avanços que o mundo vivencia desde a sua formação até o surgimento e organização da humanidade como a vemos hoje, muitas profissões passaram a existir e como o movimento de avanço, seja ele tecnológico ou humano, tem se tornado cada vez mais rápido e crescente, ao passo que muitas profissões passam a existir outras acabam deixando de ser necessárias. O que devemos fazer para não perder nossa profissão e nos tornar obsoletos devido a tal progresso? Conforme discorreremos por todo esse artigo, vemos que tal processo de mudança no campo das profissões ocorre desde os primórdios do surgimento da humanidade, contudo, cada vez que a tecnologia se desenvolve, tal problemática se torna mais relevante, por isso, buscamos, então, questionar tal situação e analisar as novas profissões bem como as defasadas, além, também, de discorrer sobre

o que podemos fazer para não sofrer com tais atualizações. Esse é o objetivo central deste artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia. Profissões. Mudanças.

TECHNOLOGY AND CHANGES IN THE LABOR MARKET

ABSTRACT: Due to the advances that the world experiences from its formation to the emergence and organization of humanity as we see it today, many professions have come into existence and as the advancement movement, whether technological or human, has become ever faster and growing. , while many professions come into existence others are no longer needed. What should we do not to lose our profession and become obsolete due to such progress? As we have discussed throughout this article, we see that such a process of change in the field of professions has occurred since the dawn of humanity's emergence, however, each time technology develops, such problematic becomes more relevant, so we seek question this situation and analyze the new professions as well as the lagged ones, and also discuss what we can do not to suffer from such updates. This is the central purpose of this article.

KEYWORDS: Technology. Professions. Changes

1 | INTRODUÇÃO

O que se vê quando olhamos para o retrovisor da história humana é que com a mesma velocidade em que as transformações sociais mudam, a tecnologia também muda, trazendo consigo a necessidade da criação de novas profissões, o que ao mesmo tempo, o que por efeito, causará a eliminação ou recriação de profissões pré-existentes.

Um exemplo disso, podemos ver que ao longo dos anos, grandes empresas consideradas como potências econômicas sendo aniquiladas pelo avanço da tecnologia, ao passo que a mesma mão que destrói é a mesma que cria outras gigantes.

Com o avançar dos anos, podemos ver que muitas profissões vão sendo extintas, principalmente as que lidam com trabalhos repetitivos e operacionais, como por exemplo: caixa de supermercado ou operador de telemarketing, e outras vão sendo criadas como os desenvolvedores de softwares, editor de DNA ou o polidor de robôs, e algumas sendo reinventadas, como os eletricitistas e técnicos em eletrônica.

Assim, podemos notar que o crescimento da tecnologia nos acarretará cada vez menos trabalhos manuais e repetitivos, assim, chegamos em um conceito importante e primordial para o desenvolver desse artigo: inteligência artificial. O que muitas vezes pensamos ser apenas uma máquina pensando como humano, na realidade, vai muito mais além. Inteligência artificial é a criação de uma máquina que, além de possuir capacidades que antes pareciam meramente humanas de realizar trabalhos manuais e repetitivos, também lhe é dada a capacidade de fazer conexões entre dados o que nos parece simular o pensamento humano.

Com essa certeza das mudanças que a tecnologia vem proporcionando no mundo profissional, podemos identificar os setores profissionais que irão sofrer de imediato e os que demorarão mais para serem percebidas tais mudanças, mas o que não há dúvidas é que todas irão passar por processos de transformação.

2 | A TECNOLOGIA ONTEM E HOJE

2.1 Do passado

Constantemente a tecnologia vem sendo desenvolvida para facilitar o nosso dia a dia, mas até quando essa facilidade irá realmente nos ajudar? Será que esse avanço condenará inúmeras pessoas ao desemprego? Como fazer para garantir seu sustento nesse mundo de desenvolvimento tecnológico constante?

Se olharmos para trás podemos perceber que várias profissões com o passar do tempo foram sendo abandonadas e findando por serem extintas.

Podemos citar como exemplo, o datilógrafo, que durante a segunda metade do século XX era uma profissão bastante solicitada, havendo até mesmo cursos profissionalizantes para tal. A sua extinção se deu logo com o advento da popularização do computador, o que fez com que as máquinas de datilografia fossem parar nos

museus.

Outro exemplo de profissão extinta foi às telefonistas, antigamente para efetuarmos uma ligação telefônica tínhamos que primeiramente conversar com essa profissional, informando detalhes de quem queríamos nos conectar, e de uma forma manual ela ‘transferia’ a chamada ao seu destinatário. Com o desenvolvimento da tecnologia, o telefone passou a ser um utensílio popular e as telefonistas se tornaram descartáveis.

Com a chegada da luz elétrica nas vias públicas, os profissionais responsáveis por acender os postes terminaram por serem obrigados a buscar um novo rumo profissional. Existiam tais profissionais, pois não existiam lâmpadas nos postes, e sim lamparinas a base de querosene.

Podemos relacionar várias profissões que deixaram de existir com o avanço tecnológico, podemos citar também: Despertador humano (parece inacreditável, mas existiam pessoas pagas para ir até a sua rua, fazendo barulho, apitando, batendo em sua porta), os responsáveis por organizar os pinos de boliche, caçador de ratos, radar humano (em que soldados utilizavam apetrechos na tentativa de prever a chegada de aeronaves inimigas), cortadores de gelo (que eram profissionais responsáveis por serrar bloco de gelo em lagos congelado para serem utilizados na refrigeração de alimentos, antes da invenção dos refrigeradores).

Tudo isso parece tão distante, mas se paramos para pensar e olharmos para alguns (poucos) anos atrás, antes do ano 2000 (se paramos para pensar bem, não faz tanto tempo assim), as pessoas costumavam registrar os momentos marcantes das suas vidas e posteriormente imprimi-las em papel fotográfico, hoje em dia, com o aparecimento das câmeras digitais e posteriormente com a sua acoplagem aos smartphones tal realidade mudou completamente.

Devido a tal avanço tecnológico, a empresa Kodak que no ano de 1998 possuía 170 mil funcionários, abriu falência deixando várias pessoas desempregadas.

Com a criação de uma simples ferramenta de software intitulado “Uber”, vários motoristas que transportam passageiros já se sentem ameaçados, travando grandes batalhas para tentar evitar o inevitável, insta salientar que os proprietários do aplicativo mencionado não possuem nenhuma frota de veículos, mas apenas o domínio de um aplicativo e são na atualidade a maior companhia de taxis do mundo. Mas como nada é para sempre, o “Uber” também pode se sentir ameaçada pelo avanço da tecnologia, empresas atualmente investem milhões no desenvolvimento de automóveis autônomos. Vê-se que tal evolução não atingirá apenas os donos de aplicativos de transporte, mas no futuro, as pessoas podem sequer necessitar possuírem carteiras de habilitação, o que também ocasionará na extinção de vários outros profissionais como os voltados para tal capacitação, os responsáveis pelo controle de tráfego, os atendentes de acidentes automobilísticos, dentre outros. E com a queda dos acidentes automobilísticos, as seguradoras também irão ser atingidas, formando um verdadeiro efeito dominó.

Podemos citar vários casos semelhantes ao mencionado anteriormente. A empresa “airbnb”, por exemplo, é na atualidade a maior companhia hoteleira do mundo, embora não sejam proprietários dos hotéis com os quais trabalham.

Ao analisarmos o desenvolvimento e a aplicabilidade da inteligência artificial, percebemos que algumas profissões atuais estão na mira das armas da tecnologia. A IBM (International Business Machines) que é uma empresa dos Estados Unidos voltada para a área de informática, desenvolveu uma plataforma de serviços cognitivos, denominada ‘Watson’.

Watson foi oficialmente apresentada ao mundo no ano de 2011, quando participou de um programa de perguntas e respostas reproduzido por um canal de televisão no seu país de origem. Naquela ocasião o software apenas conseguiu responder simples perguntas e realizar leitura textual. Contudo, atualizado, hoje, dentre outras funções, ele consegue fazer reconhecimento e análise de vídeos e imagem, leitura de grandes volumes de textos, interação por voz, criação de assistentes virtuais tentando adquirir conhecimentos a partir de informações recebidas buscando interagir com o ser humano, ajudando-o em vários setores, como na educação, saúde, instituições bancárias, agricultura, advocacia, entre outras.

Trazendo o Watson para realidade em que discutimos, nos Estados Unidos advogados jovens já não conseguem empregos com facilidade, pois o Watson proporciona aconselhamento legal que segundo especialistas no aplicativo prometem uma margem de precisão em exatidão superior ao desempenhado por humanos. Dessa forma, vê-se que o número de advogados atualmente pode ser reduzido no futuro próximo ou até mesmo tornar extinta essa profissão.

De igual modo, o mesmo software, o Watson, já ajuda profissionais da área da saúde a diagnosticar doenças como o câncer, com mais certeza que as doenças diagnosticadas por profissionais humanos.

No corrente mês, vivenciamos o maior evento futebolístico do mundo, estamos no meio de uma copa do mundo de futebol. Uma das maiores atrações desta edição foi a utilização do “árbitro de vídeo” que consiste na possibilidade do árbitro principal da partida (o juiz) recorrer a tecnologia (imagens gravadas) para solucionar possíveis dúvidas relacionadas a lances polêmicos. Tal implemento tecnológico já sinaliza cristalinamente a possibilidade real da extinção de tal profissional em um futuro não tão distante.

Na cidade de Nagasaki, no Japão, já existem hotéis em que quase todos os funcionários são robôs. No hotel “Henn” os hóspedes fazem os check-in totalmente automatizados, com ajuda de um robô dinossauro que deseja boas vindas, e realiza as orientações como “para hospedagem pressione 1”. Existem robôs que transportam suas malas diretamente para o quarto destinado a você, outros que lhe servem café e lhe lembram de eventos importantes. Através de comando de voz, o hospede acende e apaga as luzes, enquanto outro robô limpa as janelas e o piso do hotel, tornando as tarifas para seus clientes até duas vezes mais baratas do que os concorrentes.

Diante de tantas profissões extintas e outras na beira do precipício, o mercado também se abre a outros profissionais e novas profissões, é o que iremos discutir no capítulo posterior.

2.2 Do futuro

Avanços tecnológicos, correria do dia a dia, mudanças de comportamentos e consumo, aliados a rapidez da informação fizeram com que muitas novas profissões surgissem no mercado de trabalho, e algumas delas não estão nem no catálogo de profissões do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Hoje, profissões voltadas para a área tecnológica estão cada vez mais em alta, e a cada novo ciclo (aproximadamente dois em dois anos), surgem novas atualizações e conseqüentemente, novas profissões, muitas das quais não sabemos ao menos a finalidade, entretanto, têm se desenvolvido e crescido exponencialmente. Como exemplo, vemos o arquiteto de softwares, cuja finalidade nos parece ‘confusa’ à primeira vista, todavia, esse profissional monta estruturas, como de prédios, porém, com a finalidade de receber software que atendem as necessidades de um cliente em questão.

Apesar do crescimento exponencial de profissões da área de tecnologia, elas não irão fazer com que todas as outras profissões se tornem obsoletas e desapareçam por completo, mas trarão novas roupagens as profissões já existentes, por exemplo: um engenheiro, será sempre engenheiro, contudo, com atualizações e modificações profissionais, o profissional poderá tornar-se um arquiteto de logística, tudo a depender de sua busca por inovações, haja vista que o mercado, busca por profissionais atualizados e qualificados.

Com a crescente dependência social por inovações tecnológicas de facilitação da vida cotidiana, tecnologias que vão desde novas aplicações para smartphones, a robôs e inteligência artificial, estão sendo criadas e renovadas tornando o cotidiano mais prático, tirando o tempo que gastaríamos em atividades manuais e cognitivas, substituindo pela automatização do serviço, e fazendo com que conseqüentemente o usuário daquela tecnologia dedique seu tempo a tarefas que lhe são mais satisfatórias e não rotineiras. Entretanto, não só para tarefas simples do dia a dia, mas a tecnologia tem ‘invadido’ substancialmente todas as áreas, por exemplo: saúde, educação, economia, mobilidade urbana etc.

Na área da saúde, por exemplo, estão sendo criados robôs inteligentes, capazes de injetar, ou engolir, despejar uma droga em determinada região, escanear e realizar exames internos, desentupir artérias, identificar e aniquilar células cancerosas, vírus e bactérias, monitorar o corpo 24 horas por dia, reordenar, gerar, imprimir, órgãos, ossos e células, editar partes defeituosas do DNA, substituindo-a por partes saudáveis, etc. Todas essas realidades são desenvolvidas por bioquímicos e pesquisadores de biotecnologia, nano tecnologia, editores de DNA e designers de impressão 3D, sendo

a maioria delas, novas profissões, ou mesmo, profissões já existentes, que passaram por adaptações.

Em um contexto ainda mais presente, a Watson da IBM (empresa citada anteriormente), já tem ajudado médicos e enfermeiros no diagnóstico e tratamento de doenças, encontrando respostas ótimas para perguntas clínicas com muito mais eficiência que humanos, fazendo esse trabalho com base em sintomas, medicações e registros clínicos do paciente, ajudando também a evitar ou amenizar possíveis erros por negligência.

Ainda no ano de 2019, os primeiros veículos autônomos que integram um conjunto de tecnologias de sensores, de sistemas de controle e atuadores para ‘escanear’ o ambiente, determinar as melhores opções de ação e executar ações de forma mais segura e confiável do que poderia ser obtida por um condutor humano, serão apresentadas ao público, tirando assim, a necessidade prioritária de carteiras de motoristas para poder conduzir veículos, tornando assim, a necessidade de motoristas como um plano secundário, juntamente com a necessidade de instrutores e autoescolas, tornando essas tarefas obsoletas. Porém, abrindo o leque para que empresas criem táticas revolucionárias para criação de carros que serão como ‘computadores ambulantes’, trazendo cada vez mais profissionais de tecnologia, como engenheiros e desenvolvedores de software também para a área automobilística, profissionais voltados para a área de internet das coisas, mineração de dados, e muitos outros consequentes da transformação.

Na agricultura, um exemplo já praticado pela Watson da IBM IoT, é que, baseando-se em estudos que afirmam que em torno de 30 anos, a população mundial superará a cadeia produtiva de suprimentos alimentares, hoje em dia, existem tecnologias capazes de verificar, condições ambientais e agrícolas, oferecendo, assim, ajuda na tomada de decisões referente aos produtores desses insumos, informações como pH e qualidade do solo, temperatura e uma série de outros dados que são coletados e levados em conta por produtores.

Outra tecnologia referente a agricultura é que são instalados sensores que a partir de dados de clima e sensores, são capazes de fornecer quantidades precisas de água para cada planta otimizando assim, o crescimento da mesma. Esse movimento, apesar de fazer com que algumas profissões na área rural possam ser extintas, por outro lado, cria e atrai novas, como por exemplo, o minerador de dados, profissão que tem crescido grandemente em todos os setores.

No setor financeiro, também está havendo mudanças, pois, os clientes querem escolher como, quando e onde administrar seu dinheiro, sem perder muito tempo para isso. Para melhoria na tomada dessas decisões, foi criado, por exemplo, uma assistente virtual que recebe, organiza e processa informações eliminando as que são erradas ou irrelevantes para o cliente. Esse serviço também faz com que muitos empregos percam notoriedade e função, porém, abre portas para outros, como o minerador e o cientista de dados, programador etc.

Até por volta de 2020, a maioria de toda a população mundial terá smartphones, significando que cada um terá o mesmo acesso informação e a educação de classe mundial, professores não serão ao todo substituídos, contudo, permanecerão os mais qualificados, educação a distância, projeções holográficas de professores hoje em dia já são fatos. Essas realidades podem, contudo, reduzir o número de profissionais que trabalham com educação em escolas por exemplo, de ensino médio e universidades. E conseqüentemente alavancar outras profissões, como por exemplo, monitores, técnicos em computação, criadores de aplicações para smartphones, mineradores e cientistas de dados etc.

Muitas são as vantagens e desvantagens (para alguns) decorrentes do avanço da tecnologia, em todos os setores sociais. Contudo, a inserção da mesma em todas as áreas da vida humana, seja no mercado de trabalho, seja no dia a dia, vem para aprimorar e facilitar em inúmeras atividades. O conseqüente fim de determinadas profissões é um fato que vem acontecendo ao longo de toda história humana, contudo, a constante busca por aperfeiçoamentos e novos conhecimentos a começar de hoje, poderá ser responsável por um futuro mais estável, afinal, cabe somente ao profissional observar as tendências do mercado e se antecipar às mudanças.

3 | METODOLOGIA

Como metodologia para o desenvolvimento desse artigo, foi utilizada a pesquisa de caráter bibliográfico, dedutivo, descritivo e qualitativo, buscando compreender, como a tecnologia pode ajudar ao meio ambiente. A coleta de dados foi realizada feita pela pesquisa empírica com análise dedutiva, indutiva e analítica, sendo os dados coletados observados, analisados, classificados e interpretados sem a interferência em uma abordagem qualitativa de modo a buscar compreender a interação das variáveis, em um processo dinâmico, em tema de tecnologia e as mudanças no mercado de trabalho, a que é submetido todo corpo social.

4 | CONCLUSÃO

A conclusão de nossa discussão é clara, ou seja, podemos resumir a solução em uma frase: Adequação é tudo.

Tendo em vista que o mundo vive constantemente em mudança, devemos estar sempre buscando evoluir juntamente com o avanço dele para que possamos nos encaixar nas necessidades mais atuais que a evolução nos trás e se não conseguirmos percorrer lado a lado às mudanças, devemos ao menos não ficar parados no tempo, pois o obsoleto torna-se inútil.

Como vimos ao discorrer desse artigo, no mesmo instante em que funções deixam de ser necessariamente praticadas, outras oportunidades e atribuições surgem para o homem moderno e para as máquinas. O leque de oportunidades e novos caminhos

trazidos com as novas mudanças tecnológicas tornam algumas carreiras promissoras no futuro em detrimento da inutilização de outras.

Sendo assim, o remédio é um só, buscar no aprendizado os caminhos possíveis para a adequação. Infelizmente não existe outro caminho senão nos inovar, mudar de profissão pode ser árduo, para quem já percorreu outras longas estradas, como é o caso de um dos redatores desse artigo, mas às vezes é no novo, que se encontra a verdadeira felicidade e a realização profissional.

Independentemente do espaço que a robótica vem ocupando sempre existirá a necessidade de um ser humano para acionar o comando de partida e, quem sabe, ele não pode ser você.

REFERÊNCIAS

ÉPOCA. Disponível em: < <https://epoca.globo.com/vida/vida-util/carreira/noticia/2014/03/bprofissoesb-condenadas-desaparecer-e-que-resistiraonovas-tecnologias.html> > Acesso em 28/06/2019.

G1. Disponível em: < <https://g1.globo.com/economia/concursos-e-emprego/noticia/tecnologia-vai-mudar-dinamica-no-mercado-de-trabalho-diz-pesquisa.ghtml> > Acesso em: 28/06/2019.

IBM: A inteligência pronta para trabalhar. Disponível em: < https://www.ibm.com/thought-leadership/smart/br-pt/?cm_mmc=Display_Canaltech_-_Corporate%20Advertising_Pillars_-_IBR_BR_-_25409519_Masterbrand%20Seguran%E7a%20Devs&cm_mmca1=000027JP&cm_mmca2=10006704&cm_mmca4=25409519&cm_mmca5=53501970&cm_mmca6=b4e41582-5527-4e97-9c8e-0bcbeb89deab&cvo_src=display.Canaltech%20BR.Discover%20Visits%20LP%20Banner%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20Masterbrand%20Seguran%E7a%20Devs_SD%20Section_DesktopMobileTablet_1920x1080&cvo_campaign=000027JP&cvo_pid=25409519 > Acesso em: 28/06/2019.

TRAINEE. Disponível em: < <http://www.traineerh.com.br/dez-profissoes-desapareceram-ao-longo-tempo/> > Acesso em 28/06/2019.

CIBERCULTURA: ESPAÇO DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA À LUZ DA TEORIA ATOR-REDE

Diane Schlieck

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC – Florianópolis/SC

Martha Kaschny Borges

Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC – Florianópolis/SC

RESUMO: Este artigo pretende criar uma conexão, na perspectiva da Teoria Ator-Rede (TAR), entre o uso das tecnologias digitais (TD) e a aprendizagem colaborativa, imersa em um novo espaço de produção de cultura participativa, a cibercultura. O principal objetivo desse estudo é analisar uma prática docente que se apropriou das TD e da metodologia da Pedagogia de Projetos para desenvolver uma aprendizagem mais colaborativa. Propomos também uma discussão sobre o aluno contemporâneo a fim de compreendermos como ele está organizando seu pensamento e se apropriando das informações encontradas no mundo digital e as transformando em conhecimento. Pensamos a aprendizagem colaborativa na perspectiva de um dos principais focos da TAR, o de assumir, humanos e não-humanos, como mediadores de maneira igualitária, pois ambos são actantes capazes de promoverem ações que transformam e qualificam o processo de ensino – aprendizagem dos alunos e a prática docente. Conclui-se

que um dos maiores desafios educacionais da atualidade é saber usar pedagogicamente as TD, pois há muitas possibilidades de criação de situações de aprendizagem a serem exploradas e que permitem que o aluno se veja como autor e coautor no processo de construção do conhecimento e crie relações significativas com o mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem colaborativa. Cibercultura. Tecnologias Digitais. Teoria Ator-Rede.

CYBERCULTURE: COLLABORATIVE LEARNING SPACE FOR LIGHT THE ACTOR-NETWORK THEORY

ABSTRACT: This article aims to create a connection, from the perspective of Actor-Network Theory (ART), between the use of digital technologies (TD) and collaborative learning, immersed in a new space for the production of participatory culture, cyberculture. The main objective this study is to analyze a teaching practice that appropriated the TD and the methodology of Project Pedagogy to develop more collaborative learning. We also propose a discussion about the contemporary student in order to understand how he is organizing his thinking and appropriating the information found in the digital world and turning it into knowledge. We think of collaborative learning from the perspective of one of the main focuses

of ART, to assume, human and non-human, as mediators in an equal manner, because both are players capable of promoting actions that transform and qualify the teaching process - student learning and teaching practice. It is concluded that one of the greatest educational challenges of today is knowing how to use TD pedagogically, because there are many possibilities for creating learning situations to be that allow the student to see himself as an author and co-author in the process of knowledge building and create meaningful relationships with it.

KEYWORDS: Collaborative Learning. Cyberculture. Digital Technologies. Actor-Network Theory.

1 | INTRODUÇÃO

O presente artigo se propõe a estabelecer um diálogo entre o uso das TD em um novo espaço de produção de cultura participativa – a cibercultura na perspectiva da Teoria Ator-Rede – TAR desenvolvida por Bruno Latour (1997, 2009, 2010, 2012) e possíveis repercussões nos processos de ensinar e aprender.

As tecnologias estão cada vez mais presentes no nosso dia a dia. Passamos o dia conectados ao Whatsapp ou Facebook, nosso voto é eletrônico, realizamos transações bancárias, efetuamos compras online, trabalhamos, interagimos e nos divertimos com elas. No cotidiano escolar não é diferente, os alunos utilizam seus celulares a todo instante, seja para ouvir música, acessar redes sociais, mandar sms, tirar fotos, fazer check in, além de ampliarem as possibilidades do fazer pedagógico, mostrando que há novas formas de acessar as informações, novas maneiras de ensinar e aprender e produzir conhecimento.

A cibercultura surgiu com o uso do ciberespaço, como uma nova forma de cultura. Esse espaço com existência própria (SANTAELLA, 2013) é utilizado para acessar informações e compartilhar saberes, disponível a qualquer pessoa e em qualquer lugar que se tenha acesso as tecnologias digitais.

Esta nova cultura é um processo social contemporâneo que vem modificando nossa maneira de pensar e agir, as nossas relações com os humanos, os não-humanos e com o conhecimento. A cibercultura permite outras possibilidades de comunicação e socialização, onde pessoas, de todas as idades, inserem-se nas redes sociais, buscam respostas às suas dúvidas, trocam informações sobre o que lhes interessa, têm acesso ao que acontece no mundo, se apropriam de mais conhecimento, ou seja, criam uma cultura participativa (JENKINS, 2009). Enfim,

o ciberespaço se apresenta como um novo espaço de codificação, de produção, de armazenamento e de transmissão do conhecimento e, neste novo espaço social, uma nova cultura está sendo construída pela sociedade atual, determinando novas formas de comunicação, de interação, novas atitudes, competências, atitudes e valores, isto é, a cibercultura. (Borges, Pereira e Wagner, 2005, p. 04).

A Teoria Ator-Rede também denominada de sociologia das associações, analisa as diferentes relações que se estabelecem entre os humanos (no nosso caso, os professores e alunos) e os não-humanos (computador, smartphone, lousa digital, caderno, lápis...).

Bruno Latour, filósofo, antropólogo e sociólogo francês desenvolveu junto com os pesquisadores Michel Callon e John Law a ANT - Actor Network Theory, que traduzida para a língua portuguesa, se denomina Teoria Ator-Rede – TAR. Tal estudo, procura dissolver a dicotomia que existe entre a natureza e o homem, enaltecendo a importância de se investigar suas associações, conexões e políticas de agrupamento. Desta forma todos os atores/seres humanos e não-humanos são considerados como agentes potenciais de transformação.

O uso das TD está cada vez mais ubíquo, dando alicerce e sentido a novas maneiras de pensar e agir dos alunos, conseqüentemente, novas conexões estão sendo estabelecidas entre esses alunos, as TD e o conhecimento, que influenciam, inclusive, no processo de ensino-aprendizagem dos mesmos.

Os alunos estão modificando sua forma de interação com o mundo ao seu redor, eles aprendem rapidamente como utilizar as TD, como navegar no ciberespaço e assim, ajudam a construir e promover a cibercultura.

2 | ALUNO NOVO, ESCOLA VELHA?

Para esta nova geração, a cibercultura vem proporcionando outras possibilidades, novos espaços onde as crianças e os jovens se procuram e se agrupam em comunidades, buscam mais conhecimentos e soluções para suas dúvidas, com a ajuda de outros, informam-se sobre os acontecimentos do mundo, da sua cidade e dos seus direitos, enfim, uma geração que está fortalecendo uma cultura participativa. [...]. (ÁVILA; BORGES, 2015, p.111).

No mundo contemporâneo, com as TD, o acesso às informações está mais facilitado, favorecendo uma aprendizagem mais colaborativa. Enquanto, antigamente, a leitura de um texto era linear, atualmente, a leitura tornou-se multilinear, podendo, a “um click”, trazer informações diferentes, mas coerentes com a sua leitura, dependendo da vontade e intenção do leitor.

Nossos alunos estão cada vez mais conectados, pesquisando, assistindo, postando, jogando e comunicando-se com seus pares, tudo ao mesmo tempo, de qualquer lugar, a qualquer momento. Para Santaella, “graças à explosão das redes sociais, os princípios baseados em troca, participação, colaboração e compartilhamento expandiram-se novamente” (2013, p. 273). Neste perspectiva, Lévy ressalta que

O hipertexto é dinâmico, está perpetuamente em movimento. Com um ou dois cliques, obedecendo por assim dizer ao dedo e ao olho, ele mostra ao leitor uma de suas faces, depois outra, um certo detalhe ampliado, uma estrutura complexa esquematizada. Ele se redobra e desdobra à vontade, muda de forma, se multiplica,

se corta e se cola outra vez de outra forma. Não é apenas uma rede de microtextos, mas sim um grande metatexto de geometria variável, com gavetas, com dobras. Um parágrafo pode aparecer ou desaparecer sob uma palavra, três capítulos sob uma palavra ou parágrafo, um pequeno ensaio sob uma das palavras destes capítulos, e assim virtualmente sem fim, de fundo falso em fundo falso. (2010, p.41).

Atualmente, as TD interagem de forma cada vez mais complexa. Hoje há circulação de palavras, ideias, imagens, sons, local e global, no ciberespaço, e vêm modificando a maneira como produzimos, consumimos e compartilhamos informações e conhecimentos.

Neste sentido, as associações que estabelecemos entre sujeito e objeto modificam a prática educativa, mostrando que o mais importante não é possibilitar o acesso às tecnologias, mas possibilitar a participação na produção de conhecimento por meio do uso das mesmas. E que estas situações de aprendizagem resultem de ações coletivas, que instiguem a troca e a circulação de saberes, a capacidade de expressar-se e fazer conexões entre as diferentes informações encontradas.

Os alunos estão organizando seus pensamentos de maneira diferenciada diante do volume de informações a que têm acesso em seu “diálogo humano-computador” (SANTAELLA, 2013, p. 290) com o advento da cibercultura, constituída como espaço de comunicação, de troca de saberes, necessária à formação integral do aluno. E consideramos importante rever, a partir desta realidade, nossa prática educativa e agregarmos novas formas de aprendizagem as que já estamos habituados a fim de enriquecê-la. Seguindo neste sentido, Santaella contribui afirmando que

A par de todas as implicações econômicas e políticas decorrentes das profundas transformações culturais que aciona, a ecologia midiática hipermóvel e ubíqua afeta, sobretudo, a cognição humana. Ao afetar a cognição, produz repercussões cruciais na educação. Novas maneiras de processar a cultura estão intimamente conectados a novos hábitos mentais que, segundo o pragmatismo, desaguardam em novos modos de agir. Os desafios apresentados por essas emergências deveriam colocar sistemas educacionais em estado de prontidão. (2013, p. 18 e 19).

Para a TAR, humanos e não-humanos têm o mesmo grau de importância nas ações que desenvolvem. Neste sentido, esta teoria nos ajuda a identificar e compreender a importância das associações entre humanos (professores e alunos) e não-humanos (computador, smartphone, lousa digital, caderno, lápis...) e “[...] ir além da separação entre sujeitos autônomos e objetos inertes, passivos obedientes, simples intermediários. Eles também são mediadores. [...]” (LEMOS, 2013, p.23). O que torna o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico, participativo e colaborativo, possibilitando que o aluno aprenda – fazendo, proporcionando maior autonomia a ele na busca por informações, compartilhamento de saberes e produção de conhecimentos, tornando a aprendizagem colaborativa e significativa para todos actantes envolvidos nesse processo.

Na TAR, o actante é definido pela sua atitude, pelo papel que desempenha nas

redes de associações que produz. E essas redes são as conexões estabelecidas entre os actantes envolvidos que interferem, influenciam e até modificam o comportamento um do outro dependendo das relações que promovem. E essas relações compõem a nossa existência e a nossa prática educativa, na medida em que os actantes não-humanos,

[...] são também mediadores e a mídia é mais do que uma externalidade do humano, uma extensão do homem. Ela é parte da rede que o constitui. Na expressão “ator-rede”, o ator não é o indivíduo e a rede não é a sociedade. O ator é a rede e a rede é o ator, ambos são mediadores em uma associação. (LEMOS, 2013, p. 23).

Segundo Latour (2012), o social é uma associação momentânea que surge das controvérsias provocadas pelos actantes. E essas controvérsias são um paradoxo que instigam e desafiam todas as ciências baseada em cinco fontes de incertezas que o inquietam, dentre elas, destaco aqui a segunda que refere-se à natureza das ações, considerada à base da expressão Ator-Rede, e ilustra bem a indiferença de classificarmos quem é o responsável pelas ações promovidas pelas associações que humanos e não-humanos estabelecem nos processos que participam.

A segunda fonte de incerteza significa que nunca agimos sozinhos e sua controvérsia encontra-se na incerteza da origem da ação, pois quem ou o quê está agindo é indefinido, na medida em que ator e rede se associam, se misturam, se convergem para produzir e assumir ações. Neste sentido, Latour deixa bem claro que “[...] Uma ação que não faça diferença, não gere transformação, não deixe traços e não entre num relato não é uma ação. Ponto final. Ou faz alguma coisa ou não faz nada. [...]” (2012, p. 84). E, mais importante que saber qual ação é desenvolvida nas associações que estabeleço com os actantes envolvidos, é saber como desenvolveremos esta ação, pois toda ação mediadora deve ser dotada de intenções.

Desta maneira, percebemos a importância de superarmos a separação que há entre sujeito e objeto no que diz respeito a sua relevância para a qualificação da prática educativa, para a qualificação do processo de ensino-aprendizagem dos alunos e percebermos assim, que é na troca efetiva com o outro, independente do actante, que crescemos, aprendemos, amadurecemos e nos desenvolvemos integralmente.

Assim sendo, acreditamos que a questão principal para repensarmos as escolas seria modificarmos nossas práticas pedagógicas, desenvolvendo novas formas de ensinar que contemplem o uso de diferentes tecnologias digitais para a apropriação de conteúdos curriculares efetivamente adequados à sociedade contemporânea, na perspectiva da aprendizagem colaborativa e da cultura participativa.

Na aprendizagem colaborativa, a participação de todos os actantes no processo de ensino-aprendizagem ocorre por meio das associações que promovem com as informações encontradas, das conexões que estabelecem entre os actantes (usar sempre os mesmos termos) envolvidos, valorizando o conhecimento trazido por todos, consolidando uma aprendizagem colaborativa de construção coletiva de conhecimento.

Quando pensamos em ações e atividades que possibilitem uma aprendizagem colaborativa, devemos entender que há,

[...] uma geração mais propensa a criar estratégias e habilidades para superar e lidar com o atual estilo de vida, principalmente quando a cultura participativa, por meio das diferentes mídias e TDIC, vêm se fortalecendo e, desta forma, possibilitando às crianças a criação de estratégias de forma coletiva e colaborativa. (ÁVILA; BORGES, 2015, p. 112).

Diante deste contexto, consideramos um dos maiores desafios educacionais da atualidade é saber usar pedagogicamente as TD, pois há muitas possibilidades de exploração e criação de situações de aprendizagem. Isso não significa que as formas emergentes de aprendizagem devam esquecer as formas antigas, pois elas se complementam.

Isso significa que o importante é termos noção de que o acesso à informação está mais fácil, a escola deixou de ser o único local de legitimação do saber (MARTIN-BARBERO, 2011) e o professor “[...] está longe de ser o detentor do saber [...]” (SANTAELLA, 2013, p. 307). Por consequência, buscamos o equilíbrio entre as diferentes formas de aprendizagem existentes a fim de qualificarmos o processo de ensino-aprendizagem dos alunos e avançarmos, tanto na forma de adquirir conhecimento como na forma de produzir conhecimento.

Isto posto, apresentaremos a seguir um exemplo de prática pedagógica que articula tecnologia digital, cibercultura e aprendizagem colaborativa, analisada na perspectiva da TAR.

3 | ANIMANDO

“Humanos se comunicam. E as coisas também. E nos comunicamos com as coisas e elas nos fazem fazer coisas, queiramos ou não. E fazemos as coisas fazerem coisas para nós e para outras coisas. É assim desde o surgimento do humano no planeta. Na cultura contemporânea, mediadores não-humanos (objetos inteligentes, computadores, servidores, redes telemáticas, smart phones, sensores etc.), nos fazem fazer (nós, humanos), muitas coisas, provocando mudanças em nosso comportamento no dia-a-dia e também, em contrapartida, recursivamente, mudamos esses não-humanos de acordo com as nossas necessidades. O que eles, os não-humanos, nos fazem fazer, ganham, a cada dia, não só uma maior abrangência, invadindo todas as áreas da vida quotidiana, como também maior poder prescritivo, indicando e nos fazendo fazer coisas em um futuro próximo. Eles nos induzem a coisas que não podemos deixar de fazer, aqui e agora, acolá e depois. Não vivemos sem eles. (LEMOS, 2013, p. 19).

As tecnologias têm se mostrado ferramentas pedagógicas ricas, na medida em que auxiliam o aluno, enquanto pesquisador e criador, a produzir conhecimento individual ou coletivamente.

Desenvolver Projetos que envolvam a Animação, por meio da técnica *Stop Motion*, exige a participação de todos os actantes e seu envolvimento em todas

as suas etapas do Projeto, ratificando a riqueza do trabalho construído por meio de uma aprendizagem colaborativa considerada pertinente ao processo de ensino – aprendizagem, pois permite que o aluno aprenda fazendo, e assim, crie relações significativas com o conhecimento. A vista disso, nos anos 90, Freire já afirmava que era essa

[...] a prática educativa que, coerente com o ser que estamos sendo, desafia a nossa curiosidade crítica e estimula o nosso papel de sujeito do conhecimento e da reinvenção do mundo. Esta, no meu entender, é a prática educativa que vem sendo exigida pelos avanços tecnológicos que caracterizam o nosso tempo (FREIRE, 1987, p.77).

Com a intenção de efetivamente colocarmos em ação uma prática educativa coerente, inovadora e na qual os alunos fossem os protagonistas de sua aprendizagem, desenvolvemos o Projeto de trabalho intitulado “Animação: criando relações significativas com o conhecimento por meio da técnica *Stop Motion*”.

Este Projeto foi desenvolvido na Escola Básica Municipal Intendente Aricomedes da Silva – EBIAS, uma escola pública do município de Florianópolis. Os sujeitos do estudo são os alunos das Turmas de Educação Integral que, por terem uma grade curricular e um tempo de aula diferenciados, além de mais possibilidades de reuniões para planejamentos coletivos, propiciou desenvolver uma metodologia baseada na Pedagogia de Projetos. Segundo Almeida

Ao desenvolver projetos em sala de aula, é importante levantar problemáticas relacionadas com a realidade do aluno, cujas questões e temáticas em estudo partem do conhecimento que ele traz de seu contexto e buscam desenvolver investigações para construir um conhecimento científico que ajude este aluno a compreender o mundo e a conviver criticamente na sociedade. Assim, a partir da busca e da organização de informações oriundas de distintas fontes e tecnologias, valoriza-se a articulação entre novas formas de representação de conhecimentos por meio das mídias e respectivas formas de linguagem que mobilizam pensamentos criativos, sentimentos e representações, contribuindo para a comunicação, a interação entre pessoas e objetos de conhecimento, a aprendizagem e o desenvolvimento de produções. (2005, p. 40).

Esta metodologia requer um trabalho flexível e permite a participação de todos os actantes envolvidos, além de possibilitar ao professor inovar a sua prática docente e consolidar uma postura colaborativa de ensinar e aprender.

Neste contexto, as tecnologias digitais são ferramentas pedagógicas muito ricas, na medida em que auxiliam o aluno, enquanto pesquisador, a produzir conhecimento. É a partir dos conhecimentos pesquisados que ele constrói o seu próprio conhecimento e compartilha saberes. Reflexo de uma aprendizagem significativa.

As Escolas Básicas da Rede Municipal de Florianópolis possuem uma Sala Informatizada equipada com diferentes tecnologias e um Professor especializado em Tecnologia em Educação, responsável por mediar o uso dessas tecnologias

integrandoas à prática educativa, seja em forma de projetos ou como aulas pertencentes à grade curricular.

Desta forma, podemos dizer que, na Rede Municipal de Ensino de Florianópolis, não há escola que conviva sem a presença das tecnologias digitais. Não conseguimos mais falar em educação sem mencionar a sua utilização e de como o aluno já se apropria delas na construção de seu imaginário e da sua identidade. Na entrevista concedida a Santos, Michele Serres destaca que,

Na educação, em outros momentos, se tinha apenas a palavra – alguém que cantava ou falava, e era preciso repetir o que ele dizia. Desde o momento que se inventou a escrita, cada estudante podia ter diante dos olhos algum registro do que era ensinado. Logo, a pedagogia mudou, a escola mudou, a partir do instante que houve a escrita. Obviamente, a escola mudou completamente quando surgiu o livro. Por exemplo, se diz que, no momento da Reforma, Lutero afirmava “todo o homem se torna um papa com uma bíblia na mão”. Após o livro, não era mais necessário o papa, se estava diretamente ligado a Deus. Portanto, observe tudo se modifica com a invenção técnica da escrita, da leitura, etc. e do digital da Polegarzinha. Por outro lado, a ideia que compõe uma relação pedagógica entre o mestre e o aluno é constante na história. O mestre pode ser um aedo, um cantor, um professor, etc. O suporte modificou-se de forma definitiva, o suporte escrito, o suporte livro ou o suporte digital. (2015 p.246).

Os principais objetivos desse Projeto foram: apresentar aos alunos os fundamentos da técnica de animação Stop Motion através da criação, do planejamento e da produção de filmes pelos alunos; despertar o interesse pelo universo da linguagem comunicativa, linguagem de animação, incentivando a criatividade, a escrita coesa e coerente e o trabalho em equipe; e, promover práticas educativas com o uso de tecnologias digitais a fim de que se configurasse numa prática pedagógica inovadora, balizada pela missão da escola de mobilizar alunos e professores para o ensinoaprendizagem, por meio de práticas educacionais inovadoras, envolvendo todos os segmentos escolares na consolidação de uma educação colaborativa, ética e cidadã.

Assim, o projeto foi desenvolvido em etapas para que os alunos se apropriassem da técnica Stop Motion com bastante segurança a fim de desenvolverem seu vídeo com propriedade. Os alunos viram filmes de Animação, filmes explicando como se faz uma Animação utilizando a técnica escolhida; e em grupos decidiram o tema do seu vídeo, desenvolverem o roteiro e a *storyboard*, criaram o cenário e os personagens, tiraram as fotografias com a câmera digital ou celulares e com auxílio e tripés; editaram as fotografias e produziram os vídeos utilizando o editor de vídeo Movie Maker, coletivamente. A avaliação dos trabalhos ocorreu durante todo o processo de desenvolvimento do projeto e de maneira processual, objetivando, principalmente, enaltecer e orientar o trabalho em equipe, a criatividade e a responsabilidade com a produção de um trabalho público, porque seus trabalhos finais foram disponibilizados no Canal do Youtube da Escola13 e qualquer pessoa tem acesso.

Durante todo o desenvolvimento do projeto e suas etapas, percebemos a importância do uso das tecnologias digitais como ferramentas pedagógicas ricas, na

medida em que auxiliam o aluno a produzir conhecimento individual e coletivamente e a assumir o papel de protagonista do seu processo de aprendizagem e dos colegas também. E mais, em determinadas situações, as TD assumem o papel de mediadoras nas associações estabelecidas. Ou seja, os actantes não-humanos modificam cognitivamente os actantes humanos.

Isto posto, acreditamos que as tecnologias digitais podem facilitar a comunicação, libertar a expressão, estimular a criatividade, instigar a descoberta, inovar a prática e promover aprendizagens mais colaborativas. Segundo a TAR, ao sermos híbridos¹⁴ efetuamos associações de pessoas com pessoas, de pessoas com coisas e de coisas com as coisas. Neste sentido, todos os actantes podem ser mediadores – aqueles que modificam as associações, no nosso caso as aprendizagens; ou intermediários – aqueles que apenas transmitem as associações sem modificá-las e neste caso, não ocorre a aprendizagem, apenas a reprodução/memorização do conhecimento.

Assim, dependendo da situação, tanto humanos – professores e alunos, como não humanos – como as TD podem assumir o papel de mediação e possibilitarem a aprendizagem e a construção do conhecimento, uma vez que a educação é um processo social e está em permanente construção. Paulo Freire já afirmava que “Educar é impregnar de sentido o que fazemos a cada instante.” (1996, p. 20).

Neste sentido, a TAR, por meio do seu quadro teórico e metodológico, traz novas possibilidades para as pesquisas educacionais, pois nos permite compreender como os alunos se apropriam das tecnologias digitais e as utilizam para aprender ao mesmo tempo em que estabelecem relações significativas com o conhecimento.

Uma nova prática docente será necessária, na qual alunos, professores e tecnologias estabelecem conexões/associações para acessarem informações e as transformem em conhecimento, apropriando-se de maneira significativa e colaborativa do conhecimento, das tecnologias e sendo protagonistas na cibercultura, este novo espaço que é “[...] fruto de novas formas de relação social [...] de novas formas de reencantamento social [...] misturando tecnologia, imaginário e socialidade [...]”. (LEMOS, 2015, pg.266 e 267).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos observados, percebemos que a inquietação do professor diante das situações de ensino-aprendizagem que encontra, deve aproximá-lo da realidade do aluno, a fim de desmistificar muitas questões relacionadas ao processo de aquisição e construção do conhecimento. Dado o exposto, acreditamos que nunca tivemos tanta oportunidade de aprendermos juntos sem estarmos, necessariamente, no mesmo local, como agora. Conforme Moran,

As tecnologias são pontes que abrem a sala de aula para o mundo, que representam, medeiam o nosso conhecimento do mundo. São diferentes formas

de representação da realidade, de forma mais abstrata ou concreta, mais estática ou dinâmica, mais linear ou paralela, mas todas elas, combinadas, integradas, possibilitam uma melhor apreensão da realidade e o desenvolvimento de todas as potencialidades do educando, dos diferentes tipos de inteligência, habilidades e atitudes. (2007, p. 165).

Moran (2014) destaca também que a colaboração, a troca, a convivência virtual e o compartilhamento de saberes reiteram o que Freire (1996) sempre dizia ser um dos principais princípios da educação: educador e educando aprendendo juntos e em comunhão, inerentes a aprendizagem colaborativa.

A diferença de 1996 para 2016, agora estamos vivenciando a cibercultura (ÁVILA; BORGES, 2015), uma nova cultura que está modificando nossa comunicação, consolidando a comunicação em rede que vem ampliando as possibilidades de acesso às informações, a novas formas de interação com os alunos, as novas maneiras de produzirmos conhecimento de maneira mais colaborativa.

Humanos e não-humanos estão modificando nossa maneira “[...] de pensar e de agir em todos os domínios da cultura [...]” (LEMOS, 2013, p. 20) o tempo todo. No cotidiano escolar não é diferente, os alunos utilizam seus celulares a todo instante, seja para ouvir música, acessar redes sociais, mandar sms, tirar fotos, fazer check in, além de ampliarem as possibilidades do fazer pedagógico.

Na educação, não temos mais apenas as palavras organizadas em frases escritas. Temos as palavras com sons, formas, imagens, cores, animações. Não temos mais apenas os livros didáticos, o rádio, o jornal e a revista. Temos a televisão, o computador, o tablet, a Internet, os smartphones. Não temos mais apenas a carta, a interpretação e criação de textos escritos, confecção de cartazes. Temos o e-mail, a criação de Blog, Fan Pages, Fan Fictions, Rádio Escola.

Enfim, um universo inteiro de descobertas e novas possibilidades que consideram todas as formas e linguagens da comunicação. E mais, “[...] as crianças da atualidade participam ativamente do mundo digital e se tornam coautoras de tudo aquilo que constroem no ciberespaço [...]” (ÁVILA; BORGES, 2015, p. 109).

Independente da metodologia, da TD a ser utilizada, o professor precisa, ao planejar suas aulas, ter clareza da sua intencionalidade. Os actantes envolvidos poderão ser apenas intermediários ou mediadores, isto irá depender da proposta de trabalho e da maneira como ele será colocado em prática, pois humanos e não-humanos podem exercer diferentes papéis dependendo da intencionalidade da ação.

Para tanto, um planejamento bem estruturado ajuda a traçar de forma clara e crítica, o caminho que se faz necessário percorrer para alcançar os objetivos propostos. Assim, é importante que o professor esteja buscando, constantemente, novas formas de ensinar e aprender, ampliando suas possibilidades de fazer pedagógico; novas formas de interação com os alunos, favorecendo a aprendizagem colaborativa.

A experiência descrita neste artigo demonstra que é possível inovarmos a prática docente e integrarmos as tecnologias digitais, tão familiares aos alunos, a

ela. Precisamos desenvolver atividades que se apropriem das relações estabelecidas entre humanos e não-humanos a fim de promovermos a aquisição e a construção colaborativa e participativa de conhecimento, a construção de espaços de troca de informações e saberes necessário a formação integral do aluno, possibilitando que o aluno aprenda fazendo, tornando-se autor e coautor do seu processo de ensino-aprendizagem.

Acreditamos ser imprescindível conhecer e analisar o aluno contemporâneo, este sujeito que já não sabe se manter em sala de aula sem se mexer e conversar, que organiza seus pensamentos e se comunica de maneira diferente, que enxerga o mundo com outros olhos, que manipula várias informações ao mesmo tempo e que estão desprotegidos (SERRES, 2015), pois “[...] nós, adultos, não inventamos nenhum novo laço social. A iniciativa generalizada de suspeitar, de criticar e de indignar-se mais contribui pra destruí-los.” (SERRES, 2015, p. 23).

Compreendemos ser perceptível a mudança na forma com que os alunos interagem, se comunicam e aprendem. Percebemos também que os professores ou não se deram conta dessa mudança ou não estão sabendo como agir em relação à ela. Ainda há um distanciamento entre os alunos do mundo digital que frequentam as escolas e os métodos e metodologias desenvolvidas nas escolas.

E, diante desta realidade, queremos compreender como os alunos contemporâneos estão adquirindo e produzindo conhecimento a fim de termos subsídios para buscar novas formas de ensinar e aprender, em busca de novas práticas docentes que agreguem este novo aluno e este novo aprender. Portanto,

[...] alimentar pensamentos capazes de descobrir o que a realidade, por mais nefasta que pareça, também apresenta de positivo e promissor é uma maneira de agir no mundo de modo a contribuir para que seu lado razoável cresça e prevaleça. Embora o cinismo e a melancolia nos rondem, não é possível viver sem apostar no porvir, principalmente quando estamos cercados de jovens cuja esperança não pode ser perdida. [...]. (SANTAELLA, 2013, p. 22).

Percebemos a Educação como uma área de transformações/traduições sobre si mesmo, sobre o outro (humano e não-humano) e sobre o mundo, e vemos na TAR, sociologia da mobilidade (LEMONS, 2013) que promove a circulação de ideias e atitudes, estofo para compreendermos como os alunos estão organizando seus pensamento, adquirindo informações e produzindo conhecimento no mundo contemporâneo e, assim, instigarmos práticas educativas que se apropriem desta realidade contribuindo de maneira significativa para qualificação do processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA. Maria Elizabeth Bianconcini. Prática e formação de professores na integração de mídias. Prática pedagógica e formação de professores com projetos: articulação entre conhecimentos, tecnologias e mídias. In: ALMEIDA. Maria Elizabeth Bianconcini. MORAN, José Manuel.(org.) **Integração das Tecnologias na Educação**. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2005: 38-45.

AVILA, Silviane de Luca. BORGES, Martha Kaschny. **Modernidade líquida e infâncias na era digital**. Cadernos de Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão, v. 22, n. 2, 2015, p. 102 – 114. Disponível em: . Acesso em: 05 jan. 2017.

_____. **As rotas e características de navegação de crianças do primeiro ano do Ensino Fundamental**. Revista EducaOnline. Laboratório de Pesquisas em Tecnologias da Informação e da Comunicação/UFRJ, v. 8, n. 1, 2014, p. 31 – 49. Disponível em: . Acesso em: 05 jan. 2017.

BORGES, Martha Kaschny. PEREIRA, Milton Joselito. WAGNER Flavia. **Revista Online: Educação em Rede**. 12º Congresso Internacional de Educação à Distância, 12ª edição, 2005. Disponível em: . Acesso em: 05 jan. 2017.

EBIAS, Escola Básica Municipal Intendente Aricomedes Da Silva. **Projeto político pedagógico (PPP)**. Florianópolis, SC: 2016.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 17ª ed. 1987.

IRALA, Esrom Adriano. TORRES, Patrícia Lupion. **Aprendizagem colaborativa: teoria e prática**. Material didático do site www.agrinho.com.br. Disponível em: . Acesso em: 05 jan. 2017.

JENKINS, Henry. **Cultura da Convergência**. 2 ed. São Paulo: Aleph, 2009.

LATOUR, Bruno. **Nous n'avons jamais été modernes**. Essai d'anthropologie symétrique. Paris: La Découverte, 1997.

_____. **Cogitamus**. Six lettres sur les humanités scientifiques. Paris: La Découverte, 2010.

_____. **Reagregando o social: uma introdução à teoria do ator-rede**. Salvador: EDUFBA-EDUSC, 2012.

LE MOS, André. **A comunicação das coisas: teoria ator-rede e cibercultura**. São Paulo: Annablume, 2013.

_____. André; LÉVY, Pierre. **O futuro da internet: em direção a uma ciberdemocracia**. São Paulo: Paulus, 2010.

MARTIN-BARBERO, Jésus. **Desafios culturais da comunicação à educação**. Revista Educação e Comunicação, vol. 19. USP/SP. Disponível em . Acesso: 05 jan. 2017.

MORAN, José Manuel. Caminhos para a aprendizagem inovadora. Texto extraído do seu livro **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. São Paulo: Papyrus, 2009, p.22- 24. Disponível em: . Acesso: 05 jan. 2017.

_____. **As mídias na Educação. Texto extraído do seu livro Desafios na comunicação pessoal**. São Paulo: Paulinas, 2007, p. 162-166. Disponível em: . Acesso: 05 jan. 2017.

_____. Paulo Freire, a simplicidade que ainda inova. Matéria publicada no site **Porvir**. Disponível em: . Acesso em: 05 jan. 2017.

SANTAELLA, Lúcia. **Comunicação ubíqua: repercussões na cultura e na educação**. São Paulo: Paulus, 2013.

_____. **Navegar no ciberespaço**: o perfil cognitivo do leitor imersivo. São Paulo: Paulus, 2004.
SERRES, Michel. **Polegarzinha**: uma nova forma de viver em harmonia, de pensar as instituições, de ser e de saber. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2015.

AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Milena Beatriz Silva Loubach

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade
Carangola
Carangola - MG

Pollylian Assis Madeira

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade
Carangola
Carangola - MG

Marcos Antônio Pereira Coelho

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade
Carangola
Carangola - MG

Lucas Borcard Cancela

Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade
Carangola
Carangola - MG

RESUMO: A sociedade de informação e do conhecimento remete-nos a questões que devem ser refletidas e discutidas. Assim sendo, ao refletir sobre a Educação a Distância (EaD), verifica-se que a sua trajetória é longa e diversificada. No ensino, o tempo e os espaços escolares são elementos importantes para reflexão e ação pedagógica. Quanto ao espaço, o tradicional local de ensino, a sala de aula, vem sendo substituído por novos ambientes. Dentre estes novos ambientes, é importante destacar os ambientes virtuais de aprendizagem – AVA, ambientes que possuem plataformas planejadas

para abrigar cursos online. A Educação a Distância tem conquistado cada vez mais espaço no Brasil. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo apresentar abordagens da autorregulação da aprendizagem aplicada no Ensino a Distância. Justifica-se o presente estudo pela necessidade de pesquisar sobre o tema, visto que existem diversas publicações que abrangem a autorregulação voltada para o ensino presencial, mas poucas pesquisas no que se refere a autorregulação na Educação a Distância. Como metodologia, optou-se pela pesquisa bibliográfica exploratória explicativa, buscando conectar pensamentos a fim de compreender melhor os fenômenos, suas causas e efeitos.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino; Autorregulação; EaD.

LEARNING SELF-REGULATION: CHALLENGES AND PERSPECTIVES IN DISTANCE EDUCATION

ABSTRACT: The information and knowledge society refers to issues that should be reflected and discussed. Thus, when reflecting on distance education (EaD), it is verified that its trajectory is long and diversified. In teaching, time and school spaces are important elements for reflection and pedagogical action. As for space, the traditional teaching space, the classroom, has been replaced by new

environments. Among these new environments, it is important to highlight the virtual learning environments - AVA, environments that have planned platforms for hosting online courses. Distance education has gained more and more space in Brazil. Thus, this article aims to present approaches of self-regulation of learning applied in distance teaching. The present study is justified by the need to research on the subject, since there are several publications covering self-regulation geared towards classroom teaching, but few researches regarding self-regulation in distance education. As a methodology, was opted an explanatory bibliographic research, seeking to connect thoughts in order to better understand the phenomenals, their causes and effects.

KEYWORDS: Teaching; Self-regulation; EaD.

1 | INTRODUÇÃO

A Educação a Distância - EaD no Brasil, na última década, vem se tornando um participante ativo no processo ensino-aprendizagem, uma vez que o número de alunos de graduação nesta modalidade tem crescido exponencialmente com relação ao ensino presencial. Paralelamente a este fato, o número de evasão na modalidade acompanha seu crescimento. É grande o número de alunos virtuais que não conseguem se manter nesses ambientes, por motivos diversos, um deles está ligado a disciplina e a autorregulação dos estudantes.

Numa perceptiva holística, as áreas de conhecimento: Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes, tiveram 190.398 alunos matriculados em cursos totalmente a distância (CENSO EAD.BR, 2018, p.66). Com este aumento significativo de alunos na modalidade, e o alto nível de evasão, podemos observar que os alunos não estão preparados para atuarem nesses ambientes, principalmente no que tange a sua autonomia e autorregulação. Assim, o objetivo do estudo é identificar por meio de pesquisas bibliográficas alguns fenômenos que podem ocorrer nesses ambientes tecnológicos de educação, no que se refere a autorregulação e autonomia do aluno.

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar abordagens da autorregulação da aprendizagem aplicada no Ensino a Distância. Justifica-se pela falta de estudos sobre o tema no Brasil.

Dessa forma, foi realizada uma pesquisa exploratória bibliográfica acerca do tema proposto delineando os objetivos específicos: realizar um estudo sobre os conceitos de ensino a distância; pesquisar sobre autorregulação da aprendizagem em múltiplos ambientes; coadunar a educação a distância com os estudos existentes sobre autorregulação da aprendizagem e, por fim, apresentar uma investigação feita por Kirmizi (2013), sobre aprendizagem autorregulada em termos de estabelecimento de metas, estruturação do ambiente, gestão do tempo, busca de ajuda, auto-avaliação e metacognição.

2 | EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: CONCEITOS

O cenário educacional moderno caracteriza-se por uma forte convergência: a retomada e o desenvolvimento da educação a distância sob novas perspectivas de seu uso com a agregação de novas tecnologias da comunicação para a quebra de paradigmas e de preconceitos. Para Borges (2005), pode-se localizar o surgimento dessa modalidade de ensino em meados do século XIX, na Rússia e na Bélgica, com os primeiros cursos por correspondência. Na década de 70, tivemos a geração de EaD fundamentada na teleducação, que utilizava os meios de comunicação de massa como o rádio, a televisão e o material impresso. Nos anos 80, incorporaram-se os áudios e vídeos. Na década seguinte, as redes de satélites, o computador, o correio eletrônico, a utilização da Internet e os programas informáticos concebidos especialmente para a educação modificaram radicalmente essa modalidade (LITWIN, 2001).

A Educação a Distância – EaD no Brasil, na última década, vem se tornando um participante ativo no processo ensino-aprendizagem, uma vez que o número de alunos de graduação nesta modalidade tem crescido exponencialmente. O Censo EAD.br (2018, p.27) da Associação Brasileira de Ensino a Distância, aponta que nos últimos anos, os cursos em educação a distância (EAD) apresentaram maior crescimento no número de matrículas que os cursos presenciais. As matrículas saltaram de 7.773.828 em 2017 para 528.320 em 2019, levando em consideração as matrículas em cursos livres corporativos, não corporativos, semipresenciais e totalmente a distância (CENSO EAD.BR, 2018, p. 66).

De uma forma geral, quando se fala de Educação a Distância, pensa-se logo em Computadores e Internet. Basicamente, o que a Internet traz de novo para o panorama da educação é a capacidade de comunicação e de interação: dos alunos entre si, do aluno com o professor e do aluno com a equipe de suporte. É preciso explorar e investigar todos os ângulos deste novo contexto que se apresenta. Outra característica importante é a interdisciplinaridade. Geralmente, quando se trata do ensino a distância apoiado pela Internet, não existe apenas um professor, mas uma equipe composta por vários profissionais: especialistas de conteúdo, especialistas em ensino a distância, profissionais de informática e de redes, web designers, redatores, desenhistas instrucionais, etc.

Pode-se dizer que EAD é uma modalidade de ensino democrática, pois permite que os alunos estudem quando e onde estiverem, independentes de acesso a transportes, transpondo obstáculos para a conquista do conhecimento. Essa forma de ensino só é possível graças às inovações e evoluções tecnológicas. É a tecnologia a serviço do ensino.

Devido a vantagens como flexibilidade de local para estudar e horário, é preciso que o estudante tenha muita disciplina, e esta é traduzida na participação ativa do aluno, que se torna o principal responsável pelo seu processo de formação. Apesar disto, algumas estratégias podem ser utilizadas pelos cursos a distância, como formas

de avaliação inovadoras e atividades motivadoras. Também é essencial o papel do tutor, que funciona como um mediador do processo. Segundo Nunes (2000, p.02), o ensino a distância torna-se uma rede colaborativa de ensino aprendizagem que permite a cada participante expressar suas ideias e defendê-las, contribuindo para a construção do conhecimento.

Alguns desafios precisam ser superados para o sucesso do EAD. Dentre eles, podem ser citados, por exemplo, o apego a formas tradicionais de ensino-aprendizagem, pois muitos ainda acreditam que aprender só acontece em um espaço físico, com um professor e com as exigências de uma instituição. Outro desafio está relacionado ao acesso aos novos meios digitais. Mesmo que pareça uma realidade distante, infelizmente, grande parte da população ainda não tem acesso aos meios digitais e à Internet.

Por fim, a evasão dos estudantes é o maior obstáculo para o EAD (Ensino a Distância), segundo instituições que ofertam cursos nesta modalidade. As causas de evasão mais apontadas pelas instituições foram: falta de tempo do aluno para estudar e participar do curso, acúmulo de atividades no trabalho e as dificuldades de se adaptar à metodologia. Percebe-se que, para que se tenha um ensino a distância com qualidade, é necessário ter como principal desafio a melhoria constante da qualidade dos cursos oferecidos, que vão desde a capacitação dos profissionais envolvidos ao trabalho motivacional dos alunos.

O ambiente virtual de aprendizagem – AVA, torna acessível e interativa a forma de aprender, pois o aluno possui controle dos seus estudos, acesso aos materiais instrucionais, acesso ao seu desenvolvimento nos estudos e resultados medindo seu desempenho nas atividades. Toda essa interatividade nos dias atuais faz com que as pessoas se interessem cada vez mais em estudar com o ensino EAD.

3 | AUTORREGULAÇÃO DA APRENDIZAGEM

A autorregulação da aprendizagem é definida por Zimmerman & Schunk (2011) como o processo no qual o aluno estrutura, monitora e avalia o seu próprio aprendizado, envolvendo fatores como autoconhecimento, autorreflexão, controle de pensamentos e domínio emocional, além de uma mudança comportamental por parte do estudante (BEMBENUTTY, 2008; WOLTERS & BENZON, 2013).

Esses comportamentos autorregulatórios são habilidades e estratégias que os indivíduos utilizam em função de um desejo individual para alcançar sucesso na aprendizagem (BOEKAERTS e CORNO, 2005). Assim, a aprendizagem autorregulada se dá tanto em função da habilidade como da vontade dos indivíduos (BARNARD-BRAK; LAN; PATON, 2010).

Segundo Zimmerman (2013) e Bandura (2008), a autorregulação da aprendizagem é um conceito importante no processo de construção de conhecimento, uma vez que envolve diferentes campos do comportamento humano, considerando

o indivíduo como um sujeito que atua e sofre influências de dimensões ambientais, pessoais e comportamentais. Kirmizi (2013) define a autorregulação como “um processo em que os alunos tomam a iniciativa, com ou sem a orientação de outros, em identificar as suas próprias necessidades, formular metas, explorar recursos, focalizar estratégias de aprendizagem apropriadas e avaliar os resultados”.

Schunk (2005, p.85) defende que “a aprendizagem autorregulada é vista como um mecanismo que ajuda a explicar as diferenças no nível de aprendizagem dos alunos, além de ser um meio que poderá melhorar o desempenho desse aluno”. Knowles (1975, *apud* SAKS; LEIJEN, 2013, p.2) fez uma das primeiras tentativas de definir autorregulação, denominando-a como:

“[...] um processo no qual os indivíduos tomam a iniciativa, com ou sem a ajuda de outros, para diagnosticar suas necessidades de aprendizagem, a formulação de objetivos, identificação de recursos humanos e materiais, a escolha e execução adequada de estratégias de aprendizagem e avaliação dos resultados dessa aprendizagem” (KNOWLES, 1975, *apud* SAKS; LEIJEN, 2013, p.2).

Supõe-se, por este conceito, que os indivíduos podem agir como agentes causais em suas próprias vidas, ou seja, a aprendizagem autorregulada se baseia na ideia de que os indivíduos podem atuar com autonomia, “fazer escolhas e agir sobre essas escolhas de forma a fazerem diferença em suas vidas” (WHIPP; CHIARELLI, 2004, p.135).

Em sua pesquisa sobre a participação ativa do aluno em seu processo de aprendizagem, Zimmerman (1989) relata que esta participação é imprescindível para a educação a distância, solicitando aos alunos a capacidade de iniciar e autorregular sua própria aprendizagem (PECK et al., 2018).

4 | EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E A BUSCA PELA AUTONOMIA E AUTORREGULAÇÃO DO ALUNO

Segundo Quevedo (2011), a aprovação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional que se deu em 1996 reconheceu o ensino a distância como uma modalidade educacional válida para todos os níveis de educação no Brasil. A partir desse momento, cursos de pós-graduação a distância começaram a ser oferecidos em todo o território nacional. Em 1998, o Ministério da Educação autorizou a modalidade de ensino a distância para cursos de graduação. Em abril de 2001, o mesmo Ministério publicou a portaria 2, que autorizou todas as universidades, faculdades e centros tecnológicos oferecerem até 20% da carga curricular dos cursos reconhecidos e em andamento.

Podemos identificar então, que o Ensino a Distância não é uma área de pesquisa nova, e com a expansão através da tecnologia da informação, o corpo de alunos está se tornando mais diversificado e múltiplos são os contextos envolvidos, ainda não representado ou totalmente compreendido. Um deles está no fato de que os estudantes

que estão inseridos em cursos *online* podem enfrentar uma série de desafios que são exclusivos para esses em ambientes eletrônicos (MCINNERNEY & ROBERTS, 2004; SONG, SINGLETON, HILL & KOH, 2004; VONDERWELL, 2003).

Em pesquisa feita pela Universidade Aberta Nacional Indira Gandhi, na Índia (FOZDAR, KUMAR, & KANNAN, 2006), 250 estudantes que concluíram o estudo em EaD responderam um questionário indicando as razões que os levaram para o abandono escolar. Os principais motivos foram a falta de interação com os colegas (47,06%), alto custo de atendimento ao trabalho de laboratório (38,24%), falta de tempo devido à mudança de situação familiar (35,29%), seguido por mudanças no status de emprego (35,29%). Outros fatores encontrados para afetar a retirada incluíram obrigações matrimoniais (8,82%) e más condições de saúde (8,82%) (PECK *et al.*, 2018). Para Goulão (2011, p. 78 e 79) com a EaD *online* temos que

(...) ensinar os estudantes a aprender – aprender a aprender – recorrendo a metodologias motivadoras e flexíveis, onde se integrem diferentes recursos didáticos, conteúdos dinâmicos e interactivos, onde se diversifiquem os canais de comunicação e as formas de trabalhar e onde estes disponham de margem para escolherem os itinerários, actividades e formas que estejam mais de acordo com o seu estilo de aprendizagem. Em suma, procura-se uma maior personalização do processo de ensino-aprendizagem (GOULÃO, 2011, p. 78 e 79).

Al-Harhi (2010) informa que o processo de aprendizagem à distância pode parecer semelhante para os alunos, enfatizando o aprendizado autodirigido e a autonomia do aprendiz através da qual a maior parte da responsabilidade pela aprendizagem é transferida para ele. Contudo, nem todos os alunos são capazes ou estão dispostos a lidar com este fardo, o que resulta em abandono do sistema.

Na educação a distância, em comparação com a educação em sala de aula tradicional, a responsabilidade adicional metacognitiva, motivacional e comportamental é colocada no aluno para planejar, organizar, auto-instruir, auto-monitorar, motivar e auto-avaliar seu processo de aprendizagem (PECK *et al.*, 2018). De fato, Young (1996) fornece evidências sugerindo que os alunos com baixa autorregulação ou autodireção tem um fraco desempenho quando recebem o controle de sua aprendizagem em relação à escolha, sequência e ritmo dos eventos de aprendizagem. Mesmo considerando que os níveis de autodireção ou autorregulação foram igualmente bem executados, independentemente do tipo de controle dado, há uma necessidade de examinar empiricamente as diferenças no processo de aprendizagem entre os alunos de diferentes culturas e explorar como essas diferenças, se houver, afetam a aprendizagem a distância.

As questões de motivação e autorregulação podem ser fatores significativos no sucesso acadêmico quando os alunos são separados uns dos outros e dos instrutores. O ensino a distância oferece benefícios significativos para as instituições que desejam expandir a acessibilidade estudantil, bem como desafios educacionais significativos (PECK *et al.*, 2018). O mesmo autor (*et al.*, 2018) ainda afirma que “como não há

um aprendiz perfeito ou um ambiente de aprendizado perfeito, a autorregulação das reações e interações pode ser uma chave importante para entender o sucesso acadêmico na educação à distância”.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar então que os alunos que utilizam ambientes virtuais de aprendizagem devem identificar e selecionar estratégias e instrumentos de trabalho que lhes permitiam verificar como se aprende a distância. E que os tutores devem reconhecer os caminhos adotados pelos alunos em seus processos evolutivos de exploração e navegação nas múltiplas direções oferecidas, no estabelecimento de novas ligações, na busca de informações, na interação com colegas e professores, na produção de soluções para problemas e desafios propostos e na reconstrução do conhecimento com o uso de linguagens mediáticas (escrita, imagens, sons, vídeos).

Observou-se que a falta da Autorregulação em indivíduos que utilizam ambientes virtuais de aprendizagem e participam de cursos na modalidade EAD, pode resultar no aumento das taxas de evasão, e conseqüentemente na apropriação do conhecimento.

REFERÊNCIAS

BARNARD-BRAK, L.; LAN, W.Y.; PATON, V.O. **Profiles in self-regulated learning in the online learning environment**. Int. Rev. Res. Open Distance Learning, v.11, n.1, p.149-56, 2010.

BOEKAERTS, M.; CORNO, L. **Self-regulation in the classroom: a perspective on assessment and intervention**. Appl. Psychol. Int. Rev., v.54, n.2, p.199-231, 2005

BORGES, Martha Kaschny. **Educação Semipresencial: Desmistificando a Educação a Distância**. 05/2005 218-TC-F3. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/218tcf3.pdf> Acesso em: 05 jun.2019

CENSO EAD.BR. **Relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil 2017**. Analytic report of distance learning in Brazil 2017 [livro eletrônico] / [organização] ABED – Associação Brasileira de Educação a Distância; [traduzido por Maria Thereza Moss de Abreu]. Curitiba: InterSaberes, 2018. Disponível em: http://abed.org.br/arquivos/CENSO_EAD_BR_2018_impreso.pdf Acesso em: 05 jun. 2019.

FRISON, L. M. B.; VEIGA SIMÃO, A. M. **Abordagem (auto) biográfica - narrativas de formação e de autorregulação da aprendizagem reveladas em portfólios reflexivos**. Educação, v. 34, n. 2, p. 198-206, 2011.

GOULÃO, M. F. **Ensinar a Aprender na Sociedade do Conhecimento: o que significa ser professor?** In: BARROS, D. M. V.; SEABRA, C. F.; MOREIRA, J. A.; HENRIQUES, S. (org.). Educação e Tecnologias: reflexão, inovação e práticas. Lisboa: [s.n.], 2011. p.73-86.

KIRMIZI, Ozkan. **Investigating self-regulated learning habits of distance education students**. Journal of History Culture and Art Research, v. 2, n. 2, p. 161-174, 2013.

KNOWLES, Malcolm S. **Andragogo versus pedagogo**. Association Press, USA, 1990.

LITWIN, Edith (Org.). **Tecnologia educacional**. Política, histórias e propostas. Porto Alegre: Artes

Médicas, 1997.

_____. **Educação a Distância: Temas para Debate de uma Nova Agenda Educativa.** Porto Alegre, Artmed, 2001.

MCINNERNEY, JM, & Roberts, TS. **Online learning: Social interaction and the creation of a sense of community.** *Journal of Educational Technology & Society*, 7, 73–81. Retrieved from <http://www.ifets.info/> (2004).

MORAN, José Manuel. **Novas Tecnologias e mediação pedagógica** - Campinas, SP: Papirus, 2000 (Coleção Papirus Educação).

NUNES, Flávio Luis Barbosa. **Redes colaborativas de aprendizagem.** UNIREDE. Informe 63. Disponível em: <http://www.unirede.br/informe/063/index.htm>. Acesso em: 05 jun. 2019.

PECK, Larry; STEFANIAK, JILL E.; SHAH, Smruti J. **The correlation of self-regulation and motivation with retention and attrition in distance education.** *Revisão Trimestral da Educação a Distância*, v19 n3 p1-15 2018.

QUEVEDO, Angelita. **O Ensino semipresencial do ponto de vista do aluno.** *Revista e-curriculum*, v. 7, n.1, abr. 2011. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5678>>. Acesso em: 31 out. 2012.

SAKS, K.; LEIJEN, A. **Distinguishing self-directed and selfregulated learning and measuring them in the e-learning context.** *Procedia Soc. Behavioral Sci.*, v.112, n.7, p.190-198, 2013.

SONG, L., SINGLETON, ES, Hill, J., & Koh, MH (2004). **Improving online learning: Student perceptions of useful and challenging characteristics.** *The Internet and Higher Education*, 7 59–70. doi: 16/j.iheduc.2003.11.003

VEIGA SIMÃO, A. M.; FERREIRA, P.; DUARTE, F. **Aprender estratégias autorregulatórias a partir do currículo.** In: VEIGA SIMÃO, A. M.; FRISON, L.; ABRAHÃO, M. H. (Orgs.). *Autorregulação da aprendizagem e narrativas autobiográficas: epistemologia e práticas.* Coleção Pesquisa (Auto) Biográfica – Educação. Natal: EDUFRN; Porto Alegre: EDIPUCRS; Salvador: EDUNEB, 2012. p. 23-51.

VONDERWELL, S. (2003). **An examination of asynchronous communication experiences and perspectives of students in an online course: A case study.** *The Internet and Higher Education*, 6 77–90.

WHIPP, J.L.; CHIARELLI, S. **Self-regulation in a web-based course: a case study.** *Educ. Technol. Res. Develop.*, v.52, n.4, p.5- 22, 2004.

ZIMMERMAN, B. J. **Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: An analysis of exemplary instructional models,** Cap. 1. In: ZIMMERMAN, B.; SCHUNK, D. *Self-regulated learning: from teaching to self-reflective practice,* The Guilford press, New York/London, 1998.

_____, B. J. **From Cognitive Modeling to Self-Regulation: A Social Cognitive Career Path.** *Educational Psychologist*, 48 (3), p. 135-147, 2013.

_____, B. J., & Schunk D. H. **Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance.** Nova York, NY: Routledge. 2011.

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS METODOLOGIAS DE ENSINO PEER INSTRUCTION E LECTURING

Felipe Barbosa Araújo Ramos

Universidade Federal de Campina Grande.
Campina Grande – PB

Antonio Alexandre Moura Costa

Universidade Federal de Campina Grande.
Campina Grande – PB

Ademar França de Sousa Neto

Universidade Federal de Campina Grande.
Campina Grande – PB

Luiz Antonio Pereira Silva

Universidade Federal de Campina Grande.
Campina Grande – PB

Dalton Cézane Gomes Valadares

Instituto Federal de Pernambuco.
Caruaru – PE

Andressa Bezerra Ferreira

Instituto Federal do Ceará.
Crato – CE

RESUMO: A metodologia de ensino é a parte da pedagogia que estuda meios de organização da aprendizagem dos alunos e do seu controle, visando dar suporte ao processo de ensino-aprendizagem. Além disso, procura apresentar roteiros para diferentes situações didáticas, conforme a tendência pedagógica adotada pelo professor e/ou instituição. Apesar de sua relevância dentro da construção do saber, poucos trabalhos investigam empiricamente os

diferentes métodos propostos na literatura. O número de estudos pode ser ainda menor, caso avaliado o contexto das instituições de ensino superior no Brasil. Neste trabalho, foi realizado um estudo comparativo para avaliar duas metodologias de ensino aplicadas no contexto de turmas de pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande. Mais especificamente, foi realizado um estudo de caso ao longo de um semestre para comparar duas metodologias conhecidas, são elas: *Peer Instruction* e *Lecturing*. Como resultado, a metodologia de ensino Peer Instruction obteve maior aceitação do ponto de vista dos alunos do referido curso.

PALAVRAS-CHAVE: *Peer Instruction*, *Lecturing*, Comparação de Metodologias de Ensino, Teste de Friedman, Teste de Wilcoxon.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN PEER INSTRUCTION AND LECTURING TEACHING METHODOLOGIES

ABSTRACT: The teaching methodology is the part of pedagogy that studies the means of organizing students' learning and its control, aiming to support the teaching-learning process. Also, it seeks to present scripts for different educational situations, according to the pedagogical tendency adopted by the teacher and/or institution. Despite its relevance within the construction of knowledge, few studies

empirically investigate the different methods proposed in the literature. The number of studies may be even smaller if the context of higher education institutions in Brazil is evaluated. In this work, a comparative study was conducted to evaluate two teaching methodologies applied in the context of postgraduate Computer Science classes at the Federal University of Campina Grande. More specifically, a case study was conducted over a semester to compare two known methodologies, namely: Peer Instruction and Lecturing. As a result, the Peer Instruction teaching methodology gained greater acceptance from the students' point of view.

KEYWORDS: *Peer Instruction, Lecturing, Comparison of Teaching Methodologies, Friedman test, Wilcoxon test.*

1 | INTRODUÇÃO

O ensino de pós-graduação no país encontra diversos desafios, dentre eles o de capacitar devidamente alunos que em muitos casos não tiveram, durante a graduação, uma formação voltada para a metodologia científica. Assim, torna muito resumido o tempo destinado para o ensino das disciplinas que irão preparar os alunos para a vida acadêmica, fazendo com que o professor tenha uma difícil missão de transferir conhecimentos em um pequeno espaço de tempo. Com isso, é importante que técnicas de ensino sejam estudadas e aperfeiçoadas para potencializar o aprendizado de alunos de pós-graduação.

Neste contexto, as metodologias de ensino apresentam uma importância significativa no processo de aprendizagem, pois auxiliam os professores na transferência de conhecimento para os alunos. Vários métodos de ensino podem ser utilizados na tentativa de potencializar o aprendizado. Dentre eles os métodos *Peer Instruction* (SIMON; CUTTS, 2012) e *Lecturing* (MAZUR, 2009).

A metodologia de ensino *Peer Instruction* foi criada pelo professor de física Eric Mazur, que constatou com suas experiências que o método *Lecturing* reduzia o processo de ensino a uma simples transferência de conhecimento, ou até mesmo a uma tarefa de memorização; quando na verdade, nesse processo, deveria existir desenvolvimento por parte do aluno para que a ciência realmente funcionasse como tem que ser. É nesse ponto que Eric introduz o *Peer Instruction* e seus conceitos, onde de acordo com ele, o estudo e o debate por parte do aluno tornam o processo de aprendizagem mais eficiente e as outras características desse processo mais aguçadas. Lembrando somente que a metodologia *Peer Instruction* tem por base o estudo antecipado por parte do aluno do conteúdo que será visto em sala (FAGEN; CROUCH; MAZUR, 2002), durante a aula este conteúdo é então debatido por todos os alunos, inicialmente em pequenos grupos (que se alternam) e a seguir de maneira geral no plenário.

Já a metodologia de ensino *Lecturing* é uma das mais antigas e tradicionais metodologias de ensino (EDUCAUSE LEARNING INITIATIVE et al, 2008). Clássica,

esta metodologia vem sendo utilizada nos mais diversos ramos do ensino, e até mesmo em atividades que não necessariamente fazem parte do universo do aprendizado. *Lecturing* é uma maneira de expor/apresentar/transferir conhecimentos na forma de palestras, nesse método de ensino o professor prepara sua aula e ao chegar em sala expõe o que havia preparado de maneira oral, os alunos por sua vez ficam sentados ouvindo o professor e em caso de dúvidas tem o seu espaço para saná-las. Por ser tão difundido e há tantos anos, o *Lecturing* dispensa maiores explicações.

A ideia inicial deste trabalho é a realização de experimentos para auxiliar na decisão de qual método de ensino é o mais adequado para aplicação em turmas de pós-graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os métodos avaliados e comparados são: o tradicional *Lecturing* e o inovador *Peer Instruction*. O intuito dessa comparação é validar um dos métodos como o mais eficiente. O estudo é baseado exclusivamente em turmas de pós-graduação em Ciência da Computação da UFCG, não cabendo a este trabalho expandir as conclusões para outros tipos de ambiente e/ou turmas de outros cursos. Os dados foram obtidos por meio de questionários, que foram minuciosamente trabalhados para evitar qualquer tipo de resultado tendencioso, eles também foram amplos o suficiente para que fosse possível conseguir detectar a capacidade dos alunos em todas as visões necessárias ao processo de aprendizagem.

Com base nos questionários, oito componentes foram estudados, sendo eles: Capacidade de Observação (CO), Análise dos Assuntos (AA), Aplicação dos Conhecimentos (ACA), Sintetização (SINT), Transferência do Conhecimento (TC), Estudo (EST), Debate (DEB), e Teorização (TEO). Ao final da análise dos dados, percebeu-se que a metodologia de ensino *Peer Instruction* recebeu uma avaliação melhor, quanto a importância para o aprendizado, nos componentes AA, TC, EST e DEB, havendo uma avaliação semelhante para os dois métodos de ensino nos componentes restantes. Portanto, foi constatado que a metodologia *Peer Instruction* foi considerada pelos respondentes da *survey* a mais indicada no ensino da pós-graduação em Ciência da Computação na UFCG.

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentado uma revisão da literatura. Na Seção 3 é abordado a metodologia utilizada na pesquisa, na Seção 4 temos os resultados obtidos com a pesquisa. Por fim, na Seção 5 temos as conclusões e trabalhos futuros.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

Para compor a base literária para este artigo foram analisados textos sobre *Lecturing* e *Peer Instruction*. Foram analisados cerca de sete documentos sobre os temas. Esses textos são amplos o suficiente para que fosse possível captar a essência de cada um dos tópicos necessários para a composição deste trabalho.

Quanto a metodologia *Peer Instruction* foi captada e analisada ao longo dos

textos que a realidade sobre o que existe até então no estudo dessa metodologia e os problemas de aprendizagem encontrados por defensores da técnica é que a comunidade de computação está mais focada em o que ensinar e não como ensinar (MAZUR, 2009). Na sua pesquisa, Mazur afirma que o *Peer Instruction* pode ser usado no ensino de computação para aprofundar o entendimento dos alunos. O autor criador do método defende em seus artigos que assim como os alunos dele de Física, as turmas de Computação também tinham problemas de entendimento dos assuntos, mostrando que o uso de *Peer Instruction* nas aulas de Computação é tão proveitoso quanto nas aulas de Física ministradas por ele. Além disso, observou-se uma grande aceitação por parte dos alunos, que avaliaram positivamente o método. Após leitura de alguns artigos percebemos que o *Peer Instruction* pode ser usado em áreas distintas e que pode auxiliar bastante no aprendizado.

Ainda sobre *Peer Instruction*, em (SIMON; CUTTS, 2012) os autores avaliam e mostram que na grande maioria dos casos o método proporciona ganhos de aprendizagem consideráveis. Além disso, de acordo com as leituras, grande parte dos professores que fazem uso do método pretendem continuar implementando-o. Outro fato interessante, ainda sobre essa metodologia de ensino, é que existe uma certa rejeição por parte dos alunos que não conhecem o método e que o gerenciamento de tempo é essencial para que seja possível contemplar todo o assunto proposto na disciplina (FAGEN; CROUCH; MAZUR, 2002).

A seguir, o foco do estudo passou a ser a metodologia *Lecturing*. No processo de revisão da literatura sobre essa metodologia foi constatado uma possível ineficiência do método tradicional de ensino (EDUCAUSE LEARNING INITIATIVE et al, 2008). Autores afirmam que o *Lecturing* reduz o processo de ensino a uma simples transferência de conhecimento, ou até mesmo a uma tarefa de memorização (MAZUR, 2009), quando na verdade, neste processo, deve existir desenvolvimento por parte do aluno para que a ciência realmente funcione como tem que ser.

Não foi encontrado na literatura nenhuma referência que fizesse ligação de forma direta ao que se pretende estudar nesta pesquisa. As fontes estudadas se encaixam no projeto pois os assuntos que abordam têm relação direta com a pesquisa, visto que lidam com o mesmo tema, metodologias de ensino. Porém, nenhum deles relaciona e/ou comparam essas metodologias com o intuito de definir uma que seja mais eficiente.

Os textos serviram, portanto, como base para um maior conhecimento e entendimento dos universos que se pretendia estudar, mas, em momento algum lidam com esse conhecimento da mesma forma que este projeto. Os relacionamentos que podemos citar entre os textos estudados e a pesquisa em questão são: caracterizam uma tentativa de descrever e solucionar alguns problemas referentes ao ensino de ciência da computação/engenharia de software, lidam com vantagens e desvantagens dos métodos de ensino *Lecturing* e *Peer Instruction*, os problemas que professores tiveram com o uso das técnicas (mostrados em alguns dos textos) podem ser usados como um possível aliado para o desenvolvimento desta pesquisa e etc. Terminada

a revisão literária partimos então para a fase metodológica do desenvolvimento do artigo.

3 | METODOLOGIA

3.1 Contexto

Na fase inicial deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca dos métodos de ensino *Peer Instruction* e *Lecturing*, tentando identificar se a escolha do método de ensino poderia ser capaz de influenciar no aprendizado dos alunos.

O tipo de pesquisa utilizada foi a *survey* descritiva supervisionada. O objetivo deste *survey* foi analisar o ensino na pós-graduação em Ciência da Computação com o propósito de estimar o impacto de uma alternativa (qual método de ensino é o mais adequado para maximizar o aprendizado, *Lecturing* ou *Peer Instruction*?), sob o ponto de vista de alunos da pós-graduação em Ciência da Computação na UFCG no contexto de disciplinas ministradas nesta pós-graduação.

3.2 Hipóteses

A principal questão observada na pesquisa foi resumida em uma pergunta central:

P1: Qual método, *Lecturing* ou *Peer Instruction*, é o melhor para o ensino na pós-graduação em Ciência da Computação na UFCG?

Com base nas informações expostas em seções anteriores, nos componentes avaliados na pesquisa e na pergunta central, 10 hipóteses foram formuladas:

H1: não há diferença entre os componentes avaliados com relação ao aprendizado;

H2: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à capacidade de observação;

H3: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à análise dos assuntos;

H4: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à sintetização dos assuntos;

H5: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto ao estudo dos assuntos;

H6: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à aplicação dos conhecimentos adquiridos;

H7: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à transferência do conhecimento;

H8: há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à teorização;

H9: não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto ao debate;

H10: Não há diferença entre os métodos de ensino *Lecturing* e *Peer Instruction* com relação ao aprendizado nas turmas de pós-graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Campina Grande.

3.3 Variáveis respostas

Com base nas hipóteses formuladas, foram definidas oito variáveis respostas com escala ordinal. Na Tabela 1 estão expostas cada variável e sua descrição:

Nome	Descrição
Capacidade de Observação (CO)	O tempo durante o qual você consegue estar completamente atento a aula e com capacidade de assimilação do assunto.
Análise dos Assuntos (AA)	Capacidade de criticar, vontade de investigar, condições de decompor o assunto aprendido em sala e etc.
Aplicação do Conhecimento Adquirido (ACA)	Capacidade de colocar em prática o que foi visto em sala de aula.
Sintetização (SINT)	Capacidade de sintetizar o(s) assunto(s) da(s) aula(s).
Transferência de Conhecimento (TC)	Capacidade de ensinar/repassar para outra(s) pessoa(s) aquilo que foi aprendido em sala.
Estudo (EST)	Tempo disponibilizado pelo aluno para estudar o assunto antes da aula.
Debate (DEB)	Troca de conhecimento/opiniões com os colegas e/ou professores durante a aula.
Teorização (TEO)	Capacidade de formar teorias com aquilo que foi aprendido.

Tabela 1 - Variáveis Respostas

Fonte: A autoria Própria

3.4 População

O estudo foi baseado exclusivamente em turmas de pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande no ano de 2012. Portanto, não coube a este trabalho expandir as conclusões obtidas para outros tipos de ambientes e/ou turmas de outros cursos.

3.5 Instrumentação

Questionário. A coleta dos dados foi realizada por meio de questionários que foram minuciosamente trabalhados para evitar qualquer tipo de resultado tendencioso. Para detectar todas as visões necessárias ao processo de aprendizado as questões foram elaboradas de forma ampla, tornando possível a avaliação de todos os componentes estudados.

No início do questionário foi explicado o objetivo da pesquisa, os responsáveis pelo *survey*, os motivos de escolha da população, informações referentes ao procedimento para responder o questionário, a quem devolvê-lo e o tempo disponível para resolução. A estrutura do questionário foi de: três questões sobre metodologias de ensino em geral (Respostas: Nada Importante, Pouco Importante, Importante, Bastante Importante e Totalmente Importante), uma questão de *Lecturing* e uma questão de *Peer Instruction*.

As questões referentes à *Lecturing* e *Peer Instruction* foram subdivididas em oito outras questões, para as quais foi associado um valor como resposta (0 - 10), também foi possível contribuir complementando sua resposta nas linhas disponíveis abaixo de cada questão (essa complementação não foi obrigatória). A primeira questão sobre metodologias em geral também foi subdividida em outras oito e seguiu o mesmo modelo das questões sobre *Lecturing* e *Peer Instruction*. Já as outras duas questões referentes às metodologias em geral aceitaram respostas em forma de frases que ficaram totalmente a critério de quem está respondendo.

Com o objetivo de avaliar o questionário foi realizado o chamado “pré-teste”, que teve como objetivo, verificar se as perguntas eram inteligíveis, estimar a taxa de resposta e a eficácia de procedimentos de follow-up, avaliar a confiabilidade e validade do questionário e assegurar que as técnicas de análise utilizadas foram adequadas para as características dos dados coletados. A forma de avaliação escolhida para conduzir o pré-teste foi a realização de um *focus group*, que teve como participantes, os responsáveis pelo *survey* (mediadores) e mais dois alunos que participaram da pesquisa como respondentes dos questionários. Ao fim da reunião, foi possível excluir ambiguidades nas questões, como também acrescentar novas questões que facilitariam a obtenção dos dados.

Software R. Para auxiliar na análise e interpretação dos resultados a ferramenta R foi utilizada. Além de possuir código fonte aberto, possibilita a criação de procedimentos novos por qualquer usuário.

3.6 Avaliação da validade

Durante a realização deste trabalho algumas ameaças de validade foram identificadas, como: ameaças de validade interna, externa e de conclusão. A ameaçada de validade interna encontrada estava relacionada com a elaboração dos questionários, que não poderiam ser tendenciosos. Assim, um pré-teste de questionário foi realizado, sanando o problema.

Já no tocante de ameaças à validade de conclusão, o problema encontrado foi o tamanho mediano da amostra. Assim, não é possível ter um poder estatístico tão grande.

Por fim, foi possível detectar uma ameaça à validade externa, pois como a amostra é representada por alunos de pós-graduação em Ciência da Computação, é difícil afirmar que os mesmos resultados serão encontrados para pós-graduações de outras áreas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos apresentaram caráter qualitativo e ordinal. A amostra estudada teve tamanho mediano com $n = 30$. Dois tipos de dados foram coletados, aqueles sem levar em consideração nenhum método de ensino (Nada Importante (NI), Pouco

Importante (PI), Importante (I), Bastante Importante (BI) e Totalmente Importante (TI)), como também os dados que levaram em consideração os métodos de ensino *Lecturing* e *Peer Instruction*, tendo como respostas 0-10.

Para melhorar o entendimento dos dados coletados, uma série de gráficos foi elaborada, possibilitando a visualização geral da avaliação que cada componente estudado recebeu. Apesar de não servir como prova estatística, a visualização destes gráficos é bastante importante para a familiarização do leitor.

Os dados que foram obtidos por meio dos questionários estão sumarizados na Figura 01.

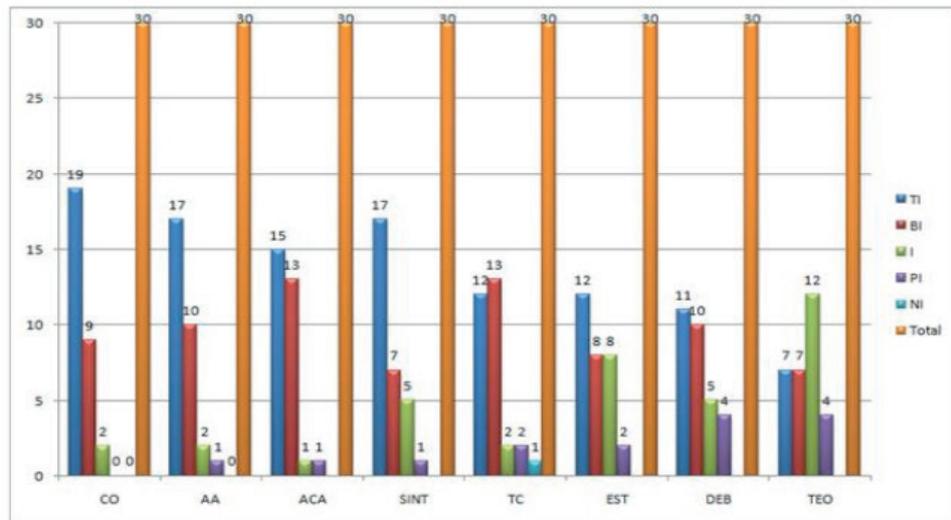


Figura 1 - Resultados obtidos nos questionários

Fonte: Autoria Própria

Da Figura 2 à Figura 5 estão expostos de forma isolada os resultados de cada avaliação dos componentes, como por exemplo, o componente Capacidade de Observação (Figura 2) que foi avaliado por 63% dos respondentes do questionário como sendo Totalmente Importante (TI) para o aprendizado de uma forma geral, outros 30% consideraram este componente como Bastante Importante (BI), e 7% avaliaram como importante (I).

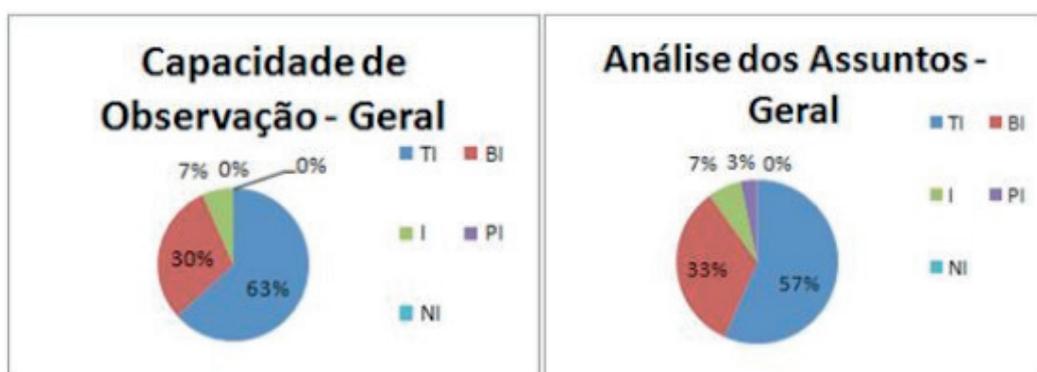


Figura 2 - Resultados para CO e AA

Fonte: Autoria Própria

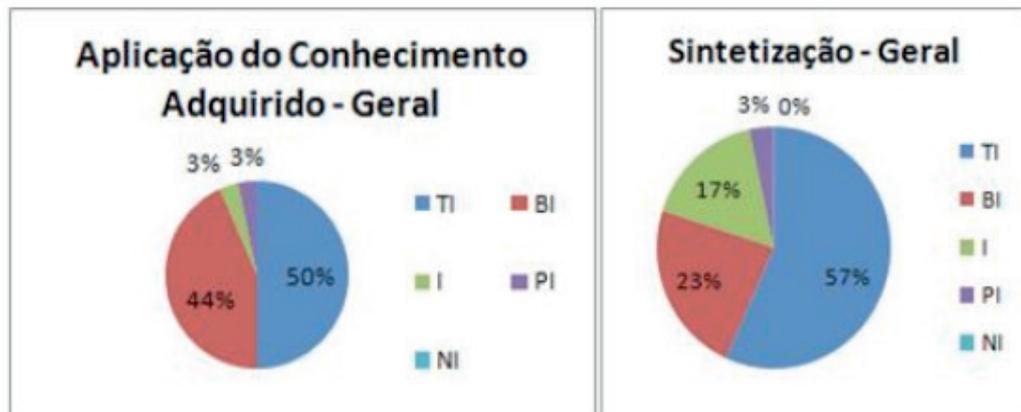


Figura 3 - Resultados para ACA e SINT

Fonte: Autoria Própria

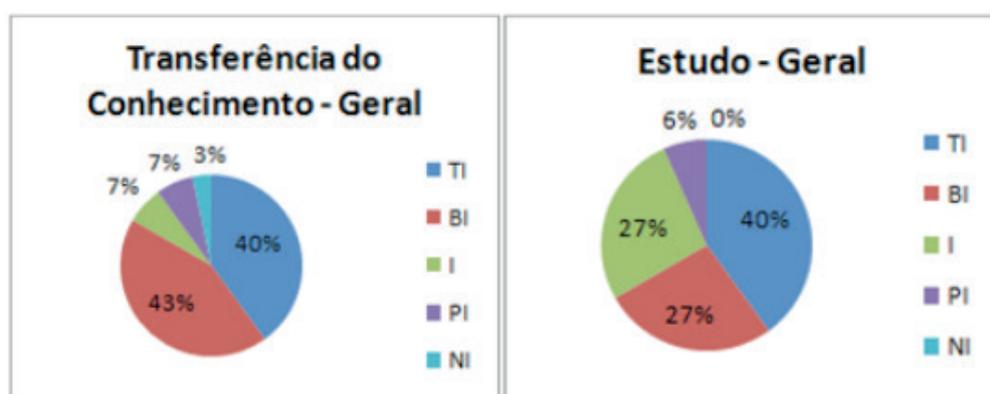


Figura 4 - Resultados para TC e EST

Fonte: Autoria Própria

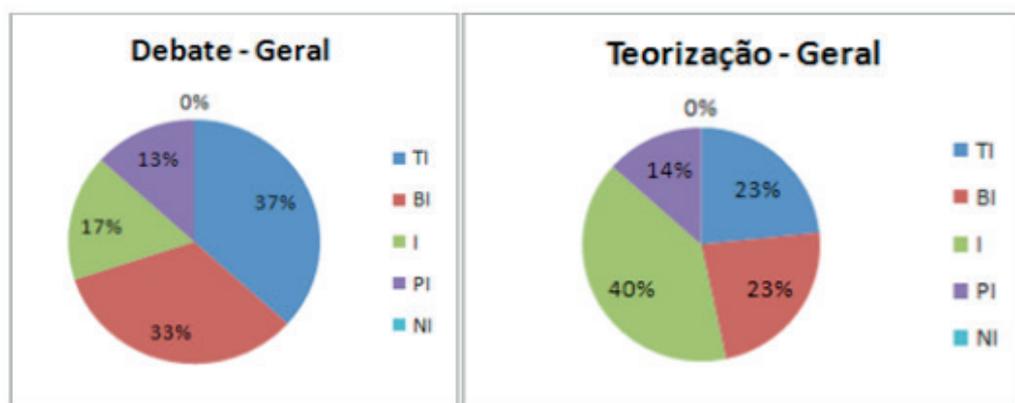


Figura 5 - Resultados para DEB e TEO

Fonte: Autoria Própria

Apenas a análise visual dos gráficos não é suficiente para que sejam feitas conclusões acerca dos dados coletados. Portanto, uma análise estatística deve ser elaborada.

Como mencionado anteriormente, os dados coletados são qualitativos e ordinais. Além disso, um mesmo respondente obteve resultados para mais de uma situação,

caracterizando um design relacionado. Assim sendo, os testes não-paramétricos de *Friedman* e *Wilcoxon* foram considerados os mais indicados, pois a distribuição dos dados não era conhecida. Para fazer uso destes dois testes todas as suposições foram verificadas e atendidas. O nível de significância utilizado nos dois testes foi de 5%, ou seja, $\alpha = 0,05$.

Com o auxílio da ferramenta R a Tabela 2 foi elaborada acerca das hipóteses encontradas no estudo.

Hipótese	Testes	Resultado (p-valor)	Decisão
H1 (Rejeitada)	<i>Friedman</i>	6,95E-06	Refuta
H1 (Grupo a)	<i>Friedman</i>	0,7076	Não refuta
H1 (Grupo b)	<i>Friedman</i>	0,3488	Não refuta
H1 (Grupo c)	<i>Friedman</i>	0,3472	Não refuta
H2 (Confirmada)	<i>Wilcoxon</i>	0,3348	Não refuta
H3 (Rejeitada)	<i>Wilcoxon</i>	0,01378	Refuta
H3	<i>Wilcoxon</i>	0,00689	Refuta
H4 (Confirmada)	<i>Wilcoxon</i>	0,8501	Não refuta
H5 (Rejeitada)	<i>Wilcoxon</i>	0,02212	Refuta
H5-0	<i>Wilcoxon</i>	0,01106	Refuta
H6 (Confirmada)	<i>Wilcoxon</i>	0,6489	Não refuta
H7 (Rejeitada)	<i>Wilcoxon</i>	0,007045	Refuta
H7	<i>Wilcoxon</i>	0,003522	Refuta
H8 (Confirmada)	<i>Wilcoxon</i>	0,4032	Não refuta
H9 (Rejeitada)	<i>Wilcoxon</i>	2,75E-05	Refuta
H9	<i>Wilcoxon</i>	1,38E-05	Refuta
H10 (Rejeitada)	<i>Wilcoxon</i>	0,01568	Refuta

Tabela 2 - Testes Estatísticos

Fonte: Autoria Própria

Para determinar se uma hipótese foi rejeitada ou não, o nível de significância foi comparado com o p-valor resultante de cada teste estatístico. Caso *p-valor* maior que 0,05 (nível de significância), hipótese confirmada. Caso contrário, hipótese rejeitada.

Sabendo isso, cada hipótese pode ser avaliada, tornando possível elaborar conclusões com base estatística sobre os dados. O estudo teve como objetivo principal responder à pergunta P1.

P1: Qual método, *Lecturing* ou *Peer Instruction*, é o melhor para o ensino na pós-graduação em Ciência da Computação na UFCG?

H1 (Rejeitada): não há diferença entre os componentes avaliados com relação ao aprendizado.

- Sabendo que existem componentes que foram considerados mais importantes para o aprendizado, outros testes de *Friedman* foram realizados visando classificar os componentes por grupo.

H2 (Confirmada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à capacidade de observação.

H3 (Rejeitada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à análise dos assuntos.

- Outro teste de *Wilcoxon* foi necessário para indicar qual dos dois métodos de ensino recebeu uma avaliação melhor segundo no componente AA.

H4 (Confirmada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à sintetização dos assuntos.

H5 (Rejeitada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto ao estudo dos assuntos.

- Outro teste de *Wilcoxon* foi necessário para indicar qual dos dois métodos de ensino recebeu uma avaliação melhor no componente EST.

H6 (Confirmada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à aplicação dos conhecimentos adquiridos.

H7 (Rejeitada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à transferência do conhecimento.

- Outro teste de *Wilcoxon* foi necessário para indicar qual dos dois métodos de ensino recebeu uma avaliação melhor no componente TC.

H8 (Confirmada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto à teorização.

H9 (Rejeitada): não há diferença entre *Lecturing* e *Peer Instruction* para o aprendizado quanto ao debate.

- Outro teste de *Wilcoxon* foi necessário para indicar qual dos dois métodos de ensino recebeu uma avaliação melhor no componente DEB.

H10 (Rejeitada): Não há diferença entre os métodos de ensino *Lecturing* e *Peer Instruction* com relação ao aprendizado nas turmas de pós-graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Campina Grande.

A seguir, são apresentadas as conclusões obtidas com base na análise das hipóteses levantadas.

Questão 1. Existem itens que foram avaliados como mais importantes para o aprendizado pelos respondentes?

Dos oito componentes avaliados na pesquisa (CO, AA, ACA, SINT, TC, EST, DEB, TEO), foi concluído que alguns componentes foram considerados pelos respondentes da pesquisa como sendo mais importantes para o aprendizado do que outros. Então, é necessário averiguar quais dos componentes estudados são mais importantes e assim continuar a análise.

Questão 2. Qual a ordem por importância dos componentes?

Item Avaliado	Ordem (Grupo)
CO	a
AA	a
ACA	a
SINT	a, b
TC	b,c
EST	b,c
DEB	c
TEO	d

Tabela 3 - Ordem dos Componentes

Fonte: Autoria Própria

Ao analisar a Tabela 3, percebe-se que os itens CO, AA e ACA foram considerados pelos respondentes como sendo mais importantes do que TC, EST, DEB, TEO. SINT foi considerado mais importante do que DEB e TEO. Já TC, EST, DEB foram considerados mais importantes que TEO. Os grupos ficaram compostos por: CO, AA, ACA, SINT (Grupo a); SINT, TC, EST (Grupo b); TC, EST, DEB (Grupo c), ou seja, os itens que pertencem ao mesmo grupo foram considerados pelos respondentes igualmente importantes para o aprendizado.

Considera-se no processo de leitura da tabela acima que $a > b > c > d$; onde a, b, c, d correspondem aos níveis de importância (grupos divididos de acordo com a importância) de determinado componente para o aprendizado.

Questão 03. Comparando cada componente de acordo com a metodologia de ensino o que foi obtido?

Na Tabela 4 é apresentada a comparação dos componentes, onde: “menor” representa que, comparando as metodologias com relação ao aprendizado, determinado componente recebeu uma avaliação geral menor; “maior” representa que, comparando as metodologias com relação ao aprendizado, determinado componente recebeu uma avaliação geral maior; e “Igual” representa que, comparando as metodologias com relação ao aprendizado, determinado componente recebeu uma avaliação geral igual.

<i>Peer Instruction</i>	Resultado	Lecturing
CO	igual	CO
AA	maior	AA
ACA	Igual	ACA
SINT	Igual	SINT
TC	maior	TC
EST	maior	EST

DEB	maior	DEB
TEO	igual	TEO

Tabela 4 - Comparando Componentes

Fonte: Autoria Própria

Questão 04. Qual método, *Lecturing* ou *Peer Instruction*, é o melhor para o ensino na pós-graduação em Ciência da Computação na UFCG?

Após comparar todos os itens estudados foi percebido que quatro deles receberam avaliações semelhantes para as duas metodologias de ensino. São eles: Capacidade de Observação (Grupo a), Aplicação do Conhecimento Adquirido (Grupo a), Sintetização (Grupo a,b), e Teorização (Grupo d). Já nos outros quatro componentes restantes, o método *Peer Instruction* recebeu avaliação melhor. São eles: Análise dos Assuntos (Grupo a), Transferência do Conhecimento (Grupo b, c), Estudo (Grupo b, c) e Debate (Grupo c).

Portanto a metodologia de ensino *Peer Instruction* foi considerada melhor do que o método *Lecturing* quando aplicada em turmas de pós-graduação no ensino de Ciência da Computação na UFCG, pois em nenhum dos componentes considerados, a segunda recebeu uma avaliação melhor do que o primeira, que recebeu avaliações melhores em um componente que faz parte do Grupo a (mais importante para o aprendizado), dois que pertenciam ao Grupo b (segundo mais importante) e em um componente do Grupo d

5 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Apesar do contexto de ensino de pós-graduação em Ciência da Computação na Universidade Federal de Campina Grande estudado ser limitado, as conclusões obtidas com o estudo podem servir como base para trabalhos futuros na temática. A principal contribuição da pesquisa desenvolvida para a produção desse artigo é proporcionar maior eficiência no processo de aprendizado que é de fundamental importância na busca por um curso de pós-graduação de qualidade.

A significância da pesquisa está precisamente no fato de que esta proporciona avanços no ensino e desenvolvimento de pesquisas em Ciência da Computação, visto que traz agregada a si resultados e conclusões que proporcionam maior eficiência para estes processos, associando aprendizagem e metodologia de ensino utilizada. Consequentemente, significância em áreas como as mencionadas trazem junto a si diversos avanços significativos em outras inúmeras áreas, associada claro as áreas diretamente afetadas com este estudo.

Desde o início do trabalho, já era esperado que a metodologia de ensino *Peer Instruction* fosse mais adequada ao ensino de pós-graduação em Ciência da Computação do que a metodologia *Lecturing*, mas essas conclusões eram decorrentes

somente de *feeling*, intuição e observação.

Um dos objetivos dessa pesquisa foi justamente provar essa hipótese através de análise estatística e estudos precisos. Para isso foi feito todo o processo metodológico, já apresentado nesse artigo, bem como coleta e análise de dados. Por fim, foi possível constatar que resultados e objetivos se completaram e complementaram.

Então, foi constatado que a metodologia *Peer Instruction* é mais adequada e que todo o processo e metodologia usados ao longo da pesquisa que chegou a essa conclusão foi satisfatório para responder e avaliar cada uma das hipóteses elencadas ao longo do percurso.

Os componentes analisados para a composição da pesquisa e para formulação de seus resultados foram, como mencionado anteriormente, a Capacidade de Observação, Análise, Estudo, Debate, Teorização, Sintetização, Aplicação e Transferência de Conhecimento. Acreditou-se desde o início da pesquisa que o estudo desses tópicos seria suficiente para tirar todas as conclusões necessárias, cabendo aos trabalhos futuros certificar-se que guiados somente por estes componentes é possível derivar conclusões a respeito do processo de aprendizado como um todo ou então se faz necessário a análise de outros componentes e quais seriam esses possíveis outros tópicos importantes para o aprendizado.

É também, um possível tema de pesquisas futuras, outras metodologias de ensino que talvez também pudessem se adequar mais ao ensino de pós-graduação em Ciência da Computação do que a metodologia *Lecturing*, e também mais adequada até do que a metodologia *Peer Instruction*.

Possivelmente variações na metodologia *Peer Instruction* fizesse com que esta técnica se adequasse ainda mais ao universo em questão. Neste caso, é importante também analisar se os outros possíveis componentes citados no parágrafo acima teriam influência na decisão de qual metodologia é mais adequada.

REFERÊNCIAS

SIMON, Beth; CUTTS, Quintin I. Peer instruction: a teaching method to foster deep understanding. *Commun. ACM*, v. 55, n. 2, p. 27-29, 2012.

MAZUR, Eric. Farewell, lecture?. *Science*, v. 323, n. 5910, p. 50-51, 2009.

FAGEN, Adam P.; CROUCH, Catherine H.; MAZUR, Eric. Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The physics teacher*, v. 40, n. 4, p. 206-209, 2002.

EDUCAUSE LEARNING INITIATIVE et al. 7 things you should know about lecture capture. Boulder, CO: EDUCAUSE, 2008.

WAZLAWICK, Raul. Metodologia de pesquisa para ciência da computação. Elsevier Brasil, 2017.

FREITAS, Henrique et al. O método de pesquisa survey. *Revista de Administração*; ão da Universidade de São Paulo, v. 35, n. 3, 2000.

SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE RECURSOS EDUCACIONAIS DIGITAIS, TENDO EM CONTA A DIVERSIDADE DOS ESTUDANTES

Valentina Tabares Morales

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Informática y Computación
Manizales – Caldas

Néstor Darío Duque Méndez

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Informática y Computación
Manizales – Caldas

Yorely Bryjeth Ceballos

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Informática y Computación
Manizales – Caldas

Marta Rosecler Bez

Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Novo Hamburgo – Brasil

Silvana Vanesa Aciar

Universidad Nacional de San Juan, Instituto de Informática
San Juan – Argentina

trabalho propõe um modelo que visa aproveitar técnicas de sistemas de recomendação baseados em conhecimento, para selecionar em repositórios de recursos educacionais, aqueles materiais com os quais um aluno pode interagir melhor de acordo com suas necessidades educacionais especiais. O modelo proposto foi implementado em ambiente real e avaliado com abordagem qualitativa através da realização de trabalho experimental com alunos com deficiência, que interagiram com os recursos educacionais digitais que foram recomendados. Os usuários avaliaram a interface, os resultados entregues, sua utilidade e satisfação com a proposta. Os resultados refletiram uma boa apreciação por parte dos alunos, mas com possibilidades de melhoria na seleção de recursos.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos educacionais digitais; sistema de recomendação; necessidades educativas especiais; repositórios

RECOMMENDATION SYSTEM OF DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES TAKING INTO ACCOUNT THE DIVERSITY OF STUDENTS

ABSTRACT: Deliver digital educational resources according to the characteristics of each student, supports their training process. Recognizing the conditions and preferences when special educational needs arise and recommending appropriate resources allows

RESUMO: A disponibilização de recursos educacionais digitais de acordo com as características de cada aluno, permite apoiar o seu processo de formação. Reconhecendo as condições e preferências quando as necessidades de educação especial são apresentadas e recomendar recursos apropriados, permite uma melhor atenção à diversidade nos ambientes educacionais. Este

a better attention to diversity in educational environments. This paper proposes a model that takes advantage of knowledge-based recommendation systems to select, in repositories of educational resources; those materials with which a student can best interact according to their special educational needs. The proposed model was implemented in a real environment and evaluated with a qualitative approach through the realization of experimental work with disability students, who interacted with the digital educational resources that were recommended. The users evaluated the interface, the delivered results, the utility and the satisfaction with the proposal. The results reflected a good appreciation on the part of the students, but with possibilities of improvement in the selection of resources.

KEYWORDS: Digital educational resources, recommendation systems, special needs in education, repositories.

1 | INTRODUÇÃO

O enorme crescimento no número de Recursos Educacionais Digitais (RED) e a diversidade de preferências do usuário em repositórios de RED existentes abriram a possibilidade de testar a eficiência dos algoritmos de recomendação para selecionar materiais de aprendizagem apropriados para os usuários (CECHINEL et al., 2013) (QUISI-PERALTA et al., 2018).

Os Sistemas de Recomendação (SR) são sistemas ou ferramentas de software destinados a sugerir ou fornecer produtos ou serviços aos usuários, com base em seus gostos e desgostos (RICCI et al., 2011). Burke (2007) acrescenta que SR são agentes de informação que oferecem sugestões de itens que podem ser úteis para um usuário específico (BURKE, 2007).

Em geral, os SR podem trabalhar com dois tipos de dados, primeiro os dados disponíveis dos itens e usuários, os chamados SR baseados no conhecimento e a recomendação é estabelecida pelos requisitos de um usuário específico. Por outro lado, aproveitando os dados das interações que o usuário faz, como avaliações e feedback, aproveitadas pelos SR com base no conteúdo e filtragem colaborativa; A diferença entre eles é que o foco está nas classificações de um único usuário e o outro em todas as classificações. Em alguns casos, você pode combinar diferentes aspectos e criar sistemas híbridos, onde os pontos fortes das diferentes técnicas de recomendação são misturados e, assim, executar as recomendações de maneira mais robusta.

Essas técnicas de SR abrem possibilidades orientadas a atender às preferências e necessidades dos alunos, o que é visto como uma oportunidade quando se buscam condições de inclusão no caso de populações com Necessidades Educacionais Especiais, que são dadas como resultado de alguma condição física, social ou cultural. Esses estudantes comumente enfrentam barreiras que lhes são apresentadas por diferentes ambientes tecnológicos, de modo que seria de grande importância e

utilidade que os materiais, atividades e estratégias educacionais fossem customizados de acordo com as características individuais (LOZANO, 2012).

Este trabalho tem como objetivo entregar RED armazenado em repositórios de acordo com a diversidade dos alunos, aproveitando especificamente as técnicas de SR baseadas em conhecimento que descrevem como os vários produtos atendem e em que medida as necessidades de um usuário (conhecimento funcional do ambiente)(BURKE, 2002). Desta forma, o sistema encontra os RED que se ajustam às necessidades dos alunos, inferindo como certas características atendem aos requisitos e preferências do usuário.

A proposta foi implementada em uma federação de repositórios da RED chamada FROAC e avaliada através de um estudo de caso com usuários reais, que interagiram com os RED recomendados de acordo com suas características.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 são apresentados trabalhos relacionados e na seção 3 a proposta é apresentada em detalhes. A seção a seguir apresenta o estudo de caso e os resultados obtidos. Finalmente, conclusões e trabalhos futuros são apresentados.

2 | TRABALHO RELACIONADO

Os SR podem ser usados para escolher os elementos que serão apresentados ao usuário e que melhor refletem suas preferências. Na literatura existem trabalhos orientados a aplicar técnicas de recomendação em ambientes de aprendizagem.

Em (LU et al., 2015) descobriram que, desde 2000, SR são utilizados em ambientes educacionais, auxiliando na escolha de cursos, disciplinas e materiais. Os RS baseados no conhecimento são considerados os mais adequados para sistemas educacionais, dada a falta de conjuntos de dados históricos para aplicar outras técnicas (DRACHSLER et al., 2015).

Em (GORDILLO; BARRA; QUEMADA, 2017) é apresentado um modelo híbrido de recomendação (conteúdo e demográfico) aplicado em um repositório de objetos de aprendizagem onde se utiliza o contexto do aluno no momento de iniciar a recomendação. Eles confirmam a grande influência do SR no ambiente, devido às características variadas dos repositórios e à qualidade dos objetos armazenados neles.

Em (RODRÍGUEZ; DUQUE-MÉNDEZ; OVALLE, 2016) um método híbrido para a recomendação de recursos educacionais é proposto com base na seleção de características do perfil do aluno, para selecionar e aplicar algoritmos de recomendação para obter os resultados mais adequados. Conclui-se que o uso de SR híbrido adaptativo melhora a geração de resultados relevantes, especialmente quando a combinação deve incluir a técnica de filtragem baseada em conhecimento.

Em (KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ et al., 2016; RICCI et al., 2011) apresentam, dentro das aplicações de RS, aqueles usados para melhorar a aprendizagem e a recuperação adaptativa de recursos de aprendizagem que apoiam alunos e professores; a adaptação

é feita para os objetivos, tarefas e interesses dos usuários e entre os desafios que eles colocam é levar em conta características pedagógicas e diferentes métricas e instrumentos para realizar as avaliações.

Em (CARDOSO et al., 2015) é proposto um SR chamado Vulcanus, que baseado em informações de contexto, perfil de usuário e análise de similaridade, faz recomendações de recursos de acessibilidade para usuários com diferentes deficiências. Para validar a proposta, é realizada a simulação de 300 usuários com perfis diferentes, a fim de obter as informações necessárias para realizar processos de recomendação subsequentes.

Outras propostas, como (QUISI-PERALTA et al., 2018)(SARI VILLA, 2017) são orientadas para a recomendação de recursos para usuários com deficiências. Alguns trabalhos enfocam processos construtivos e avaliação de ambientes educacionais acessíveis a fim de oferecer melhores alternativas aos alunos de acordo com suas preferências (INGAVELEZ-GUERRA et al., 2018) (AMADO-SALVATIERRA et al., 2016) (GÓMEZ-MARTÍNEZ et al., 2015).

A revisão identifica trabalhos importantes relacionados à recomendação de recursos que podem apoiar processos de aprendizagem. No entanto, ainda são necessários esforços no que diz respeito a abordagens voltadas para atender às necessidades especiais de educação.

3 | PROPOSTA

Os repositórios de recursos educacionais digitais armazenam materiais que podem apoiar o processo de aprendizagem para alunos com características diferentes. Dada a diversidade dos alunos, os recursos que o aluno acessa nem sempre são os mais adequados às suas necessidades. Aproveitar as técnicas de recomendação para fornecer os recursos que melhor atendem às características específicas, preferências e necessidades podem potencializar esse processo.

Este trabalho concentra-se na entrega de recursos educacionais de acordo com a diversidade de estudantes. Técnicas de recomendação baseadas em conhecimento são usadas e podem ser integradas a repositórios e federações para fornecer aos alunos os recursos mais adequados às suas necessidades, especificamente quando eles tem necessidades especiais em educação.

O modelo geral proposto consiste em três componentes principais e é apresentado na Figura 1. Para o modelo de estudante pertencem as características dos usuários relevantes para a proposta, incluindo as necessidades especiais que serão o ponto de partida para fazer as recomendações.

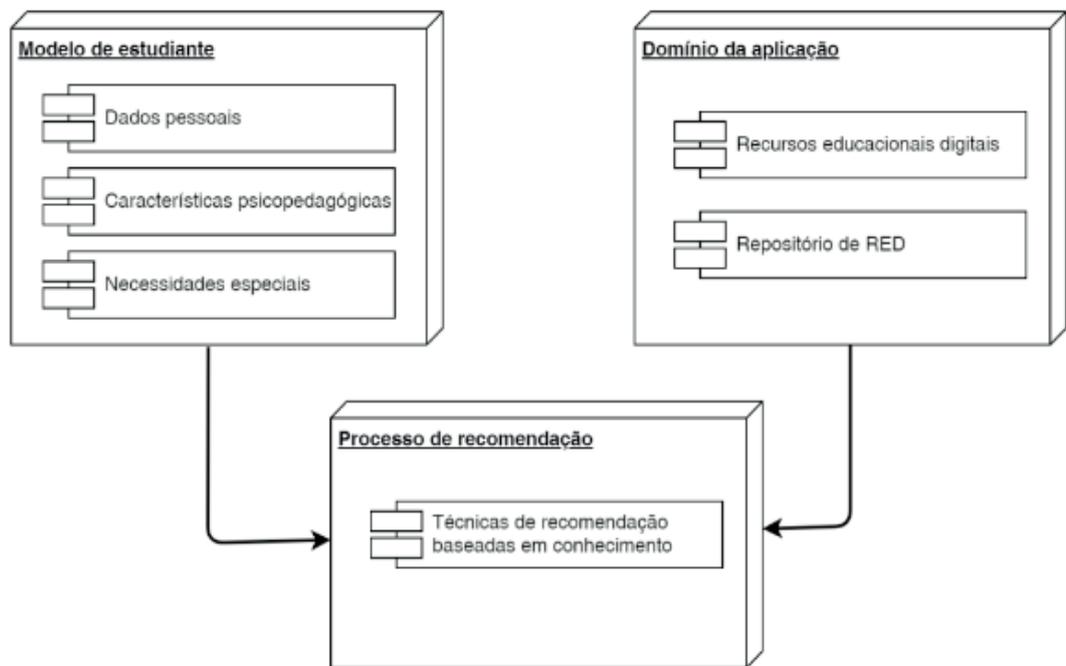


Figura 1 - Modelo proposto.

Fonte: autores

O RS baseada no conhecimento foi escolhida após a análise de trabalhos anteriores, onde se percebe que essa estratégia facilita sua implementação, pois não requer interações prévias, nem qualificações de recursos, nem a identificação de usuários similares ou outras informações que inicialmente não podem ser obtidas. Por fim, o Domínio de Aplicação se concentra em recursos educacionais que atendem às condições de acessibilidade e são armazenados em repositórios.

Em seguida, cada um dos componentes do modelo de recomendação proposto é apresentado em detalhes.

3.1 Modelo de estudante

Um modelo de estudante é uma representação das informações necessárias para conhecer as características mais relevantes do usuário e oferecer uma experiência personalizada (UDDIN; AHMED; MAHMOOD, 2018) (MARTINS et al., 2008). Os mecanismos necessários de captura, armazenamento e atualização devem ser estabelecidos (DUQUE, 2009).

No modelo de estudante existem Dados Pessoais (nome, sobrenome, data de nascimento e escolaridade), Características Acadêmicas e Psicopedagógicas (nível educacional, estilos de aprendizagem, preferências temáticas) e Necessidades Especiais, que incluem aspectos para identificar como o usuário deseja que o conteúdo seja apresentado e como pode interagir com ele.

Para este modelo de estudante é feita a captura e atualização das características através de testes e questionários que são apresentados ao usuário quando ele deseja se cadastrar no sistema. O detalhe da categoria de necessidades especiais é mostrado

na Figura 2.

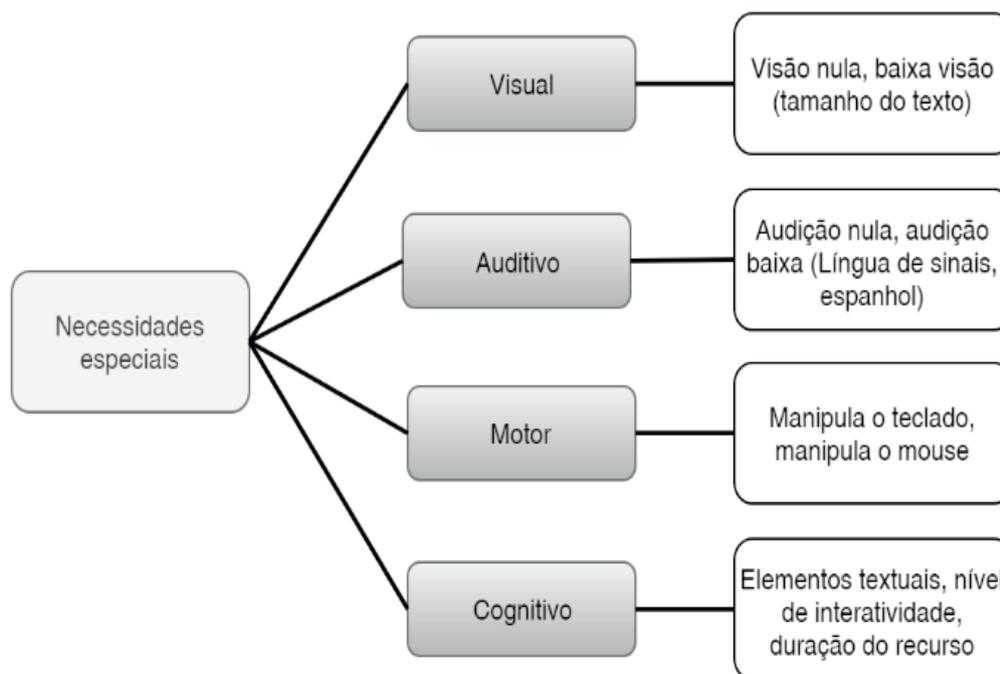


Figura 2 – Detalhe categoria Necessidades Especiais.

Fonte: autores

Esta categoria é dividida em Visual, Auditivo, Motor e Cognitivo. Em cada elemento, são obtidos dados associados à maneira como o usuário pode interagir com os recursos educacionais, tanto do ponto de vista físico (dispositivos de entrada) quanto da apresentação (tamanhos, textos, etc.). Além disso, uma abordagem é feita para algumas das características das deficiências cognitivas.

Para a captura e atualização do modelo de aluno, especificamente na categoria Necessidades Especiais, são feitas perguntas que, através de exemplos, identificam preferências de acordo com a deficiência selecionada.

3.2 Domínio da aplicação

Para esta proposta, serão feitas recomendações de RED que são entidades digitais que podem ser usadas para aprendizagem, educação ou treinamento (COMITÊ DE NORMAS DE TECNOLOGIA DE APRENDIZAGEM, 2002) (DUQUE-MÉNDEZ; OVALLE CARRANZA; MORENO CADAVID, 2014). Metadados são usados para descrever as características do RED, que ajudam a entender seu conteúdo (VICARI et al., 2010) (MORALES et al., 2005). Para este trabalho, os metadados são essenciais para identificar os recursos mais adequados de acordo com as necessidades específicas dos alunos.

Os recursos junto com seus metadados são armazenados em bibliotecas digitais especializadas, denominadas Repositórios de recursos educacionais digitais, que permitem sua busca e recuperação (DUQUE-MÉNDEZ; OVALLE CARRANZA;

MORENO CADAVID, 2014). Esses repositórios podem oferecer serviços entre os quais a recomendação RED se destaca. Além disso, podem envolver processos de avaliação dos recursos educacionais que armazenam para verificar se atendem às necessidades dos alunos para os quais foram criados.

3.3 Processo de recomendação

Como mencionado, existem várias técnicas para fazer recomendações que foram utilizadas no contexto dos RED, mas devido às suas características e requisitos, optou-se por fazer uma recomendação baseada no conhecimento que busca a relação entre o perfil do aluno e os itens (LU et al., 2015).

Ele trabalha com alguns metadados do padrão IEEE LOM (Metadados de Objetos de Aprendizagem) e com metadados adicionais para acessibilidade, de acordo com a especificação IMS Access For All Meta-data (IMS GLOBAL LEARNING CONSORTIUM, 2010) e o padrão OBAA (VICARI et al., 2012), que são apresentados na Tabela 1.

Metadados	Descrição
<i>InteractivityLevel</i>	Grau em que o aluno pode influenciar aspectos relacionados ao comportamento do objeto. Pode ter os seguintes valores: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.
<i>Format</i>	Tipos de dados do RED. Esses formatos são definidos pelo padrão MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions).
<i>TypicalLearningTime</i>	Tempo aproximado necessário para o público-alvo pretendido trabalhar com o recurso. Leva valores como o apresentado: "PT1H30M" (1 hora e 30 minutos).
<i>HasSignAlternative</i>	Indica se o recurso possui uma apresentação alternativa na linguagem de sinais. É usado para pessoas com deficiência auditiva e pode assumir os valores: sim, não.
<i>HasTextAlternative</i>	Este campo é utilizado para pessoas com deficiência auditiva e que podem ler textos, indicando se o conteúdo é acompanhado por uma alternativa textual tomando como valores: sim, não.
<i>HasAuditoryAlternative</i>	Indica se alguma alternativa auditiva está contida ou não. Pode assumir os valores: sim, não.
<i>ControlMechanism</i>	Mecanismo de controle que pode ser usado para interagir com o recurso educacional. Pode assumir os valores: teclado, mouse, teclado-mouse, outro.

Tabela 1 - Metadados utilizados para a recomendação

Fonte: autores

Para executar o processo de recomendação, você deve primeiro identificar o perfil do usuário que faz a consulta, a partir da cadeia de pesquisa indicada, os metadados dos RED que correspondem a esses critérios e a partir dos quais é feita a seleção da recomendação.

Após a obtenção deste conjunto, são feitas comparações entre os metadados e os elementos do modelo do aluno, através da execução de regras, o que permite identificar aqueles que melhor atendem às necessidades dos usuários e que serão recomendados.

A seguir, na Tabela 2, são apresentadas algumas das regras propostas e utilizadas para comparar os metadados com o perfil do aluno, o que permitirá a seleção dos recursos que serão recomendados, procurando que sejam aqueles que melhor atendam às necessidades dos usuários.

Regras para a recomendação
<pre> Si [(NEED(visual) ^ Visual(visionNula)] então { Para cada RED fazer val=0 [Si HasAuditoryAlternative(si) então val += 0,8] ^ [Si (InteractivityLevel(muy bajo) V InteractivityLevel(bajo) V InteractivityLevel(medio)) então val += 0,1] ^ [Si (Format(audio) V Format(video)) então val += 0,1] } </pre>
<pre> Si [(NEED(auditiva) ^ Auditiva(lenguaSeñas)] então { Para cada RED fazer val=0 [Si HasSignAlternative(si) então val += 0,9] ^ [Si (InteractivityLevel(muy bajo) V InteractivityLevel(bajo) V InteractivityLevel(medio)) então val += 0,1] } </pre>
<pre> Si [(NEED(motriz) ^ Motriz(mouse)] então { Para cada RED fazer val=0 [Si ControlMechanism(mouse) então val += 1] ^ [Si ControlMechanism(teclado-mouse) então val += 0,8] } </pre>
<pre> Si [(NEED(cognitiva) ^ ElementosTextuales(si)] entonces { Para cada RED fazer val=0 [Si (Format(audio) V Format(imagen) V Format(aplicacion) V Format(video)) então val += 1] } </pre>

Tabela 2 - Exemplos de regras de produção para seleção RED.

Fonte: autores

Para cada regra de produção é dada uma ponderação nela variável **val**, esta variável é aumentada por um valor específico, pois obedece a qualquer uma das regras, que no final de cada caso, serão avaliadas e serão tomadas como recursos para recomendar aqueles cuja ponderação é maior que 0.5. Também dentro dos recursos educacionais que serão recomendados, é feito um ordenamento de maior para menor, garantindo que os primeiros recursos educacionais digitais a serem recomendados sejam os que melhor atenderam às características e necessidades do usuário que fez a busca.

4 | TRABALHO EXPERIMENTAL

Para validar que a proposta pode ser utilizada em ambiente real, foi implementada na federação de repositórios de objetos de aprendizagem Colômbia - FROAC, que oferece serviços como avaliação, recomendação e adaptação (DUQUE-MÉNDEZ; OVALLE CARRANZA; MORENO CADAVID 2014, TABARES et al., 2014).

Para a implementação do modelo proposto pelo FROAC, foi necessário fazer modificações associadas aos três componentes, incluindo a captura do perfil do aluno, a incorporação de metadados de acessibilidade e a execução das regras para realizar a recomendação.

A Figura 3 mostra o modo como as recomendações são entregues aos alunos, depois de se registrarem na federação, terem feito o login e terem realizado uma pesquisa sobre um assunto de seu interesse.

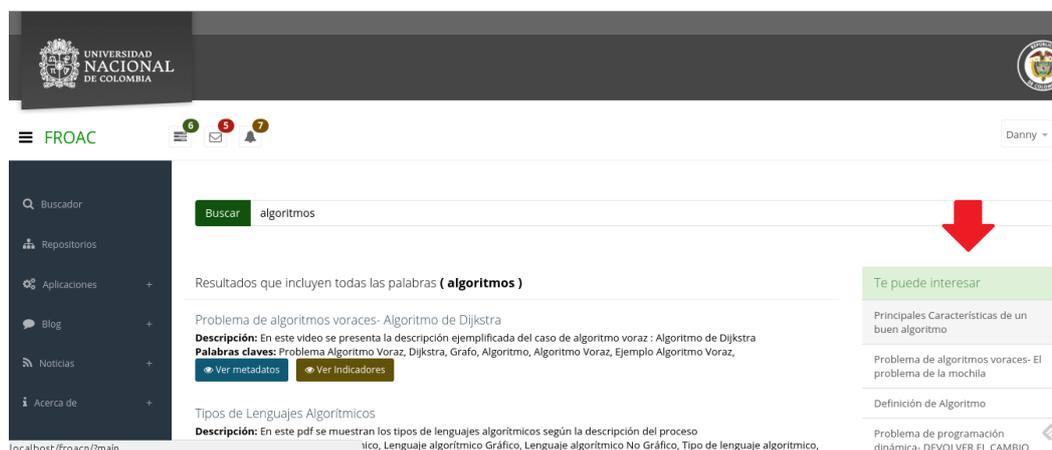


Figura 3 - Visualização de recomendações.

Fonte: autores

O objetivo é que o aluno interaja com os recursos da seção “Você pode estar interessado”, para contrastar com o restante dos RED entregue, o que permitirá identificar se as recomendações feitas estão de acordo com suas necessidades.

A fim de revisar, analisar e fornecer feedback sobre o sistema de recomendação implementado no FROAC, um trabalho experimental foi preparado com os usuários que

usaram a ferramenta e determinou se os recursos educacionais digitais recomendados os apoiavam no processo de aprendizagem.

O projeto foi apoiado por uma fundação na cidade de Manizales, participando com um grupo de cinco estudantes de diferentes séries e instituições educacionais da região. Esse número que pode parecer muito baixo é representativo, devido às características e situação dos alunos. A descrição do perfil desses participantes é apresentada na Tabela 3.

#	Características					
1	Idade	15 anos	Nível	8°	Deficiência	Visão baixa
	Outras características	- Gestão de tecnologias móveis. - Boa recepção auditiva. - Sensibilidade à luz, brilho da tela e cores fortes.				
2	Idade	16 anos	Nível	6°	Deficiência	Audição baixa
	Outras características	- Compreensão de textos em língua espanhola. - Pequenas alterações fonéticas.				
3	Idade	18 anos	Nível	8°	Deficiência	Visão nula
	Outras características	- Gerenciamento leitor de tela - Gerenciamento do sistema Braille. - Boa recepção auditiva e excelente memória.				
4	Idade	15 anos	Nível	6°	Deficiência	Visão baixa
	Outras características	- Gestão de ajudas técnicas, como lupa e óculos. - Gestão de tecnologias móveis. - Boa percepção de cores.				
5	Idade	17 anos	Nível	8°	Deficiência	Motor - Membros rígidos
	Outras características	- Pode se mover do lugar. - Possibilidade de usar (com dificuldade) teclado, mouse, computador on/off switch.				

Tabela 3 - Perfis dos alunos que participaram do estudo de caso. Fonte: autores

Realizou-se uma sessão de trabalho com este grupo de alunos, onde foram realizadas as seguintes atividades: 1) Apresentação de alunos e perguntas para completar seu perfil. 2) Apresentação da plataforma FROAC e explicação da atividade. 3) Inscrição no FROAC, preenchendo os campos de informação básica e aqueles relacionados a necessidades especiais. 4) Procure por tópicos relacionados a Ciências Sociais e Naturais. 5) Depois de interagir com o sistema, eles foram solicitados a preencher um questionário para avaliar sua experiência e os resultados do sistema de recomendação.

O questionário apresentado aos alunos foi composto por um total de 11

questões, as quais foram divididas em 4 categorias. A primeira categoria está relacionada à Interface, considerando a forma como o usuário interage com o sistema de recomendação, a facilidade de uso e a clareza com que os resultados são apresentados. A categoria seguinte tem a ver com os Resultados, onde se pretende identificar se o usuário considera que os resultados entregues pelas recomendações foram adequados às suas necessidades, se eles atenderam suas expectativas e se eles são melhores em comparação com outros recursos entregues, mas não recomendados. A terceira categoria busca identificar o nível de Utilidade percebido pelo usuário, se ele considera que o sistema poderia apoiar seu processo educacional e se realmente serviria para identificar os recursos que melhor atendam às suas necessidades. Finalmente, a categoria Satisfação mede o quanto o usuário gostou de interagir com o sistema, se ele acha que ele atende às suas necessidades em relação ao uso desse tipo de recursos educacionais e se ele o usaria novamente. A Tabela 4 mostra cada uma das perguntas e a categoria a que elas pertencem.

Item	Pergunta	Categoria
01	As recomendações recebidas foram do meu agrado.	Satisfação
02	As recomendações recebidas podem me ajudar a melhorar meu processo de aprendizado.	Utilidade
03	As recomendações recebidas foram ajustadas às minhas necessidades.	Resultados
04	As recomendações foram precisas de acordo com o tópico de pesquisa.	Resultados
05	A interface do sistema é atraente, clara e adequada.	Interface
06	Considero que as recomendações recebidas podem ser úteis para entender os tópicos procurados.	Utilidade
07	O sistema permitiu aceitar ou rejeitar facilmente uma recomendação.	Interface
08	Eu me senti confiante sobre as recomendações que recebi do sistema.	Resultados
09	As recomendações recebidas do sistema me permitiram fazer uma seleção fácil de recursos.	Utilidade
10	Se a oportunidade surgisse, eu usaria esse sistema de recomendação novamente.	Satisfação
11	Eu recomendaria esse sistema para meus amigos.	Satisfação

Tabela 4 - Questões do instrumento. Fonte: autores

Para responder a cada uma das perguntas, utilizou-se a escala Likert, com as seguintes opções de resposta: 1 - Discordo totalmente, 2 - Discordo, 3 - Não concordo ou discordo, 4 - Concordo, 5 - Totalmente de acordo.

A validade do conteúdo do questionário foi apoiada por especialistas do grupo e calculou-se o coeficiente de confiabilidade α de Cronbach, que resultou em 0.651, valor superior ao mínimo exigido de 0.6, o que indica uma boa consistência interna

para esta escala (GONZÁLEZ ALONSO; PAZMINO , 2015).

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após fazer as perguntas dos alunos participantes no estudo de caso são apresentados na Figura 4.

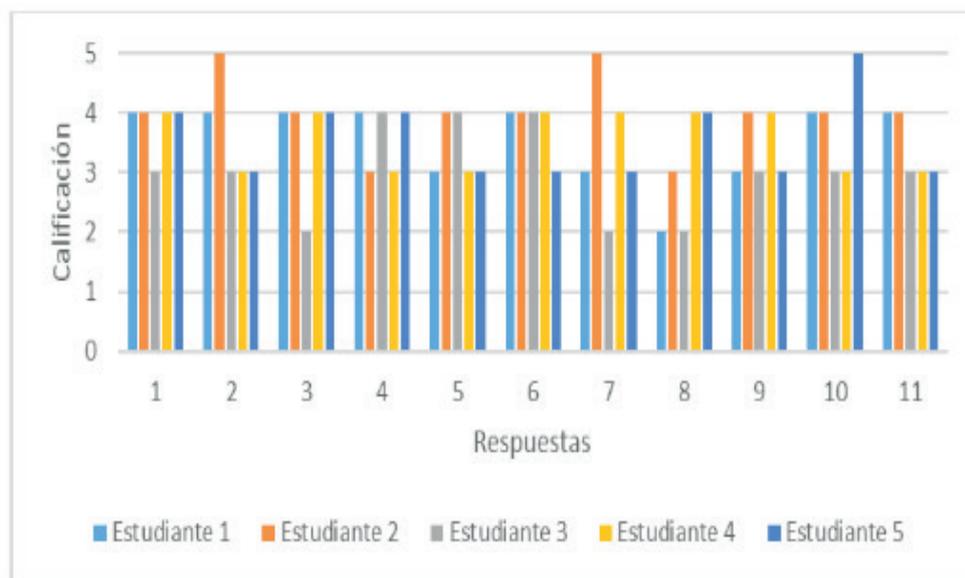


Figura 4 - Respostas dadas pelos alunos participantes.

Fonte: autores

Em geral, pode-se ver que as respostas são favoráveis, uma grande parte corresponde a uma classificação de 4 que representa a opinião “de acordo” com as diferentes afirmações nas perguntas, orientada para mostrar as possibilidades do sistema proposto e apenas em alguns casos recebi uma resposta de 3 “nem concordo nem discordo” dos alunos.

As avaliações dos alunos nas categorias Interface e Utilidade mostram um valor 3 na mediana, que é o número médio no conjunto ordenado de respostas, o que expressa que existe uma opinião de neutralidade em relação a essas categorias. No caso das categorias Resultados e Satisfação, a mediana foi 4, valor que expressa a opinião “de acordo” na escala Likert adotada. Em geral, isso reflete uma boa apreciação, mas com possibilidades de melhoria.

A fim de apresentar um maior detalhamento da frequência das respostas, a Figura 5 apresenta os resultados agrupados pelas categorias de questões, reforçando a conclusão prévia de qual categoria obteve melhores resultados e quais aspectos precisam ser revistos detalhadamente.

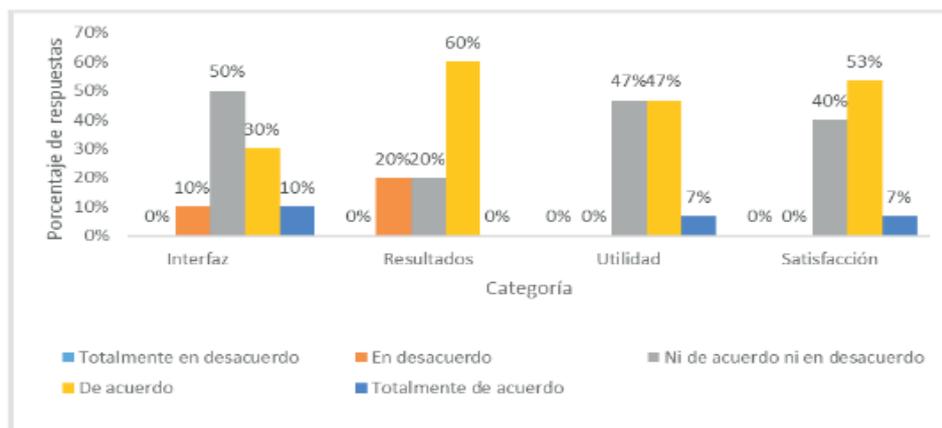


Figura 5 - Resultados agrupados por categoria.

Fonte: autores

Na categoria Satisfação, a maioria dos usuários concorda com as recomendações recebidas pelo sistema de recomendação, disse que gostaria de usá-lo em ocasiões futuras e o sistema é do seu agrado.

Na categoria Utilidade, a maioria dos usuários concordou com as recomendações recebidas e sua contribuição no processo de aprendizagem, facilitando a compreensão dos temas estudados. No entanto, 10% dos alunos expressaram discordância nas questões da categoria, porque alguns dos resultados apresentados não eram consistentes com o que esperavam.

Na categoria Interface, os resultados mostram maior diversidade, uma vez que as formas pelas quais os usuários interagiram com o sistema de recomendação estavam intimamente ligados à necessidade especial de educação que cada usuário apresentava, bem como aos usuários com deficiência motora sua interação é mais fácil do que para usuários cegos

Finalmente, na categoria Resultados, 65% dos usuários declararam concordar que os recursos educacionais fornecidos como recomendações atendiam melhor às suas preferências e necessidades, em comparação com o restante dos recursos entregues. Os resultados dessa categoria podem ser afetados no caso de critérios de busca em que não foram encontrados recursos educacionais suficientes.

A análise anterior, além de fornecer resultados para a avaliação do sistema de recomendações, é um mecanismo para encontrar pontos fracos e fortes do sistema e fornecer ajustes para melhorar as recomendações.

6 | CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O modelo de recomendação proposto tem como objetivo apoiar o processo de atenção à diversidade, permitindo reconhecer algumas características particulares dos alunos que apresentam necessidades educacionais especiais e entregam objetos de aprendizagem alinhados a eles.

O modelo de recomendação proposto permite que usuários com necessidades de educação especial tenham acesso a material didático construído especificamente para atender suas necessidades, o que potencializa os serviços oferecidos por repositórios e federações de recursos educacionais, em termos de busca e recuperação de material educativo.

O estudo de caso mostrou que, a partir do modelo proposto, é possível fazer recomendações em um ambiente real, a partir do RED, de acordo com as características específicas dos alunos interessados em algum assunto.

As respostas dos alunos mostram que o sistema oferece condições favoráveis para atender pessoas com alguma necessidade especial, mas ainda há requisitos de melhoria.

Como um trabalho futuro, espera-se expandir o modelo do aluno para capturar um número maior de recursos que permitam melhorar as recomendações e incorporar outros algoritmos de recomendação que melhorem e expandam os resultados. Além disso, espera-se realizar uma maior validação dos resultados oferecidos pelo sistema, com diversos e mais numerosos grupos de usuários, a fim de refinar as regras estabelecidas.

7 | AGRADECIMENTOS

Este produto corresponde ao projeto “Fortalecimiento docente desde la alfabetización mediática Informativa y la CTel, como estrategia didáctico-pedagógica y soporte para la recuperación de la confianza del tejido social afectado por el conflicto” com código SIGP 58950 do programa “Reconstrucción del tejido social en zonas de pos-conflicto en Colombia” com código SIGP 57579 financiado por Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas com contrato No 213-2018.

REFERÊNCIAS

AMADO-SALVATIERRA, H. R. et al. Towards a semantic definition of a framework to implement accessible e-learning projects. **Journal of Universal Computer Science**, v. 22, n. 7, p. 921–942, 2016.

BURKE, R. Hybrid Recommender Systems : Survey and experiments. **User Modelling and User-Adapted Interaction**, v. 02, n. 02, p. 331–370, 2002.

BURKE, R. Hybrid web recommender systems. **The adaptive web**, v. 4321, p. 377–408, 2007.

CARDOSO, I. G. et al. **Vulcanus: A recommender system for accessibility based on trails**. Proceedings - 2015 41st Latin American Computing Conference, CLEI 2015. **Anais...**2015

CECHINEL, C. et al. Evaluating collaborative filtering recommendations inside large learning object repositories. **Information Processing and Management**, v. 49, n. 1, p. 34–50, 2013.

- DRACHSLER, H. et al. Panorama of Recommender Systems to Support Learning. In: **Recommender systems handbook**. [s.l.: s.n.]. p. 1–37.
- DUQUE-MÉNDEZ, N.; OVALLE CARRANZA, D.; MORENO CADAVID, J. **Objetos de Aprendizaje, Repositorios y Federaciones... Conocimiento para todos**. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- DUQUE, N. **Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados - Tesis Doctoral**. [s.l.] Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, 2009.
- GÓMEZ-MARTÍNEZ, E. et al. A semantic approach for designing assistive software recommender systems. **Journal of Systems and Software**, v. 104, p. 166–178, 2015.
- GONZÁLEZ ALONSO, J.; PAZMINO, M. Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. **Revista Publicando**, v. 2, n. 1, p. 62–77, 2015.
- GORDILLO, A.; BARRA, E.; QUEMADA, J. A Hybrid Recommendation Model for Learning Object Repositories. **IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS**, v. 15, n. 3, p. 462–473, 2017.
- IMS GLOBAL LEARNING CONSORTIUM. **IMS Access For All Personal Needs and Preferences Description for Digital Delivery Information Model Access For All**. [s.l.: s.n.].
- INGAVELEZ-GUERRA, P. et al. A proposal based on knowledge modeling and ontologies to support the accessibility evaluation process of learning objects. **Congreso Argentino de Ciencias de la Informatica y Desarrollos de Investigacion, CACIDI 2018**, 2018.
- KLAŠNJA-MILIĆEVIĆ, A. et al. **Recommender Systems in E-Learning Environments**. [s.l.: s.n.]. LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE. IEEE Standard for Learning Object Metadata. **Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York**, 2002.
- LOZANO, C. D. C. El futuro de las tecnologías digitales aplicadas al aprendizaje de personas con necesidades educativas especiales. **Revista de Educación a Distancia.**, v. 32, p. 1–43, 2012.
- LU, J. et al. Recommender system application developments : A survey. **Decision Support Systems**, v. 74, p. 12–32, 2015.
- MARTINS, A. C. et al. User modeling in adaptive hypermedia educational systems. **Educational Technology Society**, v. 11, n. 1, p. 194–207, 2008.
- MORALES, E. et al. **Propuesta de Evaluación de Objetos de Aprendizaje**. II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos, SPEDECE. 2005. **Anais...2005**
- QUISI-PERALTA, D. et al. **A text filter based multimedia content recommender for children with intellectual disability**. Proceedings of the 2018 IEEE 25th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2018. **Anais...2018**
- RICCI, F. et al. **Recommender Systems Handbook**. Springer ed. [s.l.: s.n.]. v. 1
- RODRÍGUEZ, P. A.; DUQUE-MÉNDEZ, N. D.; OVALLE, D. A. Hybrid method for adaptive recommendation of learning objects based on user profiles | Método híbrido de recomendación adaptativa de objetos de aprendizaje basado en perfiles de usuario. **Formacion Universitaria**, v. 9, n. 4, 2016.

SARI VILLA, O. Diseño e implementación de un sistema recomendador de actividades Lúdicas y Culturales para personas de la tercera edad. 2017.

TABARES, V. et al. **FROAC - Federación de Objetos de Aprendizaje Colombia**. IX Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje – LACLO 2014. **Anais...**2014

UDDIN, M.; AHMED, N.; MAHMOOD, A. A model of adaptive e-learning in an ODL environment. **Mehran University Research Journal of Engineering & Technology**, v. 37, n. 2, p. 367–382, 2018.

VICARI, R. et al. Proposta Brasileira de Metadados para Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA). **Novas Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 2, p. 1–10, 2010.

VICARI, R. et al. **Proposta de Padrão de Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes (OBAA)**. LACLO 2012 - Séptima Conferencia Latinoamericana de Objetos y Tecnologías de Aprendizaje. **Anais...**2012

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E ASTRONOMIA AMADORA NA ERA DA CONVERGÊNCIA DE MÍDIAS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

Victor Alexandre Ferreira

FACHA, Publicidade e Propaganda

Rio de Janeiro – RJ

Luiz Agner

FACHA, Publicidade e Propaganda

Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: O tema abordado neste artigo é a divulgação científica na era de convergência de mídias digitais, com base na análise da experiência do usuário em aplicativos voltados para astronomia e astrofotografia amadora. A divulgação científica não tem recebido incentivos ao longo dos últimos anos, na área de astronomia especificamente, e as plataformas digitais são os melhores recursos para conquistar o público leigo, principalmente jovens, para participar ativamente na comunidade científica. Esta pesquisa investiga a utilização de aplicativos e ferramentas digitais específicas para a astronomia amadora e visa avaliar a sua eficácia, eficiência e satisfação de uso, considerando a experiência do usuário (UX), dentro de um complexo ecossistema de mídias conectadas.

PALAVRAS-CHAVE: Comunicação Digital; Arquitetura de Informação; UX; Divulgação científica; Astrofotografia.

SCIENTIFIC DISSEMINATION AND AMATEUR ASTRONOMY IN THE ERA OF DIGITAL MEDIA CONVERGENCE: A USER EXPERIENCE APPROACH

ABSTRACT: The theme of this article is scientific dissemination in the age of digital media convergence, based on the analysis of user experience in applications aimed at amateur astronomy and astrophotography. Scientific dissemination has not received incentives over the past few years in the area of astronomy specifically, and digital platforms are the best resources for engaging the lay public, especially young people, to actively participate in the scientific community. This research investigates the use of applications and digital tools specific to amateur astronomy and aims to evaluate their effectiveness, efficiency and usage satisfaction considering the user experience (UX) within a complex connected media ecosystem.

KEYWORDS: Digital communication; Information architecture; UX; Scientific dissemination; Astrophotography.

1 | INTRODUÇÃO

Astronomia amadora é o conjunto de atividades astronômicas, como a observação ou astrofotografia, realizadas por astrônomos não profissionais, que não possuem formação em astronomia ou vínculo com instituições de

pesquisa na área. Muitas vezes os astrônomos amadores de uma localização se reúnem em um clube ou grupo para observação, divulgação e troca de experiências em conjunto.

A astronomia amadora tem papel de importância na divulgação e incentivo do interesse da área para o público geral, uma vez que permite a um número grande de pessoas estabelecerem um primeiro contato com a observação e estudo dos astros. Os astrônomos amadores, desde o século passado, com a democratização do acesso e aumento de potência dos telescópios amadores, têm contribuído para muitas e importantes descobertas astronômicas. A astronomia tem sido uma das poucas ciências onde os amadores podem desempenhar um papel ativo - especialmente na descoberta e observação de fenômenos transitórios - pois o objeto de estudo permanece acessível por meio da observação do céu.

No período da era digital, onde a cultura da convergência e as narrativas transmídia são extremamente presentes no cotidiano, é importante a existência de aplicativos e de conteúdos digitais adequados a esse momento. A cultura está cada vez mais sendo influenciada pelos comportamentos no meio digital e, por isso, precisa ser acessível e despertar interesse da maioria dos indivíduos.

O interesse na ciência não tem, entretanto, recebido muitos incentivos ao longo dos últimos anos, na área de astronomia especificamente. As plataformas digitais têm representado os melhores recursos para conquistar o público leigo, principalmente os jovens, para participar ativamente na comunidade científica. O avanço das tecnologias tanto no segmento de telescópios quanto na fotografia, tornou a astrofotografia acessível aos astrônomos amadores ou fotógrafos entusiastas do assunto, com telescópios e câmeras de alta qualidade mais acessíveis. Isso abriu um novo horizonte para esse público, que passou a poder registrar suas observações e tê-las divulgadas, contribuindo para a tarefa da comunidade científica.

Atualmente, existe pouca variedade de aplicativos e sites especializados disponíveis para astronomia amadora e astrofotografia amadora, áreas que utilizam essas plataformas para facilitar suas sessões de observação. Complementarmente, é menor a quantidade de ferramentas produzidas ou traduzidas para língua portuguesa, o que dificulta o seu acesso no Brasil. O desenvolvimento de aplicativos de fácil usabilidade, específicos para a área, pode incentivar mais indivíduos no ramo da astronomia e astrofotografia amadora. Estes aplicativos são porta de entrada para o público leigo na área, pois facilitam a observação e procura de objetos no céu, e fornecem informações técnicas sobre eles, assim como nas sessões de astrofotografia. Assim, deve-se levar em consideração o campo da experiência do usuário para deixar esses aplicativos e sites com fácil utilização pelos indivíduos, para que possam incorporá-los em suas rotinas.

2 | ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES

É importante para o entendimento da pesquisa a definição de alguns conceitos que serão recorrentes durante o seu desenvolvimento, como divulgação e comunicação científica, usabilidade e arquitetura da informação.

A divulgação científica compreende a “[...] utilização de recursos, técnicas, processos e produtos (veículos ou canais) para a veiculação de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações ao público leigo” (BUENO, 2009, p.162). Isso se diferencia de comunicação científica que, por sua vez, “diz respeito à transferência de informações científicas, tecnológicas ou associadas a inovações e que se destinam aos especialistas em determinadas áreas do conhecimento” (BUENO, 2010).

É importante diferenciar esses conceitos que podem ser confundidos facilmente, pois o que será abordado neste artigo é a divulgação científica. Embora os conceitos exibam características comuns, visto que ambos se reportam à difusão de informações em ciência, tecnologia e inovação (CT&I), eles pressupõem, em suas práxis, aspectos bastante distintos e que necessitam ser enunciados. Incluem-se, entre eles, o perfil do público, o nível de discurso, a natureza dos canais ou ambientes utilizados para sua veiculação e a intenção explícita de cada processo em particular (BUENO, 2010).

Preece, Rogers e Sharp (2013) definem a usabilidade como o conjunto de fatores que asseguram que os produtos sejam fáceis de usar, eficientes e agradáveis – da perspectiva do usuário. Para Santos (2000), a usabilidade pode ser compreendida como a capacidade, em termos funcionais humanos, de um sistema ser usado facilmente e com eficiência pelo interagente. Bastien e Scapin (1993) consideram que usabilidade é a capacidade do software em permitir que o interagente alcance suas metas de interação com o sistema. A usabilidade é a capacidade que apresenta um sistema interativo de ser operado, de maneira efetiva, eficiente e agradável, em um determinado contexto de operação, para a realização das tarefas de seus interagentes (SANTOS, 2006).

A usabilidade é um atributo de qualidade relacionado à facilidade do uso de algo. Mais especificamente, refere-se à rapidez com que os usuários podem aprender a usar alguma coisa, a eficiência deles ao usá-la, o quanto lembram daquilo, seu grau de propensão a erros e o quanto gostam de utilizá-la. Se as pessoas não puderem ou não utilizarem um recurso, ele pode muito bem não existir (NIELSEN; LORANGER, 2007).

A experiência do usuário, ou UX (*user experience*), é a expressão que passou a englobar todas as atividades próximas ou relacionadas com o projeto de interfaces com o usuário, as interações homens-máquina e suas diversas implicações (AGNER, 2018). De acordo com a ISO (organização internacional de padrões e normas), a UX inclui emoções, crenças, preferências, percepções, respostas físicas e psicológicas, comportamentos, e todas as realizações que ocorrem antes, durante e depois o uso de um produto. Preece, Rogers e Sharp (2013) estabelecem UX como a experiência que

os produtos interativos proporcionarão ao usuário, isto é, como o usuário se sentirá na interação com o sistema.

A experiência do usuário é a proposta que adiciona à usabilidade outros critérios importantes como emoção, credibilidade da marca, desejo, estética, performance e segurança. Assim, vai agregar à experiência a imagem da marca, a percepção de valor, a política de preços da empresa e sua comunicação (AGNER, 2018).

Parte essencial do projeto da experiência do usuário, a arquitetura de informação tem seu maior empenho em configuração, implementação e manutenção dos espaços informacionais para o acesso humano (AGNER, 2018). Como definido pelo *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, a arquitetura de informação descreve o mix de competências requeridas para produzir recursos que expandem as capacidades humanas de localização das informações. Na terceira edição de seu livro, os autores Morville e Rosenfeld (2006) apresentam quatro possíveis definições para Arquitetura da Informação para Web:

O design estrutural de ambientes de informação compartilhados; a combinação dos esquemas de organização, de rotulação, de busca e de navegação dentro de websites e intranets; A arte e a ciência de dar forma a produtos e experiências de informação para suportar a usabilidade e a findability; uma disciplina emergente e uma comunidade de prática focada em trazer princípios de design e arquitetura no espaço digital. (MORVILLE; ROSENFELD, 2006).

3 | ASTRONOMIA AMADORA E ASTROFOTOGRAFIA

É importante definir também a astronomia. Esta é uma ciência que sempre despertou o interesse e o fascínio do público devido a seu objeto de estudo: o céu noturno acessível à contemplação.

O estudo da astronomia tem fascinado as pessoas desde os tempos mais remotos. A razão para isso se torna evidente para qualquer um que contemple o céu em uma noite limpa e escura. Depois que o Sol – nossa fonte de vida – se põe, as belezas do céu noturno surgem em todo o seu esplendor (OLIVEIRA FILHO; SARAIVA, 2017).

A astronomia, diferentemente da maioria das ciências, apresenta um aspecto que permite que os amadores tenham papel ativo na comunidade científica: o objeto de estudo, o céu, está acessível a todos, seja pela observação através de um binóculo ou um grande telescópio. O astrônomo profissional, pela sua formação e seu vínculo institucional, tem acesso aos melhores telescópios científicos e base teórica para analisar dados extraídos destes equipamentos. Os astrônomos amadores, por sua vez, limitam-se à observação por hobby e não possuem uma formação na área.

Ultimamente, com o avanço das tecnologias, os amadores conseguiram ter acesso a bons telescópios e equipamentos para observação e captura do céu noturno. Como existem mais astrônomos amadores do que profissionais e estes

dispõem flexibilidade para observar por mais tempo objetos específicos, muitas vezes os amadores contribuem para a descoberta e observação de fenômenos transitórios, para depois estes serem estudados pela comunidade científica.

Os amadores têm duas grandes vantagens: a capacidade de observar extensas áreas do céu repetidamente e a capacidade de manter observações por longos períodos. Em consequência disso, os amadores frequentemente são os primeiros a descobrir eventos imprevisíveis como tempestades na atmosfera dos planetas e explosões catastróficas de estrelas. Eles competem com os profissionais na descoberta de objetos passageiros como cometas e asteroides. Muitas vezes um amador faz uma descoberta e um profissional lhe dá seguimento, com observações mais detalhadas ou análises teóricas, e os resultados são publicados em uma revista profissional com o amador e o profissional como coautores (DYSON, 2002).

A astronomia amadora tem muita importância na divulgação e no interesse da área para o público geral, pois permite a um número grande de pessoas terem um primeiro contato com a observação e estudo dos astros. Os clubes de astronomia amadora são os responsáveis pela ponte entre as pessoas que possuem interesse na área e suas primeiras observações e aprendizado. São lugares de trocas de experiências e conhecimento sobre a astronomia fora da academia e mais amigáveis e receptivos ao público leigo.

A astrofotografia - a captura de imagens de corpos celestes e do céu noturno - é uma técnica presente no meio científico desde o século XIX, utilizada em pesquisas e presentes em diversas descobertas científicas na área da astronomia. Ela teve um importante papel no início dos estudos do céu e da classificação das estrelas, mas com o tempo, deu lugar a equipamentos mais sofisticados e técnicas especialmente concebidas para a investigação científica, se tornando-se apenas uma das muitas formas de gravar um objeto ou fenômeno.

O avanço das tecnologias tanto no segmento de telescópios quanto no da fotografia, tornou a astrofotografia acessível aos astrônomos amadores ou fotógrafos entusiastas no assunto, com telescópios e câmeras de alta qualidade mais acessíveis aos não cientistas. Isso abriu um novo horizonte para esse público que passou a poder registrar suas observações e tê-las divulgadas, contribuindo para a o interesse na comunidade científica.

Fotografar o céu é uma ambição natural de muitas pessoas, entre as quais incluem-se os entusiastas da fotografia e da astronomia, os amantes da natureza e os astrônomos amadores. Por vezes pensa-se que registrar estas imagens exige equipamentos altamente sofisticados e amplos conhecimentos, mas algumas fotografias, estão ao alcance de qualquer pessoa motivada e persistente e nem por isso deixam de ser belas. O equipamento necessário é por vezes, muito simples (RÉ, 2003).

Fotografias de objetos astronômicos são uma forma de trazer para a realidade das pessoas conceitos que antes só estavam no campo das ideias, ensinados

teoricamente, instigando-as à curiosidade pelo cosmos. Ela tornou possível aproximar objetos celestes das pessoas, que agora poderiam vê-los de forma nunca antes possível sem um telescópio potente, com uma riqueza de detalhes muito maior, permitida pela capacidade de captura das câmeras digitais. Além disso, elas poderiam fazer a observação de suas próprias casas, nas telas de seus computadores e celulares. A astrofotografia passou a ser uma importante ferramenta na divulgação científica e no ensino da astronomia.

Trabalhar com a astrofotografia pode aproximar o interesse das pessoas num céu já tão empobrecido pelo sistema de ensino e pelas luzes e poluição das cidades. Investir, pois, numa astrofotografia simples, significa tocar a imaginação das pessoas, trazendo para um “pedaço de papel” um pedaço do céu como nunca antes observado. Além disso, a fotografia astronômica pode se constituir num recurso didático enriquecedor para o aprendizado de conceitos de astronomia e do aprendizado de Física, especialmente envolvendo a interdisciplinaridade entre aquela ciência e os conceitos de ótica (NEVES; PEREIRA, 2007).

4 | APLICATIVOS COMO FORMA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

No século XXI, era predominantemente digital, a cultura da convergência e as narrativas transmídia estão extremamente presentes no cotidiano, por isso é importante a existência de conteúdos que se adequem a esse momento. A cultura está cada vez mais sendo influenciada pelos comportamentos no meio digital e, por isso, ele precisa ser acessível e despertar interesse da maioria dos indivíduos. A tecnologia está presente na maior parte do dia a dia das pessoas, seja através de seus celulares ou computadores.

A cultura representa um poderoso esquema de forças que forja o comportamento individual e coletivo. Atualmente, sistemas digitais estão cada vez mais enraizados na cultura, sendo que a percepção das pessoas é bastante influenciada por sua interação com tecnologias (MORVILLE, 2014).

O momento atual é o da cultura da convergência que representa uma mudança de paradigma, a mudança de um conteúdo que é específico de um meio para um conteúdo que flui através de diversos canais de mídia. Esse movimento leva à crescente interdependência dos sistemas de comunicação, em direção à múltiplas formas de se acessar conteúdos de mídia (JENKINS, 2009).

A convergência das mídias é mais do que apenas uma mudança tecnológica. [...] altera a relação entre tecnologias existentes, indústrias, mercados, gêneros e públicos. A convergência altera a lógica pela qual a indústria midiática opera e pela qual os consumidores processam a notícia e o entretenimento (JENKINS, 2009).

A cultura está cada vez mais sendo influenciada pelos comportamentos no meio digital. Por isso, este precisa ser acessível e despertar interesse da maioria dos

indivíduos. Nesse contexto, a utilização de aplicativos e softwares para divulgação científica é uma nova forma de trazer o interesse do público geral para as ciências, tal como a astronomia. Nos tempos atuais, os indivíduos passam boa parte do tempo conectados em seus aparelhos celulares ou em seus computadores pessoais.

Por isso, a existência de aplicativos que tenham a temática científica e que funcionem como método de divulgação e interesse da área da astronomia para o público geral é importante para adaptação dessas áreas à convergência de mídias, uma vez que leva o conteúdo para outros canais de informação. Isso permite a um número grande de pessoas terem contato com a ciência e astronomia de forma compreensiva e interativa, aproximando-as ao dia a dia desses indivíduos.

5 | MÉTODO DE PESQUISA UTILIZADO

A utilização de entrevistas semiestruturadas foi adotada devido as suas características e possibilidades para garantir informações mais profundas e pessoais dos entrevistados, com o objetivo de obter informações sobre as sessões de observações astronômicas e astrofotografia do público amador no Brasil.

Entrevistas são recursos que podem ser aproveitadas a qualquer momento no ciclo de vida de design centrado no usuário (UCD) quando desejado obter informações detalhadas de usuários individuais (por exemplo, para entender os maiores desafios que os usuários enfrentam em seu trabalho e como gostariam de trabalhar de maneira diferente). O resultado final de um conjunto de entrevistas é a integração de perspectivas de vários usuários. É a melhor oportunidade para entender e explorar um domínio e uso atual em profundidade. Ao se conduzir entrevistas com vários tipos de usuários do mesmo sistema, pode-se obter uma visão holística (COURAGE; BAXTER; CAINE, 2015).

Para a definição do método de entrevistas foram considerados os três apresentados por Courage, Baxter e Caine (2015): estruturado, não estruturado e semiestruturado.

Numa entrevista não estruturada, o entrevistador começará com os pontos de discussão, mas permitirá que o participante entre em cada ponto com o máximo de detalhes que desejar. As questões ou tópicos para discussão são abertos, de modo que o entrevistado é livre para responder de qualquer maneira e os tópicos não precisam ser cobertos em nenhuma ordem específica (COURAGE; BAXTER; CAINE, 2015).

Numa entrevista estruturada, por outro lado, é o tipo mais controlado. A entrevista pode consistir principalmente em perguntas fechadas e o entrevistado deve escolher entre as opções fornecidas. Perguntas abertas podem ser feitas, mas o entrevistador não se aprofundará nas respostas do participante para obter mais detalhes ou fará perguntas que não estejam listadas no roteiro (COURAGE; BAXTER; CAINE, 2015).

Uma entrevista semiestruturada é claramente uma combinação dos tipos estruturados e não estruturados. O entrevistador pode começar com um conjunto

de perguntas para responder (fechado e aberto), mas desviar-se desse conjunto de perguntas de tempos em tempos. A entrevista não tem exatamente a mesma abordagem de conversação como a não estruturada (COURAGE; BAXTER; CAINE, 2015).

O método escolhido foi o de entrevistas semiestruturadas e a justificativa para a utilização neste trabalho está no fato de que o entendimento da realidade pesquisada deveria ser buscado no próprio discurso fornecido pelos entrevistados. Desta forma, foi possível ter as respostas dos temas propostos, mas também permitir que o entrevistado ficasse livre para contribuir da forma que quisesse. Na medida em que falavam de sua própria realidade e opiniões sobre aplicativos de astronomia amadora, os entrevistados deixavam transparecer, além dos fatos objetivos, elementos subjetivos que podem ajudar a esclarecer o fenômeno estudado.

Para análise dos resultados das entrevistas, foi utilizado o método de diagrama de afinidade. Diagrama de afinidade é uma ferramenta para gerar agrupamentos de dados com base em seu relacionamento natural por meio de brainstorming ou analisando dados verbais coletados por meio de pesquisa, entrevistas ou resultados de *feedback*. Os dados de cada participante são analisados e retirados os pontos chave (por exemplo, comentários dos participantes, observações, perguntas, ideias de design), sendo que cada um individualmente em um cartão ou nota (COURAGE; BAXTER; CAINE, 2015).

6 | RESULTADO DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS



Figura 1 - Diagrama de Afinidade

Foram entrevistados 5 membros do clube de astronomia amadora NGC-51, que promovem atividades de observação do céu semanalmente, no espaço Ciência

Viva, no Rio de Janeiro. Eles responderam algumas perguntas e conversaram sobre suas experiências com a astronomia amadora. A maioria possui idade superior a 50 anos, mas também foi entrevistada uma jovem de 19 anos. O interesse de todos na astronomia começou cedo, durante a infância ou adolescência, se desenvolvendo depois para a prática da astronomia amadora.

Todos compreendem bem o inglês e a maioria têm seus estudos nessa língua. A maioria considera difícil encontrar conteúdos de qualidade em português. Entretanto, um dos entrevistados foi membro fundador da REA Brasil - Rede de Astronomia Observacional Brasil – onde está é trabalhada em português pois foi desenvolvido material técnico e prático de observação no idioma, muitas vezes traduzidos do inglês, disponibilizados aos membros e ao público no site.

As sessões de observação são frequentes, sendo feitas semanalmente no espaço Ciência Viva, no Rio de Janeiro, mas quando podem preferem ir ao interior para uma melhor qualidade de observação. A maioria possui mais de um telescópio e a mais jovem está montando um. Muitos destes equipamentos foram feitos artesanalmente pelo grupo, que desenvolveu técnicas de construção de telescópios. Três deles praticam ou já praticaram a astrofotografia e o outros dois não possuem o interesse no método.

Entres os prazeres estão a observação em si, o processo de observar, buscar, examinar, em ver objetos astronômicos novos ou rever outros em diferentes condições de céu. O aprendizado também é um prazer levado em consideração. Alguns tem gosto em observar tipos de objetos ou fenômenos específicos. Um deles cita prazer na troca de experiências e estar com os amigos, mostrando o viés social da astronomia amadora. “Dentro da astronomia amadora a questão de você olhar o céu não é só o ponto focal, o ponto focal é você estar com seus amigos, onde você pode encontrar pessoas com quem você tem alguma coisa em comum e troca experiências com elas”, disse o entrevistado.

Entre frustrações e dificuldades foram apontadas a falta de um bom local para observação, que ofereça segurança e um bom céu; conseguir céu escuro sem ter que viajar longas distancias é uma dificuldade constante, a poluição luminosa presente nas cidades atrapalha a observação astronômica. Céu nublado é uma frustração, assim como viajar, planejar uma sessão de observação e chover durante o passeio. Equipamentos específicos também constituem também é uma dificuldade, pois são caros e difíceis de encontrar e comprar no Brasil.

Quando perguntados sobre um aplicativo ideal, alguns afirmaram que seria um que oferecesse rápida identificação dos corpos celestes, coordenadas, posições de estrelas e que pudessem ser acessíveis às pessoas, tendo o português como opção de idioma. Porém, a maioria disse que englobar todas as funções necessárias em um aplicativo só não é o caminho, pois necessitaria muita capacidade de processamento e resultaria em uma interface confusa de ser usada. Também existe diferenças no tipo de usuário: iniciantes ou experientes. “Para um iniciante a coisa precisa ser um

pouco lúdica para não perder o interesse. Para alguém mais experiente, o necessário é informação precisa e atualizada com rapidez”, comentou um dos entrevistados.

Sobre aplicativos, foram sugeridas funções que poderiam ser implementadas. Um alarme antes de eventos astronômicos, que indicasse segundos antes do evento acontecer para que os usuários pudessem focar nos telescópios; função de previsão de cometas e alertas para chuva de meteoritos, que são fenômenos que acontecem regularmente; uma ferramenta que forneça informações sobre um objeto à medida que o celular é apontado para ele; um aplicativo que fizesse um caminho com o usuário pelo céu, guiando-o e fornecendo informações sobre os objetos específicos observados.

7 | APLICATIVOS DE ASTRONOMIA AMADORA MAIS UTILIZADOS

Durante as entrevistas foi observado que alguns tipos de aplicativos se repetiam nos relatos dos entrevistados como mais utilizados, são eles: aplicativos de mapa estelar; de previsão do tempo; de rastreamento da ISS e satélites; e aplicativos e edição de imagem.

Aplicativos de mapa celeste são ferramentas que projetam o céu noturno na tela do celular ou computador, mostrando para o usuário os objetos astronômicos. Eles são uma alternativa moderna para antigas cartas celestes, mapas do céu noturno utilizados. Os aplicativos têm possibilidade de mostrar o céu exato na hora em que o usuário estiver utilizando ou como estará em datas futuras. Entre suas funções adicionais está a disponibilização de informações sobre os objetos para o usuário e a utilização da bússola e do giroscópio do celular para mostrar a fração do céu em que o aparelho está apontando. Existem opções mais lúdicas e simples de utilizar para celular, como o Stellarium e Sky Guide; assim como mais complexos para computador, como o The Sky.

Aplicativos de previsão do tempo são utilizados para indicar as condições meteorológicas de uma região antes de uma sessão de observação ou astrofotografia. São utilizados tanto os aplicativos mais comuns ou nativos do celular, como alguns próprios para astronomia amadora, que informam a qualidade do céu para observação, como o StarCaster.

Aplicativos de rastreamento da ISS (estação espacial internacional) e de satélites são aplicativos que mostram a trajetória e local de passagem desses objetos no globo. Sua função é utilizada pelos astrônomos amadores saber o momento propício para a observação nessas passagens.

Aplicativos de edição de imagem são ferramentas que manipulam imagens e fotografias e outros que empilham fotografias em uma só imagem. Elas permitem retirar o máximo de detalhes das astrofotografias e deixá-las a gosto do usuário. São utilizados programas mais abrangentes, como Photoshop, como também específicos para astrofotografia como DeepSkyStacker.

8 | ALUGUEL DE TELESCÓPIOS PELA INTERNET

Uma nova forma de se fazer astrofotografia, introduzida pelas novas tecnologias, é a utilização de observatórios remotos controlados pela internet. Os sistemas são feitos através do aluguel por hora utilizada no telescópio desejado. A astrofotografia não é a única utilidade desses serviços, muitos desses observatórios possuem equipamentos para utilização científica.

Um *web-based observatory* (WBO) é uma ferramenta de internet que disponibiliza equipamentos de observação de ponta para o público. Seja você um iniciante, um experiente astrofotógrafo, um professor de ciências ou um pesquisador, existem serviços WBO disponíveis para suas necessidades (MACICA, 2010).

Esses observatórios permitem aos astrônomos amadores acesso a equipamentos de ponta, que seriam muito caros, que estão posicionados em regiões de céu escuro, sem poluição luminosa. A maioria dos amadores vive em cidades onde a poluição luminosa é um problema que os dificulta na prática da astrofotografia. Essas ferramentas abrem a possibilidade para tirar as fotografias controlando os telescópios de casa, sem a necessidade de se deslocar a um local sem poluição luminosa.

Uma dessas ferramentas é o iTelescope.net, que oferece observatórios nos Estados Unidos, Espanha e Austrália, com telescópios e câmeras de diversos tipos para utilização de seus usuários. O serviço requer uma assinatura, que pode variar de \$20 a \$1000 mensais, dando direito a quantidade de pontos mensalmente proporcionais ao custo pago. Os pontos são utilizados para utilizar e reservar os telescópios, podendo ser comprado mais pontos a gosto do usuário. Os preços de utilização dos telescópios são cobrados por hora, variando de acordo com seu plano e telescópio desejado. Para o plano mais barato, o telescópio de menor custo é 55 pontos e o de maior é 230 pontos. Já para o plano mais caro, variam de 34 a 78 pontos. Os custos também variam de acordo com a fase da lua, tendo descontos de 10%, 25% e 50% quando ela está com iluminação a partir de 25% até a lua cheia.

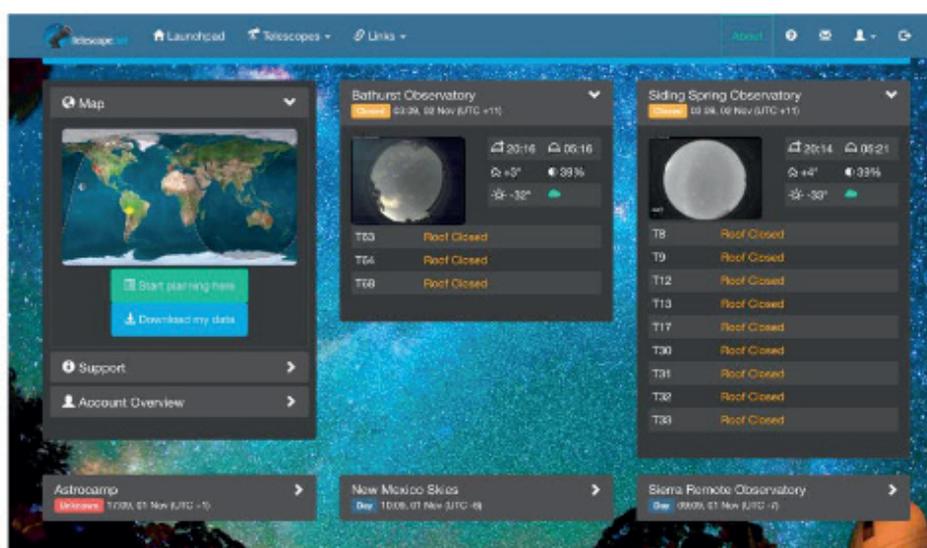


Figura 2 - Página inicial após logado do iTelescope

Ao fazer login na plataforma, a primeira tela mostra os telescópios que estão disponíveis, como também os que estão com a cúpula fechada ou está durante o dia no local. No canto esquerdo existe um mapa que mostra o dia e noite ao redor do globo com pontos nos locais dos observatórios. Cada observatório possui uma câmera que mostra as condições do céu no atual momento.

Ao clicar em um dos telescópios, o usuário é redirecionado para uma nova página específica. É necessário fazer login novamente para ter acesso. A interface é simples e nela contém as fotos e especificações do telescópio selecionado, assim como os dados de reserva para as noites seguintes. No menu, ao lado esquerdo, é possível escolher entre diversas opções como ver o status atual dos telescópios, fazer uma reserva, fazer um plano de imagem, entre outros. Ao clicar para fazer uma reserva, o usuário é levado a um calendário com dias e horários, que também possui informação sobre a fase da lua e quando a escuridão do céu começa na região. Para fazer a reserva basta selecionar o horário para começar e terminar e escolher se vai utilizar algum plano de imagem.

Para fazer um plano, há uma opção no menu que possibilita isso. Nesta página, é possível escolher o objeto que será fotografado, a quantidade e tempo das exposições, se algum filtro será utilizado (dentro dos disponíveis para aquele telescópio) e diversas outras opções que afetam a captura ou o arquivo final. Após o plano e a reserva serem feita, a captura será feita automaticamente no horário reservado se as condições climáticas forem propícias e depois de concluída, os pontos são descontados da conta do usuário. É possível acompanhar o estado do telescópio e das capturas, assim como ver uma prévia da imagem, na página de status do telescópio.

9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como discutido, a astronomia amadora tem desempenhado um papel importante na divulgação científica do campo para o público em geral e em desenvolver o interesse acadêmico nela. No momento em que a cultura da convergência está presente no cotidiano das pessoas, é aconselhável a utilização de meios mais criativos para atingir o público de amadores e leigos. Com a migração da divulgação científica para as plataformas digitais, aponta-se para a necessidade de empregar novas ferramentas visando melhorar a experiência de observação dos astrônomos e astrofotógrafos amadores.

Através da realização de entrevistas semiestruturadas com astrônomos e astrofotógrafos amadores foi possível observar aspectos de sua experiência: prazeres, frustrações, dificuldades e o uso de aplicativos específicos. Um dos problemas que parecem afetar os usuários brasileiros é a falta de conteúdos criados ou traduzidos para o português - um empecilho para quem não domina outro idioma - afetando a experiência do usuário. Apesar disso, o uso de aplicativos específicos para astronomia

se mostrou importante e é facilitador nas sessões de observação. Foram citados alguns tipos de aplicativos que são utilizados com mais frequência pelos astrônomos amadores: mapa estrelar, previsão do tempo, rastreamento da ISS e satélites, e edição de imagem.

O rumo das ferramentas voltadas para astronomia amadora, de acordo com o resultado das entrevistas, parece não caminhar na direção de um aplicativo universal que enderece a totalidade das necessidades dos praticantes. Sistemas que foquem em realizar funções específicas de forma fácil, eficaz e precisa serão mais atraentes aos usuários, ou seja, usabilidade deve ser uma prioridade. Outro ponto interessante, pouco explorado, e que se mostrou presente durante a pesquisa, foi o viés social da astronomia amadora, ou seja, o encontro de indivíduos com um interesse comum para a formação de grupos ou amizades. Como citado por um entrevistado, a troca de experiências e o encontro com pessoas interessadas no tema é parte importante da atividade. Isso pode ser incorporado a um aplicativo novo ou, até mesmo, em algum já existente. Outra funcionalidade possível seria alugar telescópios pela internet, permitindo a um maior número de amadores o acesso à astrofotografia de qualidade, sem a necessidade de equipamentos caros ou mesmo sair da cidade. As desvantagens desses serviços são as mensalidades em dólares e o fato de não oferecer o prazer da observação noturna, pois os usuários, nesses casos, não manipulam fisicamente os telescópios.

REFERÊNCIAS

AGNER, Luiz. **Ergodesign e arquitetura da informação**: Trabalhando com o usuário. 4. ed. Rio de Janeiro: Senac Rio, 2018. 237 p.

BASTIEN, J. M. Christian; SCAPIN, Dominique L. **Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces**. 1993. 79 f. Tese (Doutorado) - INRIA, Rocquencourt, 1993.

BUENO, Wilson Costa. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, Londrina, v. 15, n., p.1-12, 16 dez. 2010.

BUENO, Wilson da Costa. Jornalismo científico: revisitando o conceito. In: VICTOR, C.; CALDAS, G.; BORTOLIERO, S. (Org.). **Jornalismo científico e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: All Print, 2009. p. 157-178.

COURAGE, Catherine; BAXTER, Kathy; CAINE, Kelly. **Understanding Your Users: A Practical Guide to User Research Methods**. 2. ed. San Diego: Morgan Kaufmann, 2015. 568 p.

DYSON, Freeman. In praise of amateurs. **New York Review Of Books**, Nova Iorque, v. 49, n. 19, p.4-8, 5 dez. 2002.

ITELESCOPE.NET. Disponível em: <<https://www.itelescope.net/>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

JENKINS, Henry. **Cultura da Convergência**. 2. ed. São Paulo: Aleph, 2009. 432 p.

MACICA, Andy. Observatories on the web. **Sky & Telescope**, [s. L.], v. /, n. /, p.36-41, mar. 2010.

MORAES, Ana Maria de (Org.). **Design e avaliação de interface:** Ergodesign e interação humano-computador. Rio de Janeiro: Rio Books, 2006. 146 p.

MORVILLE, Peter. **Intertwined:** Information Changes Everything. Ann Arbor: Semantic Studios, 2014. 188 p.

MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis. **Information architecture for the world wide web.** 3. ed. Sebastopol: O`reilly Media, 2006. 504 p.

MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis; ARANGO, Jorge. **Information Architecture:** For the Web and Beyond. 4. ed. Sebastopol: O`reilly Media, 2015. 400 p.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni; PEREIRA, Ricardo Francisco. Adaptando uma câmera fotográfica manual simples para fotografar o céu. **Revista Latino-americana de Educação em Astronomia - RELEA**, Limeira, p.27-45, 2007.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. **Usabilidade na Web:** Projetando Websites com Qualidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 432 p.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica.** 4. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017. 640 p.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de Interação:** Além da Interação Homem-computador. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 600 p.

RÉ, Pedro. Fotografando o Universo: Introdução à astrofotografia. **Macrocosmo**, [S. l.], v. 1, p.32-34, dez. 2003.

SANTOS, Robson Luís Gomes dos. **Ergonomização da interação homem-computador:** Abordagem heurística para avaliação da usabilidade de interfaces. 2000. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, Robson Luís Gomes dos. **Usabilidade de interfaces para sistemas de recuperação de informação na web:** Estudo de caso de bibliotecas on-line de universidades federais brasileiras. 2006. 344 f. Tese (Doutorado) - Curso de Design, Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

FÍSICA DA ALFACE: A PROMOÇÃO DA INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA, INFORMÁTICA E FRUTICULTURA

Lázaro Luis de Lima Sousa

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

Sammya Kele Macena de Freitas

Faculdade Cisne
Quixadá – Ceará

Subênia Karine de Medeiros Neo

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

RESUMO: A fim de promover uma metodologia interdisciplinar que agregasse conhecimentos físicos às disciplinas da base de ensino dos Cursos Técnicos de Informática e Fruticultura, criou-se o uma metodologia que trazia como objetivo entender conceitos de termometria e calorimetria através de oficinas. Foram construídos, mediante colaboração entre as áreas, experimentos que mostrassem que características como a temperatura, luminosidade e umidade do solo influenciavam no desenvolvimento da alface. Para essa análise, foram utilizadas cinco mudas de alface, dispostas em ambientes diferentes dentro da escola. A elas, foram acoplados sensores conectados a uma placa de Arduino®, que fizeram leituras simultâneas das condições físicas das mudas durante um mês de observações por um grupo de alunos de diferentes áreas. Após a análise de dados concluiu-se que os fatores físicos,

tinham com certeza, uma ação preponderante para o desenvolvimento da alface, que a ação conjunta entre as áreas melhorou o aspecto acadêmico dos discentes.

PALAVRAS-CHAVE: Física, Interdisciplinaridade, Alface, Arduino®.

1 | INTRODUÇÃO

Diante de uma realidade educacional dada pela desmotivação e desinteresse na aprendizagem, a ideia de se trabalhar com metodologias inovadoras é algo desconfortável para alguns professores, principalmente dentro do contexto das escolas públicas de nosso país.

Adentrando na realidade das escolas integrais de ensino profissionalizante, onde os alunos além de inseridos dentro dos desafios propostos pela base nacional curricular comum, também estão de forma concomitantemente, cursando disciplinas de seus respectivos cursos técnicos (BRASIL, 2002). Isso é justificado pelo acreditar que projetos interdisciplinares possam agir como estruturadores e motivadores no que diz respeito à aprendizagem.

As disciplinas da área de exatas têm grande dificuldade de serem aceitas pelos discentes. Isso pode ser justificado por muitos fatores, um deles depende fortemente do contexto social ao qual a escola, o professor e

seus discentes se encontram.

O apelo matemático, científico e o raciocínio lógico são fortes características da área de exatas e por isso, reunir ações coordenadas e relacionadas entre si ou entre outras áreas não correlatas. Pedagogicamente, de maneira histórica, o discente não espera relação direta entre as disciplinas, principalmente, entre as de humanas.

Apesar de todo avanço metodológico e tecnológico, assim sim é possível encontrar professores que usam a forma tradicional para ensinar seus alunos. O que contribui diretamente para o desinteresse e não apresenta situações educativas que o discente possa aplicar em seu cotidiano. Neste contexto, é importante que de forma educacional sejam apresentadas soluções interdisciplinares que motivem alunos e professores.

Apresentar um conteúdo de forma interativa, lúdica e usando a interdisciplinaridade faz com que o aluno sinta-se parte do processo, ele se torna consciente de sua parte no processo ensino-aprendizagem, o que contribui no desenvolvimento da metodologia da aprendizagem.

Entendendo a necessidade de agregar conhecimentos físicos aos conhecimentos vivenciados pelos alunos dentro de suas áreas técnicas, foi pensado em uma ação interdisciplinar que agregasse saberes. Dessa forma, pensou-se em um mecanismo que abordasse conceitos da Física, Informática e Fruticultura. A saída proposta foi o estudo da Alface Crespa para Verão por sensores através de parâmetros de caracterização do ambiente ao qual ela está submetida em seu desenvolvimento, aplicado diretamente com os cursos de Informática e Fruticultura, da Escola Estadual de Educação Profissional Osmira Eduardo de Castro, situada na cidade de Morada Nova – CE.

2 | A INTERDISCIPLINARIDADE CONECTANDO A FRUTICULTURA E A INFORMÁTICA

O curso técnico de fruticultura atua em áreas relacionadas à produção de frutas e produtos agrícolas. Atuando em outra área, bem diferente da fruticultura é o curso técnico de informática, que são habilitados na resolução de problemas relacionados à manutenção de computadores, bem como no desenvolvimento de aplicativos computacionais.

Grande parte dos alunos de ambos os cursos técnicos demonstravam uma desmotivação com a disciplina de Física e, também, não conseguiam vincular outras áreas em suas respectivas habilidades. Muitos afirmavam está na escola apenas porque era o desejo dos pais.

A ideia de permitir um aprendizado em conjunto entre os cursos técnicos surgiu da necessidade de mostrar a potencialidade que cada área separadamente e em conjunto, bem como, trabalhar de maneira sutil, mas não menos importantes, os conhecimentos da disciplina de Física.

Dessa maneira, pensou-se em uma ação de caráter interdisciplinar que agregasse conhecimentos inerentes a cada área específica, objetivando uma transferência de informações pertinentes e relevantes aos indivíduos inseridos nesse contexto de ensino e aprendizagem, onde é necessário o desenvolvimento próprio e o coletivo (FRENANDES, 2010).

O contexto interdisciplinar parte da ideia de agregar duas ou mais disciplinas ou áreas, para que se possa desenvolver um trabalho conectado, onde cada agente contribui expressivamente através dos seus saberes (DA SILVA THIESEN, 2008).

Dentro dessa perspectiva, o projeto visava uma integração dos alunos de ambos os cursos, de maneira que, todos pudessem contribuir efetivamente com o conhecimento que possuíam. O grande vínculo entre os cursos técnicos era dado pela Física.

As ações desenvolvidas são separadas por etapas (FREITAS, 2016). Cada uma delas é importante para que a construção interdisciplinarista possa ocorrer de forma quase que natural entre os discentes. Neste caso, o discente precisa entender que sua área específica necessita de uma complementação, um apoio, para que assim possam alcançar o bem comum, além de entender seu papel na interação proposta.

Toda e qualquer ação desenvolvida foi preparada e planejada pedagogicamente pelo professor de Física, comum aos dois cursos técnicos, foi o que propiciou melhor adequação das táticas de estudo e interação, sendo mediador educacional.

2.1 O aluno enquanto protagonista de sua aprendizagem

Com o intuito de aproximar os conteúdos ministrados em sala de aula à vida cotidiana dos estudantes, a primeira etapa a ação consistia em oficinas com todos os participantes, nas quais todos exerciam seu protagonismo de maneira cooperativa, realizando experimentos e confeccionando jogos a partir de materiais recicláveis ou de baixo custo.

Os educandos foram divididos em duplas, um de cada curso técnico. Isso facilita o entendimento da importância da área própria do discente e do seu papel nesta relação simbiótica. Tudo isso pela troca de experiência e pelos questionamentos propostos para incentivo da interação, e desta forma, a dupla estudava para as avaliações e pesquisavam propostas relevantes para o bom desenvolvimento do projeto.

Ambos são responsáveis pelo desempenho da dupla, que se encontravam todos os dias, durante uma hora, no intervalo do almoço da escola. Dentre alguns objetivos específicos evidenciados durante esse processo, destacamos: Conceituar calor e temperatura, bem como, saber aplicá-los em situações cotidianas; Entender e relacionar diversos tipos de escalas termométricas; Calcular a quantidade de calor de um corpo; Compreender a ligação entre conceitos de energia luminosa e energia térmica; Elaborar hipóteses, interpretar resultados e fazer estimativas através de diversos tipos de gráficos.

A troca de aprendizagens entre alunos, regida pelo ato de construir e por em prática conhecimentos adquiridos durante as aulas de Física, ou até mesmo vivenciados cotidianamente, fizeram com que essa etapa da ação fosse muito importante para o desenvolvimento cognitivo e interpessoal dos envolvidos.

2.2 O aluno enquanto mediador de conhecimentos

A partir dos conhecimentos desenvolvidos na primeira etapa da ação, os alunos de cada curso foram incentivados a relacionarem as grandezas físicas que poderiam ser inseridos dentro de seus respectivos contextos técnicos. É uma forma de planejamento de ação conjunta na formação do conhecimento.

Evoluindo as discussões, após algumas pesquisas e debates chegou-se a conclusão de que a cultura a ser analisada seria a alface do tipo crespa para verão e, que seriam abordadas as grandezas físicas de temperatura, luminosidade e umidade do solo, como parâmetros de estudos e observações durante o projeto. Esta meta e escolha foram propostas pelos discentes.

No autoconhecimento e na forma de intervir, o discente é capaz de propor as suas interações, o que basicamente cria elos interdisciplinares na forma de se pensar e agir. É uma ação que tem seu mérito na formação do indivíduo. Muda sua forma de pensar, sendo capaz de levar este exercício para seu cotidiano.

O passo seguinte foi interligar as ideias. Os alunos, de maneira integrada se reuniam uma vez por semana, em encontros com duração de uma hora e meia, com o objetivo de desenvolver um dispositivo de baixo custo, a partir de uma placa de Arduino® UNO, conectada a sensores que transmitiam para um computador simultaneamente as leituras relacionadas a cada grandeza física escolhida, ligados diretamente ao vegetal selecionado.

O Arduino® UNO é uma plataforma de prototipagem de uso comum em projetos de baixo custo, com boa aquisição de dados e com vários sensores acoplados a ele (RODRIGUES, 2014).

Cada grupo de estudantes possuía uma potencialidade a ser desenvolvida. Isso advém de seus conhecimentos prévios e adequação de sua habilidade, além de sua potencialidade de trabalho. É importante reunir em grupos qualidades educacionais que venham a se complementar, então foi necessário uma subdivisão e atribuições diferentes.

Cada indivíduo usa um crachá com uma forma geométrica específica, que o identifica como área de atuação e como uma habilidade específica, além do nome do curso. E para melhor diferenciar, cada curso usa uma cor de crachá específico, rosa para fruticultura e amarelo para informática, como mostra a Figura 1.



Figura 1 – Interação entre grupos, cursos e habilidades identificados pelos crachás

Para que o aluno se identifique e identifique a forma interdisciplinar de atuar com os colegas, como mostra a Tabela 1, foram propostos crachás identificadores de ação, com funções bem definidas dentro de sua atuação/habilidade e curso técnico.

ALUNOS DE FRUTICULTURA	<i>O seu papel dentro do grupo - habilidade</i>	Símbolo no crachá
		<i>Preparação do solo, análise da quantidade de água necessária para irrigação da alface e monitoramento da muda.</i>
	<i>Pesquisa sobre o comportamento da alface, sua estrutura, melhor época para plantio e colheita, benefícios para a saúde e monitoramento da muda.</i>	
ALUNOS DE INFORMÁTICA	<i>Pesquisa sobre o funcionamento do Arduino®, ligação e acompanhamento da funcionalidade dos sensores e da placa de Arduino® e programação.</i>	
	<i>Programação da placa de Arduino®, conhecimentos em eletrônica e acompanhamento da funcionalidade dos sensores e da placa de Arduino®.</i>	
	<i>Pesquisa sobre o funcionamento do Arduino®, ligação e acompanhamento da funcionalidade dos sensores e da placa de Arduino®.</i>	

Tabela 1 - Divisão do grupo de alunos do curso técnico em Fruticultura e Informática

Durante cada encontro, os alunos responsáveis por cada desenvolvimento de habilidade da Tabela 1, socializavam seus conhecimentos através de seminários ministrados ao grupo, com o intuito não só de repassar aprendizagens, mas, como uma forma de evidenciar a importância que cada um possuía dentro da ação. A Figura 2 mostra este tipo de ação de aprendizado.



Figura 2 – Socialização do aprendizado

Outro fator importante vem da identificação visual propiciado pelos crachás. Se o discente percebe que há uma mistura de formas, então há um entendimento de que um grupo poderá avançar mais rapidamente se houver maior diversidade de formas.

O professor, como mediador da ação, vê a necessidade natural da interação entre os cursos, por outro lado, os discentes que ainda estão em processo de amadurecendo acadêmico, necessita da informação visual propiciada pelos crachás.

3 | O PROJETO DESENVOLVIDO PELOS DISCENTES

Após muitas pesquisas por parte dos discentes, foram definidos os equipamentos que melhor se encaixavam na proposta do projeto, que priorizava a utilização de materiais de baixo custo, viabilizando sua aplicação dentro da realidade escolar.

Uma vez a ação desenvolvida visa o estudo do plantio e do crescimento da alface, os alunos do curso técnico em Fruticultura optaram por utilizar barro vermelho, garrafa PET de 2 L, húmus de minhoca, sementes da alface escolhida.

Ficou nítida a preocupação que os estudantes de Fruticultura demonstravam em relação à boa fertilização do solo, isso advém de seu próprio conhecimento, por isso, eles buscaram as melhores condições para o plantio da muda da alface, de maneira que, fosse garantido ao máximo que apenas os fatores físicos a serem analisados pudessem interferir no desenvolvimento da planta.

Para a montagem dos sensores que estudarão as condições físicas para o bom desenvolvimento da alface, os estudantes do curso técnico em Informática, optaram por usar o sensor de temperatura LM35, o sensor de luminosidade LDR (do inglês *Light Dependent Resistor*), o sensor de umidade do solo VCC 528, uma placa de Arduino® UNO R3. Todo circuito foi montado com fios link e um *protoboard*.

Um dos objetivos da ação era analisar se os fatores físicos como temperatura, luminosidade e umidade influenciavam no desenvolvimento da alface em diferentes situações, para isso foi montado o circuito da Figura 3 com o material disponível e desenvolvida uma programação apropriada para a coleta dos dados.

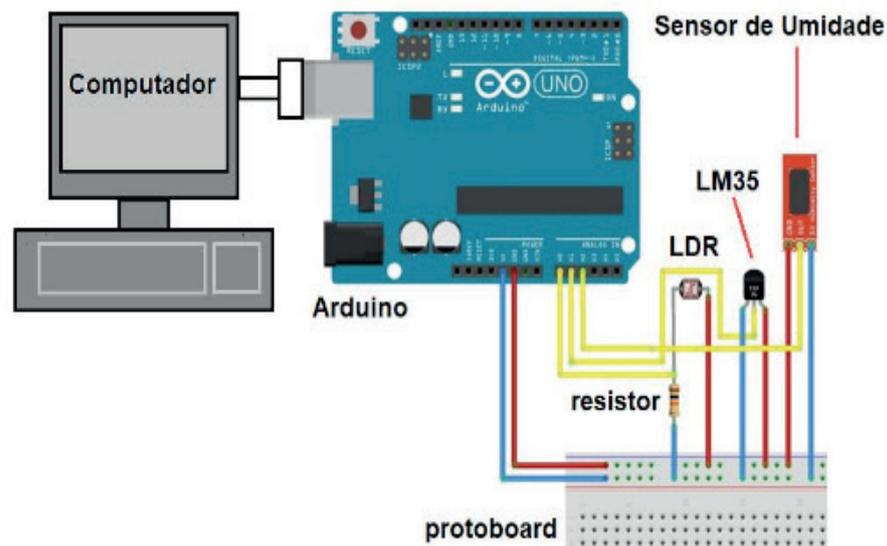


Figura 3 – Circuito-base para medição dos parâmetros de análise da muda em questão

Foi percebida uma expectativa alta sobre a montagem do experimento em si, proveniente do resultado do esforço e estudo por parte dos discentes. Isso engrandece o próprio trabalho, dá mais prazer no ensino e na forma de como aplicar, e principalmente em um problema que só foi possível aprimorá-lo com auxílio de outra área.

Nessa perspectiva ficou definido que analisaríamos cinco mudas do mesmo tipo de vegetal, distribuídas em ambientes distintos da escola, em que cada experimento era montado como mostra a Figura 4, em vários locais da escola caracterizados por várias situações de luminosidade, temperatura e posição.

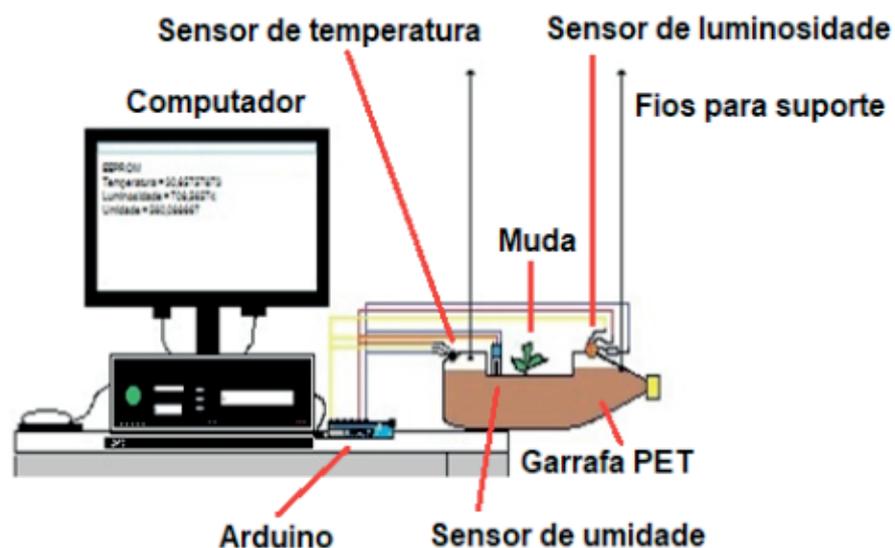


Figura 4 – Esquema do experimento para o estudo do desenvolvimento da alface

Em grupos de quatro estudantes, separados em duplas, os alunos, um de cada curso técnico se apropriou de um ambiente onde seria plantada a muda da alface conectada ao seu respectivo dispositivo de leitura de dados. Foram preparados cinco

experimentos.

Durante o plantio da muda e a ligação dos sensores, ambos os estudantes faziam-se presentes, um aprendendo com o outro, em um ciclo de conhecimento constante. O discente é atuante no desenvolver da socialização, da responsabilidade e do cuidado com o caráter experimental e científico da sua ação em conjunto. A troca de informação permite um aprendizado contínuo.

O monitoramento das mudas de alface, com o dispositivo montado, colhendo as informações pertinentes ao projeto começou estendeu-se por um mês. O grupo de estudantes alternava-se a cada dia da semana, onde dividiam a responsabilidade por ligar o dispositivo pela manhã, salvar os dados coletados no computador e desligar o mecanismo ao final da tarde.

Como resultado mais relevante, dois locais obtiveram desenvolvimentos da alface bem diferentes. Na muda N° 1 foi percebido que não houve desenvolvimento da muda de alface, localizada em ambiente fechado, iluminação artificial, luzes e ar condicionado ligados na maior parte do dia, seu desenvolvimento é mostrado na Figura 5.



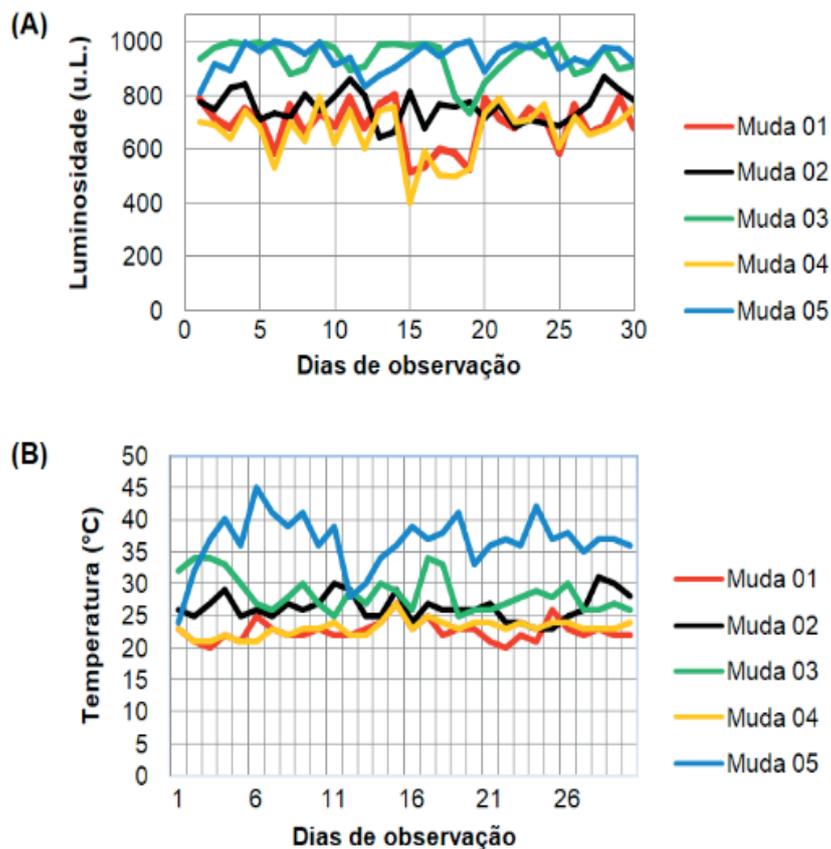
Figura 5 – Acompanhamento da muda N° 1 da alface ao longo de um mês

Na muda N° 3, posicionada em local aberto, recebendo raios solares toda a manhã e sombra no período da tarde, tem seu desenvolvimento mostrado na Figura 6, ao longo do mês. A alface se mostra saudável e crescendo de forma contínua. Bem diferente da muda N° 1.



Figura 6 – Acompanhamento da muda N° 3 da alface ao longo de um mês

Os resultados das medidas feitas pelos sensores em cada muda são mostrados na Figura 7 ao longo dos 30 dias de observação, em (A) a luminosidade submetida, em unidades de luminosidade (u.L.) devido a não calibração do sensor em unidades apropriadas, por outro lado, foi observado quanto maior for o valor apresentado medido pelo sensor, maior será a luminosidade. Em (B) é mostrado a temperatura do ambiente da muda e em (C) a umidade do solo em unidades de umidade (u.u.).



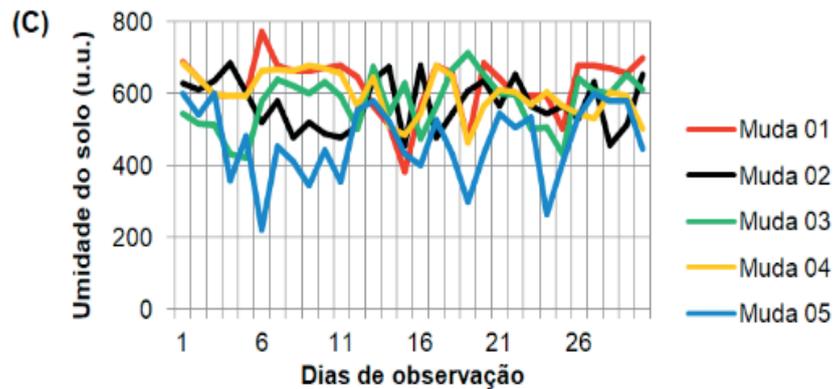


Figura 7 – Parâmetros de medidas das cinco mudas ao longo do mês

Os discentes perceberam as diferentes condições as quais as mudas foram submetidas, além de observarem através dos gráficos e do próprio desenvolvimento da alface. Diante destas medidas e observações os alunos puderam realizar suas conclusões sobre a alface e apontaram uma melhor forma de produzi-la.

De acordo com a Figura 7, as mudas N° 2 e N° 3, obtiveram um bom desenvolvimento nas observações, o que as tornou parâmetros para o estudo das condições ideais para o plantio da alface em questão.

Ao longo deste desenvolvimento, conceitos de Física eram inseridos para justificarem as condições que foram submetidas às mudas. Os conhecimentos técnicos das áreas específicas foram disseminados e utilizados na objetivação do experimento.

4 | A PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR DESENVOLVIDA PELA AÇÃO

Na busca por incentivar os educandos inseridos em um contexto de educação profissional a desenvolver suas potencialidades dentro dos cursos técnicos, bem como, apresentar a disciplina de Física de uma maneira lúdica, surge uma proposta interdisciplinar capaz de despertar em cada aluno seu protagonismo inerente, efetuando o desenvolvimento de competências e habilidades, outrora adormecidas.

Na primeira etapa da ação, quando os alunos entraram em contato com uma Física um pouco mais desprendida de fórmulas e cálculos, onde as aplicações cotidianas puderam ser notadas, verificou-se prazer por parte dos alunos em estarem estudando a disciplina. A motivação foi aumentada. Havia interesse.

Em conversas avaliativas sobre a ação desenvolvida, os alunos sentiram-se motivados em estudar Física a partir das oficinas com materiais de baixo custo, onde eles conseguiram atribuir uma relação entre os experimentos desenvolvidos nas oficinas com aplicações cotidianas.

Em analogia aos assuntos abordados durante as oficinas de termometria e calorimetria, os jovens afirmaram ter compreendido melhor o assunto durante as atividades lúdicas do que nas aulas tradicionais.

Sobre a proposta de trabalhar de maneira interdisciplinar a Física e ambos os

cursos técnicos, eles afirmaram que aprenderam novas habilidades que contribuíram positivamente para o desenvolvimento da ação, o que trouxe novos hábitos no entendimento da extensão da aplicação de conteúdos.

Durante a segunda etapa do projeto, notou-se nos alunos um espírito investigativo, uma motivação transformadora, capaz de modificar receptores em seres ativos, detentores de um conhecimento nato. O anseio pela resolução de problemas se expandia cada vez mais, o desejo pela busca ao conhecimento fazia de cada momento uma motivação para se chegar aos objetivos delineados.

No decorrer de todo o projeto foram evidenciados aspectos qualitativos de grande relevância, tais como: Motivação para com a aprendizagem na disciplina de Física, bem como, nas específicas dos cursos técnicos, compromisso, responsabilidade, confiança, autonomia, habilidades tecnológicas e científicas, respeito, companheirismo e afetividade.

5 | CONCLUSÃO

Através da interdisciplinaridade, aqui justificada pelo estudo do desenvolvimento da alface, discentes dos últimos anos do ensino médio puderam enfrentar situações de cooperação e desenvolvimento acadêmico, misturando conceitos não inerentes à sua habilidade. Misturando dinâmicas de interação e identificação interdisciplinar por meio visual através de crachás, os discentes propuseram formas de resolver um problema de comum objetivo, estudando e aumentando seus conhecimentos em Física e em outras áreas que foram complementando o estudo. É percebido que a motivação discente é aumentada se há maior engajamento na aplicação de diferentes metodologias de ensino.

6 | AGRADECIMENTOS

Uma ação interdisciplinar nasce do desejo de tornar a aprendizagem instigante, porém ele só torna-se possível quando professor e aluno abraçam a ideia. Os agradecimentos especiais são para os alunos que tornaram esse projeto possível: Ana Oliveira, Anne da Silva, Bruna Matos, Camila da Silva, Dannyell Lima, Danyel Sousa, Elane Oliveira, ÉvilaOliveira, Francisca da Silva, Francisca de Oliveira, Genésio Neto, Iasmym Silva, Jardel Chagas, Karine Sousa, Lucas Cunha, Michelly Pereira, Renata Freitas, Rômulo Cavalcante, Tatiane Almeida e Thalia Moura. Agradecimentos também a CAPES e a SBF pelo apoio à pesquisa em Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN. **Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

DA SILVA THIESEN, J., **A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem.** Revista brasileira de educação, v. 13, n. 39, 2008.

FERNANDES, S. R.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M., **A aprendizagem baseada em projectos interdisciplinares: avaliação do impacto de uma experiência no ensino de engenharia.** Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), v. 15, n. 3, p. 59–86, 2010.

Freitas, S. K., **Física da Alface? – Uma proposta para o ensino de Física aplicada aos cursos técnicos de informática e fruticultura.** Dissertação (Dissertação em ensino de física). Mossoró - RN : Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA, (2016).

RODRIGUES, R. F., **Arduino como uma ferramenta mediadora no ensino de física.** [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

DOMÍNIOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA PROMOÇÃO E ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE

Diego Armando de Oliveira Meneses

Instituto Federal de Sergipe

Aracaju – Sergipe

Adicinéia Aparecida de Oliveira

Universidade Federal de Sergipe

Aracaju – Sergipe

RESUMO: Este trabalho tem o objetivo de identificar os domínios das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na saúde, partindo dos princípios da promoção e atenção primária à saúde, buscando entender esses conceitos, investigando suas relações com a tecnologia e detalhando a importância do uso de tecnologias e sistemas integrados para solucionar os desafios e superar as deficiências nesse contexto. Também foi possível compreender como as TIC criam domínios específicos dentro do contexto da saúde, perceber os conceitos desses domínios e aprender como eles estão organizados hierarquicamente. A metodologia usada neste trabalho utiliza o método hipotético-dedutivo e como coleta de dados foi utilizado a pesquisa bibliográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Promoção e Atenção Primária a Saúde, Sistemas e Tecnologia de Informação e Comunicação, Domínios, Telemedicina, Telessaúde, Saúde eletrônica.

ABSTRACT: This paper aims to identify the domains of Information and Communication Technologies (ICT) in health, starting from the principles of promotion and primary health care, seeking to understand these concepts, investigating their relationships with technology and detailing the importance of using integrated technologies and systems to address challenges and overcome shortcomings in this context. It was also possible to understand how ICTs create specific domains within the health context, understand the concepts of these domains and learn how they are organized hierarchically. The methodology used in this work uses the hypothetical-deductive method and as data collection was used the literature search.

KEYWORDS: Promotion and Primary Health Care, Information and Communication Systems and Technology, Domains, Telemedicine, Telehealth, Electronic Health.

1 | INTRODUÇÃO

Em 1977, a Organização Mundial da Saúde (OMS) viabilizou a 30ª Assembleia Mundial de Saúde, onde foram estabelecidas e afirmadas as metas essenciais dos governos e particularmente da própria OMS correspondente à atenção primária à saúde nas décadas subsequentes. Em 1978, na Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de

Saúde, as metas propostas na assembleia se concretizaram, reconhecendo, portanto, a saúde como direito humano fundamental (WHO, 1978).

Conferências seguintes fortaleceram a necessidade de Promoção da Saúde, além de ressaltar pontos singulares, a exemplo da carta de Ottawa em 1986, que objetivava principalmente à saúde em países industrializados (WHO, 1986); a Declaração de Adelaide que compreendia em sua agenda as políticas públicas de saúde (WHO, 1988); a Declaração do México destacava o tema o rumo à maior equidade na Promoção da Saúde (WHO, 2000) e a Carta de Bangkok que tratava a Promoção da Saúde em um mundo globalizado (WHO, 2005).

Essas conferências apresentaram que as discrepâncias na saúde entre países e no interior deles é uma questão política, social e econômica (SOUZA; GRUNDY, 2004). Em comum, essas conferências reconhecem que a saúde é um direito fundamental; que existe um desafio em reorientar os serviços de saúde; manifestam a importância de promover a saúde continuada e de forma igualitária; tutelam o uso das ações articuladas de vários setores (saúde, política, economia, sociedade); destacam a indispensabilidade do comprometimento das pessoas e da capacitação das comunidades; ratificam que os governos devem investir em políticas públicas e participar ativamente do processo; fundamentam a adesão de abordagens políticas integradas, com o objetivo de preencher as deficiências e obstáculos criados pelo mundo globalizado (MENDES, 2004).

Mesmo com as recomendações da OMS, o cenário atual não corresponde com as metas sugeridas. De acordo com um relatório elaborado pela Organização Internacional do Trabalho da ONU (OIT), 56% das pessoas que se encontram em áreas rurais em todo o mundo mantêm-se sem Acesso à Saúde; em áreas urbanas, a porcentagem é de 22%. A inexistência de amparo à saúde em nível global é de 38% (OIT, 2015). Os países mais impactados são os que tem maiores índices de pobreza.

A insuficiência em promover a saúde possui inúmeras razões: crescimento desigual (longevidade e melhor saúde, para poucos); locais geograficamente remotos; carente distribuição dos profissionais de saúde; investimentos incorretos; sistemas de saúde centralizados; falta de envolvimento e de ações articuladas entre setores variados da sociedade, entre outros. Para superar essa situação, a OMS orienta os trabalhos para a promoção e manutenção da cobertura universal da saúde, através do desenvolvimento de redes de cuidados primários, com o objetivo de corrigir a falta de disponibilidade, superando o isolamento das populações afastadas (WHO, 2008).

O relatório da OIT afirma que uma estratégia descentralizada pode entregar uma saúde acessível. Esse modelo pode ser suportado e implantado a partir da aplicação e aproveitamento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). A Organização Mundial de Saúde recomenda a adoção das TIC como instrumento político e estratégico no planejamento e execução de ações em saúde. O uso das TIC como suporte à saúde em que a distância é uma condição crucial é denominado de Telehealth (MELO; SILVA, 2006; WHO, 2013).

Telehealth tem a capacidade de amplificar os serviços de saúde dos grandes polos tecnológicos para as áreas geograficamente remotas que não dispõem de atendimento (URTIGA; LOUZADA; COSTA, 2004). Para que essa ampliação seja possível, é necessário que as localidades remotas e os centros especializados possuam uma infraestrutura de *hardware* e *software*; assim, a comunicação poderá ser realizada.

Atualmente, a maioria das aplicações de *Telehealth* é baseada na Internet tradicional ou móvel (WEN, 2006). O relatório da União Internacional de Telecomunicações¹ (UIT) informa que a Internet móvel se tornou o segmento que mais cresce no mercado das TIC e que o número de casas com acesso à *Internet* está aumentando em todas as regiões. Entretanto, estima-se que 1,1 bilhão de domicílios em todo o mundo ainda não estão conectados à *internet* (UIT, 2013).

As estratégias de saúde devem ser multidisciplinares e interdisciplinares (WHO, 1986), por isso é imprescindível a participação de diferentes áreas, a exemplo da saúde, tecnologia, audiovisual e de algumas subáreas da saúde. Essas estratégias criam sistemas complexos, totalmente dependentes de tecnologia de *hardware* e *software* e que precisam ter seus elementos orientados para atingir suas metas; esse é o conceito de sistemas corporativos.

Boehm (2006), em sua retrospectiva da evolução e avaliação das novas tendências, deixa claro que os fatores humanos e a necessidade de integração das corporações influenciaram o crescimento dos sistemas integrados. Segundo Sommerville (2010), não existem sistemas isolados. Eles sempre são usados em um contexto social e organizacional e seus requisitos podem ser derivados ou restringidos por este contexto. Ainda conforme o autor, a compreensão do contexto permite estabelecer os limites do sistema. Essa afirmação reforça que os diferentes contextos assim como o da saúde são afetados e dependentes das TIC.

2 | DEFINIÇÃO DE SAÚDE

Segundo a OMS (1946, v.36, p. 1315), “A saúde é um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não meramente a ausência de doença ou enfermidade”. A definição foi publicada na Constituição da Organização Mundial da Saúde e não sofreu alterações desde 1948. É válida oficialmente até os dias atuais, tornando-se o conceito de saúde mais conhecido e amplamente divulgado nos meios acadêmicos (NARVAI; PEDRO, 2008).

A saúde é um recurso para a vida, não o objeto de viver, e é um conceito positivo que enfatiza os recursos sociais e pessoais, bem como as capacidades físicas (ANTEZANA; CHOLLAT-TRAQUET; YACH, 1998). A preocupação em definir positivamente a saúde, surgiu após a criação da Organização Mundial de Saúde,

¹ A UIT é a Agência do Sistema das Nações Unidas dedicada a temas relacionados às Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) (ONU, 2015).

pouco depois do fim da Segunda Guerra Mundial. A destruição causada pela guerra em conjunto com um otimismo em relação à paz mundial fez surgir o termo “bem-estar social” (WHO, 1986).

Atualmente, a definição adotada pela OMS tem sido alvo de críticas e reflexões. Definir saúde como um estado de completo bem-estar leva a acreditar em uma perfeição inatingível. Assim, essa definição não poderia ser usada como meta pelos serviços de saúde (SEGRE; FERRAZ, 1997). Para Narvai e Pedro (2008), a definição se caracteriza mais como uma declaração.

Entretanto, a definição ideal de saúde usada pela OMS é útil como um horizonte para os serviços de saúde, por estimular a priorização das ações. A definição pouco restritiva proporciona a liberdade necessária para ações em todos os níveis da organização social.

3 | ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE

A Atenção Primária à Saúde (APS), em inglês *Primary Health Care* (PHC), é uma forma de organização dos sistemas de serviço de saúde, usada como estratégia para integrar todos os aspectos desses sistemas (CONASS, 2011; TAKEDA, 2004). O Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS) define os sistemas de saúde como: “um conjunto articulado de recursos e conhecimentos, organizado para responder às necessidades de saúde da população” (CONASS, 2007, p. 24).

Devido às diferentes interpretações e escopo, a Atenção Primária à Saúde pode ser representada por outros termos como: atenção básica, atenção primária seletiva, atenção primária orientada para a comunidade, atenção primária renovada, cuidados básicos à saúde, cuidados de saúde primários (CONASS, 2007; WHO, 2008). Esta pesquisa utiliza o termo APS, devido ao seu uso constante nas literaturas pesquisadas.

Na declaração de Alma-Ata, a OMS conceituou APS como:

Cuidados essenciais de saúde baseados em métodos e tecnologias práticas, cientificamente bem fundamentadas e socialmente aceitáveis, colocadas ao alcance de todos os indivíduos e famílias da comunidade, mediante a sua plena participação, e a um custo que a comunidade e o país tenham capacidade de manter em cada fase do seu desenvolvimento, com o espírito de autoconfiança e autodeterminação. Fazem parte integrante do sistema de saúde do país e representam o primeiro nível de contato com dos indivíduos, da família e da comunidade, com o sistema nacional de saúde, devendo ser levados o mais próximo possível dos lugares onde as pessoas vivem e trabalham, e constituem o primeiro elemento de um processo continuado de assistência à saúde (WHO, 1978, p. 3).

As evidências demonstram que a APS tem capacidade para responder a 85% das necessidades em saúde (STARFIELD, 1998). Essas pesquisas foram realizadas em diversas localidades, inclusive no Brasil (ALMEIDA; BARROS, 2005; BOWLING; BOND, 2001; MACINKO; GUANAIS; SOUZA, 2006; STARFIELD, 2002; WYKE; CAMPBELL; MACIVER, 1992). A Figura 1 mostra o modelo de pirâmide de risco,

criado pela Kaiser Permanente², em que são identificados três níveis de intervenção de acordo com a complexidade da condição crônica³. A imagem ressalta os dados das pesquisas citadas anteriormente em relação a capacidade de atendimento da APS.

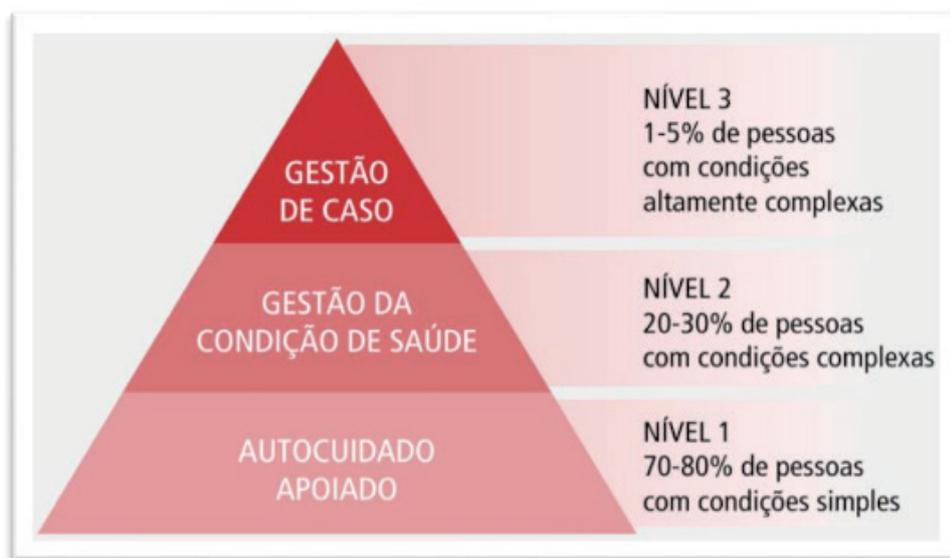


Figura 1: Modelo de pirâmide de risco da Kaiser Permanente.

Conforme o CONASS (2011), a APS é diferenciada do atendimento secundário e terciário porque trabalha com os problemas mais frequentes (simples ou complexos), que se apresentam, na maioria das vezes, em fase inicial e menos definidos.

3.1 Princípios da APS

O objetivo final da APS é melhorar a saúde para todos. A OMS identificou cinco elementos-chaves para alcançar esses objetivos (WHO, 2015). São eles: Reduzir a exclusão e as desigualdades sociais em saúde; Organização de serviços de saúde em torno das necessidades e expectativas das pessoas; Integração da saúde em todos os setores; procurar modelos colaborativos de diálogo político; aumentar a participação das partes interessadas.

De acordo com a *Canadian Nurses Association* (2003), esses elementos-chave influenciaram os seguintes princípios: **Acessibilidade; Promoção da Saúde; Cooperação intersetorial; Tecnologia apropriada; Participação do público.**

Segundo o *New Zealand Ministry of Health* (2015), a Promoção da Saúde é um aspecto importante para a Atenção Primária à Saúde, contribuindo para uma abordagem de saúde com base na população, onde é possível capacitar as pessoas a aumentar o controle sobre a sua própria saúde

Mesmo com todas essas afirmações sobre atenção primária e Promoção da Saúde, ainda existem desafios e deficiências a serem supridos, ou seja, os sistemas

² Consórcio integrado de assistência gerenciada, com sede em Oakland, Califórnia, Estados Unidos. Fundada em 1945. Disponível em <http://www.kaiserpermanentejobs.org/who-we-are.aspx>.

³ Promoção, prevenção e tratamento de doenças como diabetes, hipertensão arterial, alcoolismo, tabagismo, obesidade, doenças mentais, AIDS, tuberculose.

de saúde ainda não funcionam conforme os princípios estabelecidos. No próximo tópico esses desafios e deficiências serão discutidos.

4 | DESAFIOS E DEFICIÊNCIAS DO SETOR DE SAÚDE

Pressionados pelo processo de globalização, os sistemas de saúde estão em contínuo processo de construção e desenvolvimento, a fim de promover um melhor estado de saúde para as suas populações (WHO, 2005). Porém, de acordo com o Relatório Mundial da Saúde, algumas das novas tendências desviam os sistemas de saúde daquilo que as pessoas esperam da saúde e dos cuidados de saúde, gerando alguns desafios e deficiências (WHO, 2008).

Esse mesmo relatório aponta quais são os desafios para a saúde. O primeiro deles é o crescimento desigual e resultado desigual em saúde. Recentemente, alguns países registraram significativos avanços em saúde, contudo os ganhos desses avanços não foram partilhados de forma equilibrada entre os membros da comunidade, ou seja, a distância de resultados entre países, e entre grupos sociais dentro dos próprios países, se tornou maior (WHO, 2008). Como, por exemplo, os dados de 2002 que mostram o aumento da expectativa de vida para 78 anos em mulheres de países desenvolvidos em relação à queda da expectativa para 46 anos em homens em determinadas partes da África (WHO, 2003). Ainda sobre crescimento e resultados desiguais, o relatório indica que a uma relação muito forte entre crescimento econômico e esperança de vida (WHO, 2008).

Outro desafio descrito no relatório é o envelhecimento da população. Estima-se que, em 2050, o mundo irá ter 2 bilhões de pessoas acima dos 60 anos, das quais aproximadamente 85% irão viver nos países em desenvolvimento. Ao contrário dos países ricos, os países em desenvolvimento estão envelhecendo antes de se tornarem ricos, o que aumenta o desafio (WHO, 2008).

A pouca antecipação e as reações lentas por parte dos governos também são um desafio listado no relatório. Ao longo das últimas décadas, as autoridades de saúde têm demonstrado pouca capacidade em antecipar as mudanças. Em consequência disso, não conseguem se preparar para elas, ou mesmo se adaptarem. Isto é preocupante, uma vez que o ritmo da mudança é rápido (WHO, 2008).

Além desses desafios, o relatório também cita três deficiências que comprometem a resposta dos sistemas de saúde. São elas (WHO, 2008): **Hospitalocentrismo, Fragmentação e Comercialização**. A Figura 2 exhibe como os sistemas de saúde são desviados dos valores essenciais da APS.

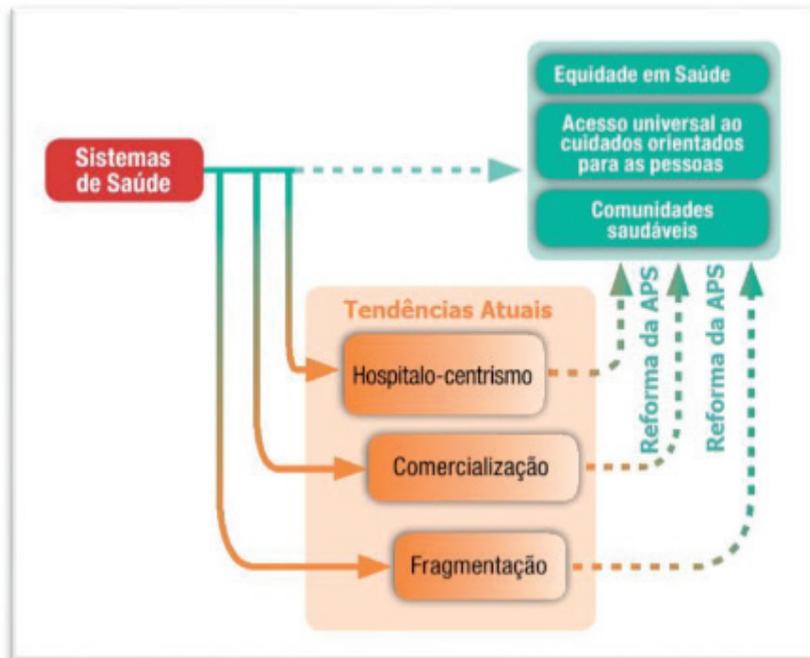


Figura 2: Desvios dos valores essenciais da APS.

Fonte: Adaptada de WHO (2008).

Essas deficiências comprometem os sistemas de saúde porque não são orientadas pelos princípios de Atenção Primária à Saúde.

Diante desses desafios e deficiências, a OMS (2008) procuram, também, cada vez mais, um sentido e orientação nos cuidados de saúde primários (CSP afirma que, sem políticas ou estratégias, os sistemas de saúde não evoluem espontaneamente para os princípios da APS, nem respondem eficazmente aos crescentes desafios de saúde. O CONASS (2011) afirma que, para suportar as estratégias e políticas baseadas em conceitos atuais de saúde e poder exercer um controle confiável sobre esses ambientes complexos de saúde, é preciso utilizar Sistemas de Informação. No próximo tópico, explica-se a importância dos Sistemas de Informação e o apoio da tecnologia.

5 | A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E O APOIO DA TECNOLOGIA

Há algum tempo, a utilização de Sistemas de Informação em Saúde já é reconhecida como importante, uma vez que possibilita condições para planejar melhor as ações, antecipar os problemas e a estruturar os dados de forma clara e dinâmica, favorecendo pesquisas futuras (TOLENTINO, 2005). Em alguns países como o Brasil, o reconhecimento das necessidades de Sistemas de Informação em Saúde proporcionou o surgimento de uma Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS) (TOLENTINO, 2005).

Os Sistemas de Informação coletam, processam, armazenam, analisam e

disseminam informações com um determinado objetivo dentro de um contexto e como qualquer outro sistema incluem inputs (dados, instruções) e outputs (relatórios, cálculos). O sistema opera dentro de um ambiente, não necessariamente computadorizado (STAIR; REYNOLDS, 2016)

Os Sistemas de Informação em Saúde (SIS), em inglês *Health Information Systems* (HIS), são desenvolvidos com o objetivo de facilitar a formulação e avaliação das políticas, planos e programas de saúde, a fim de contribuir para a melhoria da situação de saúde dos indivíduos. Sistemas de informação devem possuir a função de planejar, coordenar, supervisionar, coletar, adquirir, registrar, recuperar, analisar e difundir os dados, informações e conhecimentos gerados (LAUDON; LAUDON, 2015; TOLENTINO, 2005).

Com todas essas funcionalidades, os Sistemas de Informação necessitam da automatização de determinadas tarefas através do uso de tecnologias (FICHMAN; KOHLI; KRISHNAN, 2011). O uso da tecnologia pode diminuir o tempo no processamento das informações, facilitar a recuperação dos dados, disponibilizar as informações remotamente, facilitando a tomada de decisão e, conseqüentemente, favorecendo a acessibilidade da saúde, que é um dos princípios da APS.

A OMS recomenda o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), em inglês *Information and Communication Technology* (ICT), como mecanismo de auxílio ao planejamento e execução de ações em saúde (WHO, 2013). No próximo capítulo, são discutidos os diferentes domínios proporcionados pelo uso das TIC no setor da saúde.

6 | DOMÍNIOS DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA SAÚDE

Atualmente, é difícil encontrar um país que não possua um programa ou plano para desenvolver tecnologia em saúde. Essa tendência favorece a ampliação dos conceitos de tecnologia em saúde incluindo o surgimento de novas aplicações e contextos (BASHSHUR et al., 2011). A convergência e a facilidade de adquirir novas tecnologias aliadas às inovações em saúde e Medicina também favorecem o surgimento de novos conceitos (URTIGA; LOUZADA; COSTA, 2004). Essas evoluções desempenharam um papel importante no desenvolvimento dos domínios. Segundo Bashshur et al. (2011), os domínios conhecidos são: *e-Health*, *Telehealth* (Telessaúde), *Telemedicine* (Telemedicina) e *m-Health*. Adota-se, neste trabalho as grafias em inglês, visando facilitar a escrita do documento e as pesquisas posteriores.

6.1 Breve história e hierarquia dos domínios

Ao longo do tempo, diversas experiências relacionadas ao uso da tecnologia aplicada à Medicina foram realizadas (WEN, 2006). Em 1905, um médico e inventor

holandês, usa pela primeira vez o prefixo “tele”⁴ em um contexto médico, referindo-se a uma transmissão telefônica de imagens eletrocardiográficas como “*telecardiogram*” (BASHSHUR et al., 2011).

No início da década de 1960, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) desenvolveu tecnologias de telemetria biomédica, sensores remotos e comunicações espaciais para os seus programas de voos espaciais (WEN, 2006).

O primeiro uso documentado do termo *Telemedicine* foi feito em 1967 pelo médico Kenneth D. Bird e seus colegas. Esse termo foi o primeiro a ser aplicado nas práticas de assistência à saúde a distância. Na década de 1970, devido às necessidades de se aprimorar o atendimento médico nas áreas rurais, iniciaram-se alguns projetos que demonstravam a necessidade de consultas em radiologia. A partir desse momento, cresce a ideia de examinar os pacientes remotamente (URTIGA; LOUZADA; COSTA, 2004).

Em 1978, Bennet e seus associados criaram o termo *Telehealth* com o intuito de expandir o âmbito da *Telemedicine* através da incorporação de um conjunto mais amplo de atividades. Diferente da *Telemedicine*, a *Telehealth* foi criada para designar uma concepção mais abrangente de um domínio da TIC na saúde (BASHSHUR et al., 2011).

Os termos *e-Health* e *m-Health* foram introduzidos para refletir as inovações tecnológicas e sua utilização mais ampla na área da saúde. Ambos os termos avançaram devido ao uso das indústrias para enfatizar a utilidade das tecnologias emergentes na área de saúde (ISTEPANIAN; LACAL, 2003; OH et al., 2005). Apesar disso, os dois termos também são usados por pesquisadores e órgãos com Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011).

Van Dyk (2014) descreve e relaciona os domínios de forma hierárquica, como apresentado na Figura 3.

4 O prefixo grego “tele”, significa “a distância” ou “ao longe” (NORRIS, 2002).

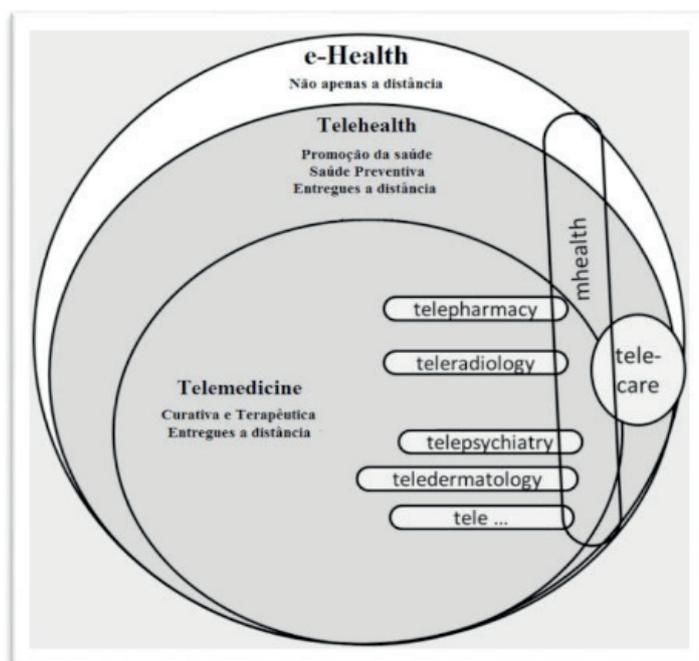


Figura 3: Relação entre os domínios das TIC na saúde.

Fonte: Adaptada de Van Dyk (2014).

O círculo maior representa todas as formas de uso da tecnologia na saúde, em cinza, representado com um subdomínio, encontra-se a *Telehealth*. Nota-se que alguns domínios ultrapassam as barreiras de outros grupos, formando uma categoria bem específica. É possível observar também que a *Telemedicine* é um subconjunto da *Telehealth*.

6.2 e-Health

Para a OMS, *e-Health* é a transferência de recursos e cuidados para a saúde através do meio eletrônico, abrangendo três áreas principais. São elas: **Entrega de informações de saúde**, por profissionais de saúde e consumidores de saúde, **por meio da Internet e de telecomunicações**; **Uso do poder das TIC e e-commerce** para melhorar os serviços de saúde pública, por exemplo, através da educação e da formação dos trabalhadores de saúde; **Uso de e-commerce e e-business** nas práticas em gestão de sistemas de saúde.

Durante os últimos anos, com o maior envolvimento dos sistemas de comunicação eletrônicos na área da saúde, as principais organizações internacionais, como: Organização Mundial da Saúde, União Europeia (UE), União Internacional de Telecomunicações (UIT) e Agência Espacial Europeia (AEE), assumiram oficialmente a terminologia e-Health (MELO; SILVA, 2006). Eysenbach apresenta outro conceito para e-Health:

Campo emergente na interseção da informática médica, saúde pública e empresarial, referindo-se aos serviços de saúde e informações entregues ou reforçada através da internet e tecnologias relacionadas. Num sentido mais amplo, o termo caracteriza não apenas um desenvolvimento técnico, mas também uma

maneira de pensar, uma atitude, e um compromisso para a rede de pensamento, global, para melhorar os cuidados de saúde a nível local, regional e mundial usando tecnologia da informação e comunicação (EYSENBACH, 2001, p.1).

As definições de e-Health variam quanto às suas funções, envolvimento institucionais, contextos e objetivos a serem alcançados (MELO; SILVA, 2006). Ainda segundo Eysenbach (2001), 10 elementos caracterizam e-Health. Sendo eles: **Eficiência** – aumento da eficiência, diminuição dos custos, como por exemplo: evitando duplicação ou intervenções diagnósticas ou terapêuticas desnecessárias; **Melhora na qualidade dos cuidados** o aumento da eficiência também melhora a qualidade. Por exemplo, permitindo comparação entre diferentes fornecedores ou direcionando os pacientes para locais mais adequados; **baseada em evidências** – sua eficácia e eficiência não devem ser presumidas, mas comprovadas por avaliação científica rigorosa; **Habilitação de consumidores e pacientes** – promoção da medicina centrada no paciente e baseada em evidências; **Encorajamento** – entre o paciente e o profissional de saúde, em que as decisões são tomadas de forma compartilhada; **Educação** – dos médicos através de fontes on-line (educação médica continuada) e dos consumidores (educação em saúde, informação preventiva); **Permissão** – permitir o intercâmbio de informações e comunicação, de forma padronizada entre os centros responsáveis; **Extensão** - do âmbito dos cuidados de saúde para além das fronteiras convencionais, tanto no sentido geográfico como no sentido conceitual; **Ética** – prática profissional online, consentimento informado, privacidade e equidade; e **Equidade** – saúde mais justa, evitando que pessoas com mais dinheiro, habilidades em computação, ou acesso a redes de computadores se beneficiem em detrimento dos mais necessitados..

6.3 Telehealth

Bashshur et al. (2011) apud Van Dyk (2014) explicam que a *Telehealth* relaciona-se com a *Telemedicine*, assim como saúde relaciona-se com Medicina. Telehealth é a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde em que a distância é um fator crítico. Esses serviços são providos por profissionais da área da saúde, que fazem uso das tecnologias de informação e de comunicação para a troca de informações (WHO, 2007).

Para Lopes et al. (2005), *Telehealth* é um termo muito usado para representar o uso de tecnologias de telecomunicação e de informação para suportar serviços, treinamento e informação em saúde para provedores de assistência médica e pacientes. *American Nurses Association* (2001) define *Telehealth* como a remoção de barreiras de tempo e distância para a prestação de serviços de saúde ou atividades de saúde relacionadas. A corrente pesquisa utiliza os conceitos e aplicações de *Telehealth* como escopo principal.

6.3.1 Tipos de Aplicações

Segundo Melo e Silva (2006), as aplicações em saúde vêm se diversificando conforme as suas necessidades e tecnologias usadas. Ainda segundo os autores, os tipos atuais são: **teleconsulta, telediagnóstico, segunda opinião, telecirurgia, telemonitoramento** (televigilância), **educação permanente** (teleducação), **simulações clínicas, prontuário eletrônico do paciente (PEP), formação e análise de bancos de dados, biblioteca virtual de imagens** e outros.

6.3.2 Objetivos e Características

O objetivo da *Telehealth* é oferecer serviços e informações médicas e de saúde para pessoas em suas comunidades, sem a necessidade de locomoção para os centros de referência. *Telehealth* emerge como uma nova ferramenta significativa para transpor as barreiras culturais, socioeconômicas e geográficas para os serviços e informação em saúde em centros urbanos remotos e comunidades carentes (LOPES et al., 2005). Os benefícios gerados pela *Telehealth*, segundo Lopes et al. (2005), são: **Acesso local a especialistas; Melhoria na assistência primária em saúde; Aumento da disponibilidade de recursos para educação médica.**

6.4 Telemedicine

Sood et al. (2007), analisaram 104 definições de *Telemedicine*, revisadas por pares, e concluem que a Telemedicine é um subconjunto da Telehealth. Sua definição inicial, é considerada por alguns pesquisadores como muito restrita, e se caracterizava como o “tratamento do paciente pelo médico, à distância” (AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION, 1999; NORRIS, 2002).

Em Bashshur, Reardon e Shannon (2000), Telemedicine é definida como:

um sistema de atendimento composta por seis elementos: (1) a separação geográfica entre prestador e destinatário da informação, (2) o uso da tecnologia da informação como um substituto para a interação pessoal ou face-a-face, (3) pessoal para executar funções necessárias (incluindo médicos, assistentes e técnicos), (4) uma estrutura organizacional adequada para o sistema ou rede de desenvolvimento e implementação, (5) protocolos clínicos para o tratamento e triagem de pacientes, e (6) padrões normativos de comportamento em termos de médico para a qualidade dos cuidados, confidencialidade, e similares (BASHSHUR; REARDON; SHANNON, 2000, p.3).

Com a expansão das práticas em saúde, um congresso realizado nos Estados Unidos da América propôs uma definição ampliada para o termo, assim descrito: “uso da tecnologia de telecomunicação e de informação para transferir informações médicas em processos de diagnóstico, terapêutica e educação” (NORRIS, 2002, p.13).

7 | CONCLUSÕES

Para transpor os desafios da saúde e reverter as deficiências atuais nesse contexto, a OMS aconselha a utilização das TIC como parte da política do sistema de saúde. A incorporação de diversas tecnologias no setor da saúde cria domínios específicos que devem ser entendidos para que se possa utilizar a tecnologia da forma mais apropriada.

Os domínios de tecnologia em saúde englobam diversos tipos de aplicações. Com a evolução dos equipamentos e com o surgimento de novos conceitos tanto na Medicina como na área de tecnologia, o número de aplicações aumenta. Por isso, é difícil adotar uma referência que abranja todas elas.

As principais contribuições deste trabalho foram relacionar de forma aprofundada a necessidade do uso das TIC para promoção e atenção primária à saúde, identificar os desafios relacionados a essa área e como os sistemas de informação se encaixam na solução desses obstáculos, distinguir os domínios das TIC na saúde, detalhando seus conceitos e relacionado de forma hierárquica os conceitos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. D. M.; BARROS, M. B. A. **Eqüidade e atenção à saúde das gestantes em Campinas (SP)**. Gestantes, Eqüidade e atenção à saúde das em Campinas (SP), São Paulo, v. 17, n. 1, p. 15–25, 2005.
- AMERICAN NURSES ASSOCIATION. **Developing telehealth protocols: a blueprint for success**. Washington, DC: American Nurses Association, 2001.
- AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION. **Telemedicine: A Brief Overview**, Congressional Telehealth Briefing Washington, DC, 1999. Disponível em: <http://www.atmeda.org/news/overview.html>. Acesso em: 02 agosto 2019.
- ANTEZANA, F. S.; CHOLLAT-TRAQUET, C. M.; YACH, D. **Health for all in the 21st Century**. World Health Statistics Quarterly, p. 3–6, 1998.
- BASHSHUR, R. L.; REARDON, T. G.; SHANNON, G. W. **Telemedicine: a new health care delivery system**. Annual review of public health, v. 21, p. 613–637, 2000.
- BASHSHUR, R. et al. **The taxonomy of telemedicine**. Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association, v. 17, n. 3, p. 484–494, June. 2011
- BOEHM, B. **A View of 20th and 21st Century Software Engineering**. Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering SE - ICSE '06, p. 12–29, 2006.
- BOWLING, A.; BOND, M. A national evaluation of specialists' clinics in primary care settings. Br. J. Gen. Pract, v. 51, n. 465, p. 264–269, 2001.
- CANADIAN NURSES ASSOCIATION. Primary Health Care – The Time Has Come. Canadian Nurses Association, n. 16, p. 1–4, 2003.
- CONASS. **Atenção Primária e Promoção da Saúde, projeto do Conselho nacional de Secretários de Saude (CONASS)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. v.8.

CONASS. **Para entender a gestão do SUS** - Atenção primária e promoção de saúde. [s.l.: s.n.]. v. 3, 2011.

EYSENBACH, G. **What is e-health?** Journal of Medical Internet Research, v. 3, n. 2, p. 20, 2001.

FICHMAN, R. G.; KOHLI, R.; KRISHNAN, R. Editorial Overview: **The Role of Information Systems in Healthcare: Current Research and Future Trends.** Information Systems Research, v. 22, n. 3, p. 419–428, 2011.

ISTEPANIAN, R. S. H.; LACAL, J. C. **Emerging mobile communication technologies for health: some imperative notes on m-health.** Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Anais...2003

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Management Information Systems: Managing The Digital Firm.** 14. ed. [s.l.] Prentice Hall, 2015.

LOPES, P. R. DE L. et al. **O que é Telemedicina?** 2005. Disponível em: <http://www2.unifesp.br/set/o-que-eh-telemedicina/>. Acesso em: 04 agosto 2019.

MACINKO, J.; GUANAIS, F. C.; SOUZA, M. F. M. **Evaluation of the impact of the Family Health Program on infant mortality in Brazi: 1990-2002.** J. Epidemiol. Community Health, v. 60, n. 1, p. 13–19, 2006.

MELO, M. DO C. DE; SILVA, E. M. DE S. **Aspectos Conceituais em Telessaúde.** In: SANTOS, A. DE F. DOS; SANTOS, S. F. DOS; SOUZA, C. DE (Eds.). Telessaúde: um instrumento de suporte assistencial e educação permanente. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

MENDES, I. A. C. **Desenvolvimento e Saúde: A Declaração de Alma-Ata e Movimentos Posteriores.** Revista Latino-Americana de Enfermagem, v. 12, p. 447–448, jun. 2004.

NARVAI, P. C.; PEDRO, P. F. S. **Práticas em Saúde Pública.** In: Saúde Pública: bases conceituais. São Paulo: Atheneu, p. 269–297. 2008.

NEW ZEALAND MINISTRY OF HEALTH. 2015. **Health promotion for primary health care.** Disponível em: <http://www.health.govt.nz/our-work/primary-health-care/primary-health-care-subsidies-and-services/health-promotion-primary-health-care>. Acesso em: 03 agosto 2019.

NORRIS, A. C. **Essentials of Telemedicine and Telecare.** Baffins Lane - England: John Wiley & Sons, 2002.

OIT. **Global Evidence On Inequities In Rural Health Protection.** n. 47, p. 6, 2015.

ONU. **União Internacional de Telecomunicações.** 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/uit/>. Acesso em: 03 agosto 2019.

SEGRE, M.; FERRAZ, F. C. **O conceito de Saúde.** Revista de Saúde Pública, v. 31, p. 538–542, 1997.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering.** [s.l.: s.n.]. 2010.

SOOD, S. et al. **What is telemedicine?** A collection of 104 peer-reviewed perspectives and theoretical underpinnings. Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association, v. 13, n. 5, p. 573–90, 2007.

SOUZA, E. M. DE; GRUNDY, E. **Promoção da saúde, epidemiologia social e capital social:** inter-

relações e perspectivas para a saúde pública. Cadernos de Saúde Pública, v. 20, p. 1354–1360, 2004.

STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Fundamentals of Information Systems**. 8. ed. [s.l.] Cengage Learning, 2016.

STARFIELD, B. **Primary care: balancing health needs, services and technology**. Oxford: UK: Oxford University Press, 1998.

STARFIELD, B. **Atenção Primária - Equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia**. Porto Alegre, p. 726p., 2002.

TAKEDA, S. A. **Organização de serviços de atenção primária à saúde**. In: DUNCAN, B.; SCHMIDT, M. I.; GIUGLIANI, E. (Eds.). Medicina ambulatorial: condutas de atenção primária baseadas em evidências. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 76–87.

TOLENTINO, R. S. DA S. **O Reconhecimento da Necessidade de Sistemas de Informação em Saúde no Brasil**. Pretexto, 2005.

UIT. **Measuring the Information Society**. p. 42, 2013.

URTIGA, K. S.; LOUZADA, L. A. C.; COSTA, C. L. B. **Telemedicina**: uma visão geral do estado da arte. 2004. Disponível em: <http://telemedicina.unifesp.br/pub/SBIS/CBIS2004/trabalhos/arquivos/652.pdf>. Acesso em: 02 agosto 2019.

VAN DYK, L. **A Review of Telehealth Service Implementation Frameworks**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 11, n. 2, p. 1279–1298, 2014.

WEN, C. L. **Telemedicina e a Telessaúde** - Uma abordagem sob a visão de estratégia de saúde apoiada por tecnologia. 2006. Disponível em: <http://chaowen.med.br/artigos/telemedicina-e-a-telessaude-uma-abordagem-sob-a-visao-de-estrategia-de-saude-apoiada-por-tecnologia>. Acesso em: 03 agosto. 2019.

WHO. **Constitution of the World Health Organization**. American Journal of Public Health and the Nations Health, v. 36, n. 11, p. 1315–1323, 1946.

WHO. **Declaração de Alma-Ata**: Saúde Para Todos no Ano 2000. Conferência Internacional de Cuidados Primários de Saúde, p. 3, 1978.

WHO. **Carta de Ottawa**: Promoção da Saúde nos Países Industrializados. 1a Conferência Internacional Sobre Promoção da Saúde, 1986.

WHO. **Declaração de Adelaide**: Promoção da Saúde e Políticas Públicas Saudáveis. 2a Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, 1988.

WHO. **Declaração do México**: Promoção da Saúde: Rumo a Maior Equidade. 5a Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, 2000.

WHO. **Shaping the future**: World health report 2003. World Health Organization Press. Geneva, Switzerland: [s.n.]. 2003.

WHO. **Carta de Banguedeque**: Promoção da Saúde num Mundo Globalizado. 6a Conferência Internacional sobre Promoção da Saúde, 2005.

WHO. **Telemedicina**. 2007. Disponível em: <http://www.who.int/countries/bra/es/>. Acesso em: 03 agosto 2019.

WHO. **Relatório Mundial de Saúde 2008** - Cuidados de saúde primários - Agora mais que nunca. p. 2–120, 2008.

WHO. **mHealth**: New horizons for health through mobile technologies. *Observatory*, v. 3, n. June, p. 112, 2011.

WHO. **Research for universal health coverage**: World health report 2013. World Health Organization Press. Geneva: [s.n.]. 2013.

WHO. **Primary health care**. 2015. Disponível em: http://www.who.int/topics/primary_health_care/en/. Acesso em: 03 agosto 2019.

WYKE, S.; CAMPBELL, G.; MACIVER, S. **Provision of, and patient satisfaction with, primary care services in a relatively affluent area and a relatively deprived area of Glasgow**. *Br. J. Gen. Pract.*, v. 42, n. 360, p. 217–275, 1992.

RASPBERRY PI COMO COMPUTADOR PARA USO ACADÊMICO NO IFRO *CAMPUS* PORTO VELHO ZONA NORTE

Jhordano Malacarne Bravim

Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte
Porto Velho – RO

Gabriel Augusto Fernandes Gonçalves

Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte
Porto Velho – RO

Júlio Viana Filho

Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte
Porto Velho – RO

Juliana Braz da Costa

Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte
Porto Velho – RO

Ricardo Lopes Viera César

Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte
Porto Velho – RO

RESUMO: No IFRO Campus Porto Velho Zona Norte, há na biblioteca oito computadores para pesquisa e desenvolvimento de atividades pelos alunos e visitantes e, em levantamento realizado, identificou-se que 71,27% dos respondentes indicaram percepção de indisponibilidade dos dispositivos devido a quantidade insuficiente relacionada à demanda. Com base na plataforma Raspberry Pi buscou-se verificar a

possibilidade da substituição de computadores de uso comum com a utilização de Raspberry Pi em um laboratório de baixo custo. Para isso explicou-se a diferença de softwares e desempenho de hardware entre o Raspberry Pi e os computadores disponibilizados para uso acadêmico no IFRO Campus Porto Velho Zona Norte, para realização dos testes comparativos de desempenho, utilizou-se o software para testes de benchmark Phoronix Test Suite e utilizou-se os testes que envolvem Processador, Memória, Disco e Rede recomendados pela organização Open Benchmarking. Diante disso, após a execução dos testes de benchmark, de maneira geral o Raspberry Pi foi aproximadamente sete vezes inferior comparando-o ao computador disponibilizado para uso acadêmico no Campus.

PALAVRAS-CHAVE: Raspberry Pi, IFRO, benchmark.

RASPBERRY PI AS A COMPUTER FOR ACADEMIC USE AT IFRO CAMPUS PORTO VELHO ZONA NORTE

ABSTRACT: On the North Zone IFRO Campus of Porto Velho, there are eight computers in the library for research and development of activities by students and visitors, and in a conducted survey, it was found that 71.27% of respondents indicated perception of unavailability of devices due to insufficient quantity related to the

demand. Based on the Raspberry Pi platform we sought to verify the possibility of replacing common computers with the use of Raspberry Pi in a low cost laboratory. This explains the difference in software and hardware performance between Raspberry Pi and computers available for academic use at North Zone IFRO Campus of Porto Velho, for the making of comparative performance tests, Phoronix benchmark testing software was used, using also tests involving Processor, Memory, Disk and Network, recommended by Open Benchmarking organization. As a result, after performing benchmark tests, in general Raspberry PI was approximately seven times lower compared to the computer available for academic use on Campus.

KEYWORDS: Raspberry Pi, IFRO, benchmark.

1 | INTRODUÇÃO

O Instituto Federal de Rondônia Campus Porto Velho Zona Norte possui 16 cursos ofertados divididos entre cursos superiores, técnicos e de pós-graduação lato sensu presenciais, semipresenciais ou à distância (IFRO, 2018a). Sendo assim, conforme dados do painel de indicadores do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), totalizam 5491 alunos em que, 577 são alunos matriculados nos cursos presenciais e 4914 nos cursos à distância (IFRO, 2018a).

Os cursos oferecidos são direcionados às áreas de atuação: Gestão e Negócios e Tecnologia e Comunicação (IFRO, 2018b). Para isso possui em sua infraestrutura cinco laboratórios utilizados para desenvolvimento dos cursos, além das salas de aula e toda infraestrutura física e administrativa e biblioteca que esta possui além do acervo bibliográfico, equipamentos para pesquisa e desenvolvimento de atividades pelos alunos e/ou visitantes (IFRO, 2018b).

O Raspberry Pi é um microcomputador completo tamanho de um cartão de crédito criado em 2006 no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi com interesse em estimular a ciência da computação em escolas do ensino básico. Como sistema operacional, apesar de permitir instalação de sistemas operacionais de terceiros, oficialmente possui suporte a distribuição Linux compilada para sua arquitetura de processador ARM denominada Raspbian e, dentre suas aplicações disponíveis, destaca-se navegador web Chromium, pacote de escritório LibreOffice, ferramentas de programação com suporte a várias linguagens, reprodutores de vídeos e músicas, além do gerenciador de sistema de arquivos para salvar todos os arquivos que forem utilizados. Além de possuir um gerenciador de pacotes para instalação de novas ferramentas (SOUZA; DENIS; FERNANDES, 2014; RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]b).

2 | PROBLEMA

De acordo com IBGE (2018), por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) realizada desde 2016, a maioria dos domicílios brasileiros possui acesso à Internet (69,3%). Destes, o celular foi utilizado para tal em 97,2% e, pouco menos da metade dos domicílios com acesso à Internet não possuem computadores (42,2%).

Generalizando o perfil geral dos domicílios do Brasil quanto a ausência de computadores para acesso à Internet para o contexto da cidade de Porto Velho - RO e, conseqüentemente os alunos dos cursos presenciais do IFRO Campus Porto Velho Zona Norte, permite-se supor que 244 alunos não possuem computadores para realização de pesquisas e atividades acadêmicas em seus domicílios.

No IFRO Campus Porto Velho Zona Norte, é disponibilizado na biblioteca oito computadores para pesquisa e desenvolvimento de atividades pelos alunos e/ou visitantes. Em levantamento realizado por meio de questionário, questionou-se aos usuários da biblioteca quanto a disponibilidade dos computadores e, 71,27% dos respondentes indicaram percepção de indisponibilidade dos dispositivos devido a quantidade insuficiente.

Em alternativa ao uso de computadores convencionais, tendo em vista que os disponibilizados na biblioteca possuem softwares básicos como navegadores web, pacote de escritório, visualizador de vídeos e imagens e, não há softwares para desenvolvimento de atividades específicas (como virtualização, edição de vídeos e imagens, aplicações CAD, etc) questiona-se: Até onde o Raspberry Pi pode ser utilizado como substituição a computadores de uso comum para pesquisa e realização de trabalhos acadêmicos no IFRO Campus Porto Velho Zona Norte?

3 | OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Explicar a diferença de softwares e desempenho de hardware entre o Raspberry Pi e os computadores disponibilizados para uso acadêmico no IFRO Campus Porto Velho Zona Norte.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os computadores disponibilizados para uso acadêmico no IFRO Campus Porto Velho Zona Norte;
- Caracterizar os Raspberry Pi como alternativa aos computadores disponibilizados para uso acadêmico no IFRO Campus Porto Velho Zona Norte;
- Comparar o desempenho de hardware entre o Raspberry Pi e os computadores disponibilizados para uso acadêmico no IFRO Campus Porto Velho

4 | JUSTIFICATIVA

Em visita às instalações da biblioteca do IFRO Campus Porto Velho Zona Norte, foi identificado que há apenas sete computadores disponíveis para uso acadêmico, como para realização de pesquisas e trabalhos, consultas ao acervo bibliográfico e dentre outras atividades destinadas ao público estudantil da instituição. Para desenvolvimento do projeto de pesquisa desenvolvido no Campus intitulado “PiNet: Uma proposta de laboratório de informática de baixo custo com Raspberry Pi para o IFRO Campus Porto Velho Zona Norte”, foi aplicado um questionário aos acadêmicos e visitantes usuários dos computadores do Campus e, 71,27% dos respondentes indicou que a quantidade de computadores na biblioteca é insuficiente para suprir as demandas tendo em vista que 48,21% indicou que “nunca” ou “quase nunca” há computadores disponíveis para uso no mesmo local.

Diante disso, para resolver tal situação como se trata de disponibilidade de equipamentos basicamente se trataria de aumentar a quantidade de equipamentos disponíveis. Entretanto, utilizando o padrão institucional (computador com sistema operacional Windows, Microsoft Office e autenticação via rede com Active Directory), os custos acabam sendo, de certa forma elevados pois, não se trata apenas da aquisição do computador, mas também de toda composição de licenças e assim, o custo unitário de cada estação de trabalho fica conforme demonstrado na tabela 1:

Item	Descrição	Valor
1	Computador All in One HP Pavilion 23 All-in-One	R\$ 3.000,00
2	Licença Sistema Operacional Windows 10	R\$ 809,99
3	Licença Microsoft Office	R\$ 399,00
4	Licença de acesso cliente (CAL)	R\$ 109,80
TOTAL POR COMPUTADOR		R\$ 4.318,79

Tabela 1: Demonstrativo de custos por computador

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em MICROSOFT, [201-?]; RUPAVE, 2018

Um Raspberry Pi 3 modelo B custa R\$ 229,90 pela revendedora oficial da Fundação Raspberry Pi (FILIPEFLOP, [201-?]; RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]a) e não necessita de se pagar para usar os softwares de escritório ou para o sistema operacional, visto que utiliza softwares livres. Contudo, para que funcione é preciso que se compre um cartão microSD, um monitor com entrada HDMI além de um teclado e mouse. Tais dispositivos aumentam o valor mas que este, representa 22,75% do custo necessário para um computador sob o modelo institucional conforme representado na tabela 2:

Item	Descrição	Valor
1	Raspberry Pi 3 modelo B	R\$ 229,90
2	Cartão de memória MicroSD 32GB	R\$ 48,90
3	Mouse USB	R\$ 54,90
4	Teclado USB	R\$ 99,00
5	Monitor HDMI	R\$ 549,99
TOTAL POR COMPUTADOR		R\$ 982,69

Tabela 2: Demonstrativo de custos por solução com Raspberry Pi

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em AMERICANAS.COM, [201-?]

Os computadores utilizados na biblioteca do IFRO Campus Porto Velho Zona Norte possuem apenas softwares básicos como navegadores web, pacote de escritório, visualizador de vídeos e imagens e, não há softwares para desenvolvimento de atividades específicas (como virtualização, edição de vídeos e imagens, aplicações CAD, etc) com isso, uma solução com melhor custo benefício se torna uma opção adequada de forma que estes computadores possam ser aproveitados em outros locais da instituição como laboratórios, por exemplo, tendo em vista que, para o uso previsto na biblioteca, os computadores atuais acabam ficando subutilizados e a utilização do Raspberry Pi permite, com custo menor e também menor ocupação de espaço físico e consumo de energia, pode ser considerada uma das formas para auxiliar o aumento da quantidade de dispositivos disponíveis para uso dos alunos e visitantes na biblioteca do Campus.

5 | REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Raspberry Pi

A Fundação Raspberry Pi é uma empresa inglesa sem fins lucrativos que trabalha para permitir que pessoas de todo o mundo possam ser capazes de entender o mundo digital, ser capaz de resolver problemas e sejam preparadas para desenvolver trabalhos no futuro (RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]b). O Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito que funciona ligado a uma televisão ou monitor com entrada HDMI. Pode ser usado em projetos de eletrônicos e para várias outras atividades como é feito com um computador convencional como por exemplo: navegar na internet, redigir documentos, documentos de textos, elaborar planilhas ou apresentações de slides, jogar, assistir vídeos e dentre outras demais atividades (RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]c).

A versão mais atual possui configuração de hardware conforme descrito na sequência:

- Processador: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit.
- Memória: 1GB LPDDR2 SDRAM.

- Conectividade: Suporte ao padrão IEEE 802.11.b/g/n/ac em 2.4GHz e 5GHz; Bluetooth 4.2; Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (máx. 300 Mbps).
- Acesso: 40 pinos GPIO (General Purpose Input/Output).
- Vídeo e áudio: 1 interface HDMI; 4 interfaces USB 2.0; 1 interface serial de câmera; 1 interface serial de display; 1 saída de áudio de 4 pólos e porta de vídeo composto.
- Armazenamento: 1 entrada para cartão microSD.
- Alimentação: 5V e 2,5A via conector micro USB; 5V via entrada por pino GPIO; Power over ethernet.

O *hardware* especificado do modelo mais recente (Raspberry Pi 3 Model B+) é organizado em uma única placa conforme demonstrado na figura 1 e se assemelha ao que existem em *smartphones* e *tablets* disponíveis no mercado e é importante destacar que o processador é ARM (Advanced RISC Machine) baseado em arquitetura RISC (Reduced Instruction Set Computer).



Figura 1: Raspberry Pi 3 Model B+

Fonte: RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]d

Como o propósito é que o Raspberry Pi funcione como um computador, é necessário também a utilização de um sistema operacional, que deve ser instalado em um cartão microSD. Há diversos sistemas suportados como os disponíveis para *download no site* da Fundação Raspberry Pi: Ubuntu Mate; Snappy Ubuntu Core; Windows 10 IOT Core; OSMC; LIBREELEC; PINET; RISC OS; e, Raspbian que é o sistema operacional oficial, todos os demais citados são considerados “sistemas operacionais de terceiros”. (RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]e).

O Raspbian é um sistema operacional livre baseado no Linux Debian e otimizado e compilado para processadores com arquitetura ARM e para o hardware do Raspberry Pi. Possui um conjunto de programas básicos pré-instalados como a suíte LibreOffice, navegador web Chromium, reprodutores de áudio de vídeo e dentro os diversos utilitários voltados para programação, educação, e utilitários além do gerenciador de

pacotes para instalação de outros *softwares* (RASPBIAN, [201-?]).

Contudo para uso como um computador, a própria Fundação Raspberry Pi recomenda a utilização da versão 3 do hardware devido ao melhor desempenho de processamento bem como a flexibilidade de conectividade. Combinado com o sistema operacional Raspbian e a variedade de softwares pré-instalados e o que podem ser adicionados, caso não sejam realizadas tarefas que utilizem muito específicos é viável a utilização do Raspberry Pi como um desktop de uso pessoal ou para estudos (RASPBERRY PI FOUNDATION, [201-?]; ZWETSLOOT, 2017).

6 | METODOLOGIA

A pesquisa realizada busca demonstrar as características do Raspberry Pi 3 model B para utilização como um computador por meio da identificação dos índices de desempenho de hardware comparado com os computadores para uso acadêmico disponíveis na biblioteca do IFRO Campus Porto Velho Zona Norte. Para isso, baseando-se em Vergara (2007), classifica-a como descritiva. Tomando como princípio os estudos de Creswell (2007), a abordagem da pesquisa é quantitativa considerando que ao revelar os índices de desempenho calculados por meio do software Phoronix, permite-se comparar estes valores e assim tirar as conclusões com precisão.

6.1 Caracterização do Raspberry Pi e dos computadores

Para a realização da pesquisa, primeiramente foi necessário identificar e preparar os equipamentos a serem trabalhados. Para isso, foi realizada a verificação de *hardware e dos softwares* instalados pessoalmente dos computadores que estavam disponibilizados na biblioteca do IFRO Campus Porto Velho Zona Norte e assim, demonstra-se no quadro 2 comparando já com o Raspberry Pi 3 Model B utilizado na pesquisa.

Componente	Raspberry Pi 3 Model B	HP Pavilion 23 All-in-One
Processador	ARMv7 rev 4 @ 1.20 GHz	Intel Core i3-2100 @ 3.10GHz
Memória	1GB DDR2 SDRAM	4GB DDR3 SDRAM
Conectividade	Suporte ao padrão IEEE 802.11.b/g/n em 2.4GHz Bluetooth 4.1 Fast Ethernet (10/100 Mbps)	Suporte ao padrão IEEE 802.11.b/g/n em 2.4GHz Bluetooth 4.1 Gigabit Ethernet (10/100/1000 Mbps)
Acesso	40 pinos GPIO (General Purpose Input/Output)	

Vídeo e áudio	1 interface HDMI 4 interfaces USB 2.0 1 interface serial de câmera 1 interface serial de display 1 saída de áudio de 4 pólos e porta de vídeo composto	1 webcam integrada 1 microfone integrado 4 interfaces USB 2.0 2 interfaces USB 3.0 1 Leitor e gravador de DVD 1 entrada de caixa de som 1 entrada de microfone 1 monitor integrado de 23" 1 caixa de som integrada
Armazenamento	64 GB microSD	500 GB SATA
Alimentação	5V e 2,5A via conector micro USB	150 Watts
Sistema Operacional	Raspbian Stretch	Windows 7 Pro

Quadro 2: Especificações de hardware do Raspberry Pi 3 Model B+ e do computador disponibilizado na biblioteca

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em RASPBERRY PI FOUNDATION [201-?]f e HP [201-?].

6.2 Coleta e análise dos dados

Para realização dos testes comparativos de desempenho, utilizou-se ferramenta que realiza testes de *benchmark* que define-se como um processo de testar um componente ou toda a estrutura para determinar a performance das aplicações. O teste de *benchmark* é repetitivo no fato de que os resultados vão variar em algumas porcentagens cada vez que o teste for realizado.

Buscando condições mais próximas possíveis entre os dispositivos testados (Raspberry Pi 3 Model B x HP Pavilion 23 All-in-One), foi definido que para cada um teria uma nova instalação do sistema operacional. Para o Raspberry Pi, instalou-se o sistema operacional Linux Raspbian e, para o HP Pavilion, o Debian 9.4, considerando que na época dos testes (Maio de 2018) ainda não havia sido lançado o Raspbian para plataforma i386 ou x64. Sendo assim, utilizou-se dois sistemas operacionais que possuem a mesma base com kernel Linux e distribuição Debian.

Com os sistemas operacionais instalados e configurados, foi então instalado o *software* para testes de *benchmark* Phoronix Test Suite, que disponibiliza um modelo extensível onde novos testes podem ser adicionados. O software é designado para efetivamente realizar tantos testes quantitativos, reproduzível e com facilidade (PTS, 2018).

Dessa forma, apesar de ser possível realizar centenas de testes distintos com a ferramenta Phoronix, a mesma apresenta testes recomendados pela organização Open Benchmarking que mantém o repositório de testes bem como a publicação de resultados que são construídos de forma colaborativa e também mantém a ferramenta Phoronix Test Suite. Sendo assim, para que fosse possível comparar os dispositivos, foram realizados os testes de *benchmark*.

Os testes são classificados de acordo com o principal recurso de hardware que é utilizado durante o processo, sendo eles: Processador, Memória RAM e

Armazenamento secundário (HD ou Cartão de memória microSD). Os testes de Java SciMark v2.0, PBZIP2 Compression, JAVA JMH e 7ZIP Compression visavam verificar as características do processador. Para tanto os testes Java SciMark v2.0, JAVA JMH e 7ZIP Compression realizam cálculos para verificar a quantidade de Mega Flops (unidade de medida que é igual a um milhão de operações de pontos flutuantes por segundo). O PBZIP 2 Compressão calculou em quantos segundos o computador demorou para comprimir um arquivo de 256MB em quatro processos paralelos.

Os testes Threaded I/O Tester v20170503, RAMspeed SMP v3.5.1, RAMspeed SMP v3.5.0, t-test1 v2017-01-13, t-test1 v2017-01-14 calcularam em Megabytes por segundo o tempo que a memória RAM demorava para realizar leituras aleatórias. Variando entre 32 blocos de 256MB cada, leitura de números inteiros (RAMspeed SMP v3.5.1), leitura de pontos flutuantes (RAMspeed SMP v3.5.0), um tópico (t-test1 v2017-01-13) e dois tópicos (t-test1 v2017-01-14).

Os testes IOzone, Compile Bench, Unpacking the Linux Kernel e FS-markv3.3 foram realizados para calcular a velocidade de escrita e leitura em disco dos dispositivos, em Megabytes por segundo e em arquivos por segundo.

Por fim o iperf3 foi utilizado para realizar o teste de capacidade máxima de tráfego de *download* e *upload* na interface de rede entre os dispositivos.

7 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o testes de *benchmark* executados por meio do software Phoronix, os resultados dos mesmos foram documentados em planilha eletrônica para que pudesse ser verificado, proporcionalmente, o valor que o desempenho do Raspberry Pi 3 Model B alcança, quantitativamente ao se comparar com o computador disponibilizado na biblioteca do IFRO *Campus* Porto Velho Zona Norte para uso acadêmico, conforme demonstrado na tabela 2.

Item	Tipo	Descrição	Resultado RPi	Resultado AiO	Unidade de medida	Proporção alcançada pelo Raspberry Pi
1	Processador	Java SciMark v2.0	103,22	3537,19	Mega Flops (MFlop)	2,92%
2	Processador	PBZIP2 Compression	163,45	24,77	Segundo (s)	659,87%
3	Processador	JAVA JMH	433146168,5	6175532784	Operações por segundo (Op/s)	7,01%
4	Processador	7ZIP Compression	1779	8338	Milhões de Instruções por segundo (MIPS)	21,34%
6	Memória	Threaded I/O Tester v20170503	451,98	103,7	Mega Bytes por segundo (MB/s)	435,85%

7	Memória	RAMspeed SMP v3.5.1	1923,15	6604,53	Mega Bytes por segundo (MB/s)	29,12%
8	Memória	RAMspeed SMP v3.5.0	1967,09	6613,63	Mega Bytes por segundo (MB/s)	29,74%
9	Memória	t-test1 v2017-01-13	162,05	34,2	Segundos (s)	473,83%
10	Memória	t-test1 v2017-01-14	77,18	9,84	Segundos (s)	784,35%
11	Disco	AioStress	14	45,66	Mega Bytes por segundo (MB/s)	30,66%
12	Disco	IOzone	21,51	75,87	Mega Bytes por segundo (MB/s)	28,35%
13	Disco	IOzone	12,05	72,61	Mega Bytes por segundo (MB/s)	16,60%
14	Disco	Compile Bench	17,99	525,12	Mega Bytes por segundo (MB/s)	3,43%
15	Disco	Unpacking the Linux Kernel	63,22	11,82	Segundos (s)	534,86%
16	Disco	FS-Markv3.3	11,87	14,48	Arquivos por segundo (files/s)	81,98%
17	Rede	iperf3	94,1	941	Mega bits por segundo (Mbps)	10,00%

Tabela 2: Comparativo de desempenho de recursos de hardware com Phoronix entre o Raspberry Pi 3 Model B (RPi) e o computador HP Pavilion 23 All-in-One (AiO)

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao se observar os resultados alcançados na categoria “Processador”, identifica-se que o Raspberry Pi 3 model B ainda tem uma distância considerável em relação ao desempenho alcançado pelos computadores disponibilizados na biblioteca do Campus. Isso ocorre pelo fato principal do tipo de processador em que no Raspberry Pi trabalha com plataforma ARM e arquitetura RISC que possui como objetivo a execução de cálculos mais simples e, quando necessita-se de cálculos mais complexos de, por exemplo, pontos flutuantes o desempenho acaba sendo consideravelmente inferior. De antemão, com o foco em utilização corriqueira, tais resultados influenciaram, principalmente quando se trata de compactação e descompactação de arquivos que está presente principalmente em instaladores de programas e assim, a experiência pode demonstrar maior lentidão na execução destas tarefas ao se comparar com os computadores disponibilizados na biblioteca do *Campus*.

Quanto aos resultados alcançados na categoria “Memória”, identifica-se as unidades de medida estão ao entorno de “tempo”, seja na taxa de transmissão que leva também ao tempo de acesso. O Raspberry Pi 3 model B possui desempenho

inferior em relação ao desempenho alcançado pelos computadores disponibilizados na biblioteca do Campus e a experiência durante sua utilização leva a percepção de demora para execução de programas e, devido a capacidade inferior (o Raspberry Pi possui 1GB e o computador 4GB), obviamente a capacidade de processos em execução simultaneamente, no computador será maior.

Finalmente, ao observar os resultados alcançados nas categorias “Disco” e “Rede”, identifica-se que a experiência no que tange a transferência de dados ou até mesmo I/O (*Input/Output* - Entrada e Saída) é inferior ao se comparar com o computador disponibilizado para uso acadêmico na biblioteca do Campus entretanto, como se trata de transferências a serem realizadas em um cartão de memória, é possível que haja possibilidade de melhoria do seu desempenho por meio da substituição do cartão microSD por um de maior capacidade de transferência e especificamente ao se observar o indicador relacionado a rede, demonstra-se coerência utilizar uma placa de rede FastEthernet (até 100 Mbps) tendo em vista que uma placa de rede GigabitEthernet (até 1 Gbps) possui capacidade que pode não ser alcançada na sua totalidade por haver “gargalo” por exemplo na unidade de armazenamento. Entretanto, a experiência em navegação web e transferências de arquivos via rede não demonstra atrasos perceptíveis.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quantitativo de computadores disponibilizados para uso acadêmico na biblioteca do IFRO *Campus* Porto Velho Zona Norte comprovadamente não são sendo suficientes para suprir as demandas indicadas pelos alunos. O custo individual de cada computador vai além de somente a aquisição do equipamento, mas deve-se analisar também as licenças do sistema operacional Windows, o pacote de escritório Micrisoft Office bem como licenças de acesso cliente, obrigatórias quando se utiliza serviços de rede Microsoft (como por exemplo o simples compartilhamento de arquivos ou a autenticação em domínio com Active Directory). Dessa forma, o valor agregado a um computador, em um cenário de restrições e contingenciamento orçamentários pelo Instituto Federal de Rondônia, a compra de novos dispositivos para suprir a necessidade dos alunos acaba sendo inviabilizada.

Substituir computadores de uso “comum”, que não demandam tantos recursos de *hardware* ou desempenho elevado por Raspberry Pi vai além dos custos de aquisição. Equaciona-se a relação custo x benefício em que atualmente os computadores possuem diversos recursos que ficam ociosos simplesmente pelo estilo de utilização, tendo em vista que, muitas vezes os usuários destes computadores na biblioteca do *Campus* não possuem contato constante com o dispositivo e sua utilização muitas vezes é restrita a pesquisas na internet e produção de textos, planilhas e apresentações. Dessa forma, os dispositivos como webcam, caixas de som ou até mesmo a capacidade total de *hardware* fica subutilizada e, neste momento, o desempenho alcançado pelo Raspberry

Pi nos indicadores demonstrados por meio do *software* Phoronix Test Suite passam a fazer sentido, mesmo os resultados alcançados terem sido inferior ao computador. O que já era esperado por hipótese.

A utilização do Raspberry Pi no mundo acadêmico permite também observar que se trata de ir além de somente aumentar a quantidade de computadores na biblioteca, mas inserir em uma instituição que oferece cursos na área de tecnologia e comunicação, uma ferramenta que se baseia em softwares livres. Para substituir o Microsoft Office, há o LibreOffice; para substituir o Google Chrome ou Microsoft Edge, há o Chromium e o Mozilla Firefox; para o Adobe Photoshop, há o GIMP e sem contar os diversos ambientes de desenvolvimento em Python, Java, C, etc. Contudo, a inserção do Raspberry Pi no mundo acadêmico permite além da redução de custos, mas também o desenvolvimento científico e tecnológico em que os alunos que, inicialmente precisavam apenas de ter acesso ao computador, poderão ser incentivados a também desenvolver soluções em programação ou até mesmo internet das coisas e assim, os índices de desempenho desse novo instrumento já não é possível de ser medido quantitativamente.

REFERÊNCIAS

FILIPEPLOP, Componentes Eletrônicos. **Raspberry Pi 3 Model B Anatel**. [201-?]. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 02.07.2018.

HP, Hewlett-Packard. **Computador HP All in One Pavilion 23**. [201-?]. Disponível em: <<http://www.lojahp.com.br/informatica/computadores/computador-hp-all-in-one-pavilion-23-g000br-com-intel-core-i5-4670t-windows-8-1-4gb-500gb-gravador-de-dvd-wireless-nvidia-geforce-led-23-3059465.html>>. Acesso em: 23.07.2018

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD Contínua TIC 2016: 94,2% das pessoas que utilizaram a Internet o fizeram para trocar mensagens**. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23.06.2018.

IFRO, Instituto Federal de Rondônia. **Painel de indicadores do IFRO**. 2018a. Disponível em: <<https://painel.ifro.edu.br/>>. Acesso em: 23.06.2018.

IFRO, Instituto Federal de Rondônia. **Plano de desenvolvimento institucional do IFRO 2018 - 2022**. 2018b. Disponível em: <https://portal.ifro.edu.br/images/ifro-pdi- interativo-20180209_pagina-simples.pdf>. Acesso em: 23.06.2018.

MICROSOFT. **Loja Microsoft**. [201-?]. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/loja>>. Acesso em: 29.06.2018.

PTS. Phoronix Test Suite. **Overview**. 2018. Disponível em: <<http://www.phoronix-test-suite.com/>>. Acesso em: 02.07.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **Buy a Raspberry Pi**. [201-?]a. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products>>. Acesso em: 04.07.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **About us**. [201-?]b. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/about>>. Acesso em: 04.07.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **Frequently Asked Questions**. [201-?]c. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/help/faqs>>. Acesso em: 04.07.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **Raspberry Pi 3 Model B+ Product Briefing**. [201-?]d. Disponível em: <<https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>>. Acesso em: 23.07.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **Downloads for Raspberry Pi**. [201-?]e. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/downloads/>>. Acesso em: 23.06.2018.

RASPBERRY PI, Foundation. **Raspberry Pi 3 Model B**. [201-?]f. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Acesso em: 23.07.2018.

RASPBIAN. **About Raspbian**. [201-?]. Disponível em: <<https://www.raspbian.org>>. Acesso em: 23.07.2018.

RUPAVE. Amazon Internet Desenvolvimento e Venda de Software Ltda. **Pacote de 5 CALs de Usuário para Windows Server 2016**. 2018. Disponível em: <<https://rupave.com/produto/pacote-de-5-cals-usuario-ou-dispositivo-para-windows-server-2016/>>. Acesso em: 11.07.2018.

SOUZA, Marco Antonio Furlan; DENIS, Everson; FERNANDES, João Carlos Lopes. Projeto de um Console de Jogos Multiplataforma com Raspberry Pi. **Computer on the beach 2014**. Florianópolis, 2014 mar. Disponível em <<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/issue/view/255>>. Acesso em: 23.06.2016.

ZWETSLOOT, Rob. Raspberry Pi Desktop PC: the Raspberry Pi PC challenge. **The MagPi**. 2017 jul. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/magpi-issues/MagPi59.pdf>>. Acesso em: 02.07.2018.

A PRIVACIDADE EM UM CENÁRIO *PANSENSITÍVEL* DE INTERNET DAS COISAS & CIDADES INTELIGENTES

André Barbosa Ramiro Costa

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Recife-PE

Maria Amália Oliveira de Arruda Câmara

Universidade de Pernambuco - UPE
Recife-PE

RESUMO: A expansão do ecossistema da Internet das Coisas (IoT), sobretudo em um contexto de Cidades Inteligentes, tem como pano de fundo as bases técnicas do funcionamento da IoT, porém aponta para questões políticas como os desafios à privacidade e a expansão da vigilância. Essas relações convergem para uma discussão político-acadêmica que sugere a necessidade de um programa de proteção de dados pessoais e garantia de direitos fundamentais, mediante a construção legislativa. Dá-se como ponto de partida, no contexto brasileiro, a Lei Geral de Proteção de Dados brasileira, bem como leva-se em consideração as dinâmicas de uma Governança da Internet e a participação da sociedade civil. Este artigo procura iluminar pontos sobre os riscos à privacidade em um ambiente de cidades inteligentes, quais os interesses econômicos, para além da melhoria dos serviços urbanos, na captura de dados. Por fim, o artigo explora se o marco legislativo de proteção de dados pessoais brasileiro seria suficiente para garantir

direitos fundamentais em uma realidade de sensores.

PALAVRAS-CHAVE: internet das coisas; cidades inteligentes; privacidade; proteção de dados; vigilância.

THE PRIVACY IN A *PANSENSETIVE* SCENARIO OF INTERNET OF THINGS AND SMART CITIES

ABSTRACT: The expansion of the Internet of Things (IoT) ecosystem, especially in a context of Smart Cities, has as background the technical bases of IoT's operation, but points to political issues such as the challenges to privacy and the expansion of surveillance. These relations converge to a political-academic discussion that suggests the necessity of a program to protect personal data and defend fundamental rights, through a legislative approach. The starting point, in the Brazilian context, is the General Data Protection Law as well as the dynamics of an Internet Governance and the participation of civil society. This paper intends to illuminate issues about risks to privacy in a smart cities environment as well as economic interests in data collection beyond the improving of urban services. At last, the paper explores if the Brazilian legislative data protection framework is enough to guarantee fundamental rights in a sensors reality.

KEYWORDS: internet of things; smart cities;

privacy; data protection; surveillance.

1 | EXPANSÃO DAS COISAS E DAS CIDADES CONECTADAS

Não se restringem apenas aos atuais computadores pessoais e aos aparelhos móveis. a disseminação e o crescimento da capacidade computacional dos dispositivos. O poder de processamento de informações vem alcançando o próprio meio ambiente, os objetos pessoais, os corpos e as próprias cidades, caracterizando um fenômeno que se convencionou chamar de Internet das Coisas (*Internet of Things* ou IoT).

O batismo da referida tecnologia é comumente creditada a uma apresentação de negócios, em 1999 feita por Kevin Ashton. O pioneiro tecnólogo, na oportunidade, sugeriu que os computadores - e a Internet - eram, então, dependentes de seres humanos para coletar informações, fator este que, acreditava, não carregava um nível de aproveitamento otimizado, pois os seres humanos possuem limitações motoras e de tempo para digitar, cadastrar ou scanear os dados necessários. Sugeriu que computadores fossem desenvolvidos de modo a poderem coletar e processar informações, através de sensores, sem necessitarem da intervenção ou do monitoramento limitado do ser humano (ASHTON, 2009).

Na realidade, a primeira notícia de um dispositivo conectado à Internet é datado de muito antes da criação do termo por Kevin Ashton. Programadores do departamento de Ciência da Computação, na Universidade de Carnegie Mellon, na década de 70, conectaram uma máquina de Coca-Cola à rede, sendo esse o mais remoto registro de uma objeto conectado que que não fosse um computador. Desde então, a ideia de uma tecnologia que possibilitasse a comunicação entre máquinas, *machine-to-machine*, vem alimentando o conceito da computação ubíqua (WEISER, 1988), uma realidade onde computadores estivessem onipresentes, com tarefas específicas e inter-comunicandas.

Ou seja, ainda que haja uma longa história a respeito do desenvolvimento de IoT, apenas recentemente veio saltar aos olhos da comunidade não especializada. Hoje, a IoT excede, em quantidade, o número de pessoas (Federal Trade Commission, 2015) e seria definida como

“um ambiente de computação em rede, global, imersivo e invisível, construído através de proliferação continuada de sensores inteligentes, câmeras, softwares, base de dados e massivos *data centers* em um tecido de informação em expansão mundial” (ANDERSON, RAINE, 2014).

Levantamentos estimam que cerca mais de 50 bilhões de *coisas* estarão conectadas em 2020 (CISCO, 2011). Essa perspectiva inclui objetos domésticos, tais como geladeiras e fogões, bem como objetos urbanos, de uso comum, tais como semáforos, lixeiras e barômetros. É possível entender, então, que dispositivos IoT estarão atrelados ora ao uso pessoal, no ambiente doméstico, ora ao uso público em

espaços coletivos.

Não há melhor paradigma destes espaços comuns do que as próprias cidades. Estas vêm carregando graus de conectividade e poder computacional crescentes, atrelados ao funcionamento de serviços públicos. Essa nova dimensão de conectividade vem caracterizando o que se convencionou chamar, pelo setor privado, de “cidades inteligentes”. Seriam “novas formas de funcionamento para as cidades” (IBM, 2018), “novos tipos de lugares que aceleram a inovação urbana” (SIDEWALK LABS, 2018) ou mesmo “a cidade elevando a forma como as pessoas se conectam e interagem com as cidades” (CISCO, 2018). Esse mercado constitui um *trend* tecnológico conveniente, carregado e alimentando, sobretudo, pelas empresas desenvolvedoras de tecnologia que estarão à frente da distribuição e comercialização.

Porém, para além do discurso do marketing, é fundamental observar o fenômeno das cidades inteligentes sob o viés do mercado de dados pessoais. Cidades inteligentes, então, podem ser vistas como a coleta de dados, sobretudo pessoais, no espaço público, por parte do governo e do setor privado, para oferecer serviços (PRIVACY INTERNATIONAL, 2018).

Neste contexto, pode-se encarar a expansão da conectividade dos dispositivos, relacionados às cidades ou não, como a expansão da coleta de dados, em termos de volume, variedade e velocidade, compondo os elementos do processamento de dados conhecido como *big data*.

A pervasividade desses sensores, invisíveis distribuídos, sugere uma maior fragilidade do cidadão em relação a sua privacidade, uma vez que esta *ubiquidade* computacional, através de sensores, pode servir a exponenciar programas de monitoramento dos cidadãos. Pode-se assumir que a perda da privacidade em espaços públicos acarreta consequências a liberdades civis e nega chances de dissidências ou protestos, por exemplo (PRIVACY INTERNATIONAL, 2018).

Políticas econômicas em parcerias público-privadas podem afetar a forma como os cidadãos interagem com o ambiente urbano, uma vez que informações estão sendo mercantilizadas e geridas em uma governança de dados pessoais que não envolve a sociedade civil em sua construção. Processos de controle dessas operações vem sendo delegadas ao setor privado, gerando desafios à responsabilização pública e à fiscalização cidadã. A lógica da proteção de dados busca jogar luzes a esse jogo de interesses complexos que envolvem a modernidade das cidades inteligentes e expansão da internet das coisas.

2 | A PRIVACIDADE NA CIDADE PANSENSITÍVEL

A mudança nas dinâmicas do funcionamento das cidades, para além dos serviços públicos urbanos, influenciam o próprio comportamento dos cidadãos, suas escolhas, a forma como interage com a cidade, como se associa coletivamente, onde está presente, com quem está reunido ou os trajetos que toma.

Essa realidade não traz novidade quando se tratando da auto-restrição de comportamentos do sujeito ao estar *online*. Diferente da mentalidade do início do século XXI, quando a experiência *online* carregava certo grau de não-identificação ou anonimato, a atmosfera da Internet, atualmente, vem acompanhada de desconfiança e insegurança. Diariamente, notícias a respeito de programas de vigilância em massa, operadas por Estados e grande monopólios tecnológicos, vem alimentando uma verdadeira paranoia coletiva, estimulando conspirações de afetos psíquicos (FALTAY, 2018).

Revelação sobre a existência de programas de espionagem, a qual pôs em xeque o sentimento de privacidade na Internet, se deram como no caso Edward Snowden, em 2013, quando este, ex-funcionário terceirizado da NSA, revelou a existência de uma coleta de dados massiva, de forma indiscriminada e generalizada, de cidadãos de todo o mundo, incluindo alvos estratégicos, como chefes de Estado. Casos de revelações sobre programas de vigilância em massa não são tão recentes e vêm sendo noticiados muito antes do caso Snowden. William Binney, criptoanalista e também ex-funcionário da NSA, ainda em 2002 já havia alertado sobre programas de vigilância em massa operados pelos Estados Unidos, como o programa Trailblazer, sistema cuja função era analisar dados massivos de celulares e e-mails. Como Binney e Snowden, outros *whistleblowers* foram notáveis em revelar programas de espionagem estatal, como Thomas Drake e John Crane, contrubindo para a construção de uma atmosfera de desconfiança no ciberespaço. Em se tratando de novos níveis de conexão e novos dispositivos, isso implica dizer que maiores níveis de vigilância também virão à reboque.

Grande parcela dos dispositivos de IoT são construídos com um propósito básico: monitorar a atividade humana. “Consciência” sobre o ambiente através de sensores de áudio, imagem, dados de localização e outras formas de detecção são objetivos centrais. Ainda que a qualidade de novos serviços de detecção venham a oferecer melhorias nas atividades diárias, não há dúvidas sobre os impactos à privacidade: o usuário estará, exponencialmente, sob observação pelas suas próprias máquinas e dispositivos pessoais.

A “invisibilidade” destes serviços - *into the fabric of daily life until they are indistinguishable from it* (WEISER, 1988) – torna suas consequências políticas imperceptíveis para os usuários. Em contraste, quando há cessão de informações a plataformas online, tal como Facebook, Amazon ou Google, tem-se minimamente a consciência sobre o uso ou a permanência nos domínios da plataforma. Em um contexto de IoT, a escolha e oportunidade de consentir ou não são ausentes *by design*. Ou seja, dispositivos de IoT, em sua maioria, não oferecem alertas sobre políticas de privacidade ou criam interfaces para o consentimento ajustados à interação com usuário.

Aprofunda-se o problema, certamente, quando se tratando de cidades inteligentes, repletas de sensores. Lixeiras, metrô ou postes de luz inteligentes não oferecem qualquer oportunidade para o titular das informações coletadas expressar

suas escolhas.

Não bastando não haver *opt-out* quando do “uso” destes serviços, também não há o mero conhecimento sobre a coleta de dados. Na cidade de Londres, lixeiras inteligentes foram instaladas em 2012, coletando dados dos cidadãos para direcionar propagandas. Não havia conhecimento sobre a coleta dos dados ou, muito menos, sobre a finalidade desta coleta (DATOO, 2013).

Em algumas nações, o uso de dados de cidadãos coletados pelos governos já sugere que o esvaziamento da privacidade serve a interesses políticos e não, necessariamente, a melhorias na qualidade de vida urbana. O cenário chinês dá um bom exemplo de como sensores urbanos podem alimentar a violação de direitos humanos. Nesse caso, realizam previsão de protestos ou manifestações através do mapeamento de aglomerações para viabilizar repressões com antecedência (MURDOCK, 2016).

Esses casos e outros similares redesenham a interação humano-espaco público. Se, por um lado o reconhecimento e a identificação em relação ao bairro ou à cidade são elementos importantes na formação do senso de pertencimento e comunidade, certo grau de anonimato, diante da diversidade de pessoas, garante uma jornada diária única, rumo a novos espaços, novas pessoas e novas experiências, mesmo que na mesma área. É uma característica necessária à vida em grandes centros. Jane Jacobs (1961), escritora americana, reconhecida por seu ativismo quanto a temas relativos aos direitos urbanos, em *Morte e Vida de Grande Cidades*, assinala que

“uma boa vizinhança urbana deve conseguir um equilíbrio entre a determinação das pessoas de ter um mínimo de privacidade e seu desejo concomitante de poder variar os graus de contato, prazer e auxílio mantidos com as pessoas que as rodeiam”.

Hoje, podemos falar em “pessoas e *dispositivos* que as rodeiam”.

A privacidade não se confunde, conceitualmente, com informações ou dados pessoais. Porém, ao tomar uma delas por objeto, lida-se diretamente com a outra, como um ato reflexo, por uma equação simples que associa um maior grau de privacidade à menor difusão de informações pessoais e vice-versa (DONEDA, 2011). A coleta e o processamento de dados através de sensores impactam, diretamente, a formação do indivíduo e da coletividade.

Ainda que o conceito de privacidade não seja cristalizado, sendo, inclusive, naturalmente desenvolvido e condicionado ao estado da tecnologia de cada época e sociedade (DONEDA, 2006), Alan West (1968) definiu a privacidade como o direito do indivíduo, grupos ou instituições de determinar, por si mesmos, quando, como e qual informação pessoal será comunicada a outros.

No contexto presente, o professor Daniel Solove (2006) estabelece uma categorização das atividades potencialmente nocivas à plenitude da privacidade. Aqui, pode-se levar em conta o estado da arte em mineração de dados, big data ou algoritmos de inteligência artificial. Então, segundo Solove, (1) a coleta de informações, ou seja,

a vigilância, entendida como a observação, a escuta ou gravação das atividades de um indivíduo; e (2) a forma que a informação é armazenada, manipulada ou utilizada, no que resumiu por *processamento da informação*. Solove ramifica essa última em: *agregar informação*, ou seja, combinar uma série de dados sobre uma pessoa; *identificar* ou unir informações sobre indivíduos particulares; *não assegurar* que as informações estejam armazenadas de forma eficiente; *usar alternativamente*, quer dizer, utilizar para outros fins que não os inicialmente anunciados; ocultar quais informações sobre o titular dos dados estão armazenadas, excluindo-o da relação.

Diante dos interesses empresariais, com atuação crescente de *brokers* de dados (Federal Trade Commission, 2014), o uso alternativo de dados também se faz presente, tendo em vista um mercado obscuro e não suficientemente regulado, o qual opera mediante um verdadeiro capitalismo (ZUBOFF, 2015) ou arquitetura (SCHNEIER, 2015) de vigilância. Sendo assim, as fronteiras entre IoT e vigilância podem se confundir e, em última análise, desaparecer caso iniciativas de proteção à privacidade não sejam levadas à cabo.

3 | O CENÁRIO PANSSENSÍVEL NA PERSPECTIVA DE UMA LEI DE PROTEÇÃO DE DADOS PESSOAIS

Quando se tratando das dificuldades de manifestação de vontade ou acordo com os termos de coleta de dados dos dispositivos, a falta de regulação, a nível nacional e local, enfraquece ainda mais a garantia de direitos dos usuários dos serviços de IoT.

A Lei de Proteção de Dados Pessoais - LGPD, recentemente aprovada no Brasil, irá modificar as dinâmicas de coleta de dados de forma radical, visando uma maior tutela da privacidade. Aqui, falaremos especificamente das interfaces da Lei com dispositivos de IoT no que se refere à conceituação de dados pessoais, ao consentimento e aos dados anônimos.

Primeiramente, importante pensar sobre a abrangência do que será entendido por dados pessoais. A LGPD, tendo em vista a necessidade de sustentação constante e flexível da legislação diante do desenvolvimento tecnológico, adota o conceito expansionista sobre o que são dados pessoais. Disciplina, em seu art. 5º, inciso I, que dado pessoal é aquela informação relacionada à pessoa natural identificada ou identificável. Esse conceito, de herança doutrinária na *General Data Protection Regulation* europeia, engloba, igualmente, os dados com *potencial identificador* de um indivíduo, possuindo teor mais realista diante do atual - e futuro - poder de processamento de dados, sejam estruturados ou não. Em um contexto de cidade inteligente, um sensor acoplado a certo serviço pode ser programado para coletar dados que, ainda que não vincule o indivíduo imediatamente, pode gerar bancos de dados que, se cruzados com outros, possuirão o potencial de identificá-lo.

Outra proposta-chave trazida pela pela LGPD é referente aos dados anônimos.

Estes seriam, basicamente, o contrário do dado pessoal, uma informação que não identifica uma pessoa específica. No texto da Lei, em art. 5º incisos III e XI, respectivamente, dados anonimizados são aqueles “elativos a um titular que não possa ser identificado”, enquanto que a anonimização será a “utilização de meios técnicos razoáveis e disponíveis no momento do tratamento, por meio dos quais um dado perde a possibilidade de associação, direta ou indireta, a um indivíduo”.

Hoje, diante das técnicas de re-identificação ou deanonimização, já é possível dizer que não existem mais dados anônimos (DONEDA, 2016). Cabe, então, sugerir que a mera coleta de dados por parte dos sensores em cidades inteligentes, sob promessa de anonimização, configura uma proteção frágil. O que ocorre, na maioria dos casos, ainda permite que determinado dado seja individualizado e cruzado com outros bancos de dados. É considerado raro que os dados produzidos pela atividade do usuário sejam completamente e irreversivelmente anonimizados (FUSTER, SCHERRER, 2015), o que pode sugerir um desafio futuro à implementação e *enforcement* da legislação.

O anonimato protege pessoas de preconceitos baseados em sua identidade e as possibilita de votar, expressarem-se e se associarem livremente, protegendo-as do perigo de represálias. Ainda pode facilitar a compreensão das ideias de outra pessoa, assim como a identificação pode causar pré-julgamentos. Torna possível que as pessoas sejam hábeis de criticar as empresas para as quais trabalham e a denunciá-las, bem como as protege de serem julgadas ao consumirem ideias não tão populares. Dessa forma, facilita a liberdade de expressão e a formação da identidade, livre de interferência ou de receios, fortalecendo a privacidade. O grau de anonimização dos dados coletados., portanto, pode gerar efeitos diretos na forma como o sujeito se relaciona com a sua comunidade, merecendo uma atenção ampla através da regulação.

O terceiro ponto, não menos importante, completando o que já foi chamado de tripé da proteção de dados pessoais (BIONI, 2015), é a figura do consentimento. Talvez esta seja a mais problemática quando se tratando de IoT nas cidades e da expressão de vontade usuários. A problemática do consentimento não é exclusiva da pauta de IoT ou de cidades inteligentes, mas é uma transversal à experiência do usuário dos serviços na Internet como um todo.

À luz da LGPD, em seu art. 5º, inciso XII, a manifestação do consentimento deve ser *livre, informada e inequívoca*, pela qual o titular concorda com o tratamento de seus dados pessoais para uma *finalidade determinada*. Entende-se estes elementos como, respectivamente: (1) não havendo nenhuma pressão ou coação sobre o titular dos dados; (2) o titular deve ter ciência sobre o que é o tratamento de dados pessoais e as implicações do tratamento; (3) não havendo dúvidas de que o titular consente com a prática do tratamento naquela situação; (4) e que se evite o consentimento genérico, obrigando a delimitação clara dos tipos de dados que serão alvo de tratamento (BANISAR, GUILLEMIN, BLANCO, 2016). Este arcabouço configura o que será nomeado de “autodeterminação informativa”, ou seja, o consumidor de um

dispositivo conectado possui o direito de determinar como seus dados serão coletados e tratados (ZANATTA, 2017).

É levado a crer que a questão está na construção dos dispositivos, os quais não possuem, sequer, *displays* para que os titulares dos dados coletados possam expressar sua vontade. É possível dizer que uma “fadiga de consentimento” é imposta pela legislação de proteção de dados, por outro lado a garantia de direitos fundamentais, tal como a privacidade, não pode ser vista como contrapeso ao processo inovador. Sendo assim, a ideia de *privacy by design* deve ser pensada desde o início do desenvolvimento da tecnologia. O design possui o potencial de empoderar as pessoas e sua relação com as tecnologias (IOT DESIGN MANIFESTO, 2015), desenvolvendo essa interação humano-máquina de forma aberta e livre de abusos.

4 | GOVERNANÇA DA IOT E DAS CIDADES INTELIGENTES

A Internet das Coisas é um paradigma comunicacional ainda bastante recente e que causa algum estranhamento no momento de sua compreensão, regulação e governança. Para Caragliu et al. (2009) uma cidade pode ser considerada inteligente quando os investimentos em capital humano, social, tradicional, moderno, infraestrutura, comunicação, desenvolvimento econômico sustentável, qualidade de vida, gestão dos recursos naturais são soluções a partir da ação participativa e do engajamento de cidadãos. O conceito de cidade inteligente significa, portanto, a preocupação com a eficiência das ações humanas baseada na gestão inteligente das Tecnologias da Informação e Comunicação integradas com a participação ativa do cidadão. O resultado disso é um novo tipo de governança, fortemente centrada na participação cidadã nas políticas públicas.

Em uma pesquisa seminal coordenada pelo Centro de Ciências Regionais na Universidade de Tecnologia de Viena, foram identificados seis principais “eixos” ou “dimensões” característicos de cidades inteligentes, onde foram avaliadas 70 cidades europeias (GIFFINGER *et al*, 2007). Esses eixos são usados até hoje para as principais definições de cidades inteligentes, sendo eles: economia inteligente; mobilidade inteligente; ambiente inteligente; pessoas inteligentes; qualidade de vida inteligente; e, finalmente, destacamos uma governança inteligente. Os eixos são baseados, respectivamente, em teorias de competitividade regional, transportes e economia no uso das TICs, recursos naturais, capital humano e social, qualidade de vida e, principalmente, participação das sociedades nas cidades. Isso oferece uma base suficientemente sólida para a própria definição teórica de governança de IoT em cidades inteligentes.

A governança, partindo de uma perspectiva referencial europeia, refere-se às regras, processos, comportamentos à forma como os poderes são exercidos, particularmente levando-se em conta o grau de abertura, participação, prestação de contas, efetividade e coerência. Tais princípios também são corroborados pelas

dinâmicas da Governança da Internet nos âmbitos da Internet Engineering Task Force - IETF, World Wide Web Consortium - W3C, ICANN e Internet Society, por exemplo, importantes *players* do ecossistema da Internet. Posto de outra forma, a Governança da Internet é o desenvolvimento e aplicação por governos, pelo setor privado e pela sociedade civil, em seus respectivos papéis, de princípios comuns, normas, regras, procedimentos de tomada de decisão e programas que moldam a Internet (WORKING GROUP ON INTERNET GOVERNANCE, 2016). Importante, portanto, estender tais princípios ao contexto da IoT, afinal a tecnologia irá possibilitar que *tudo* se conecte à Internet, carregando, também, desafios à governança.

Não poderíamos, atualmente, dissociar a Governança da Internet de uma abordagem multissetorial, valor tão caro às rodadas de diálogo que constroem determinações, regulações e resoluções cruciais ao bom funcionamento da rede. Por um viés multissetorial, a governança deve ser construída através de processos democráticos, assegurando a participação significativa e responsável de todos os intervenientes, incluindo governos, setor privado, sociedade civil, a comunidade técnica, a comunidade acadêmica e usuários, devendo os respectivos papéis e responsabilidades das partes interessadas serem interpretados de modo flexível em relação aos temas em discussão (NETMUNDIAL, 2014).

Diante de uma variedade de atores interessados, os interesses por vezes entram em conflito diante de uma variedade de perspectivas e procedimentos. Podemos assumir que os *stakeholders* não carregam a responsabilidade, ainda que fosse desejável, de levar em consideração as pautas dos outros setores. Sendo assim, a sociedade civil organizada não desenvolve pautas sobre infraestrutura e padrões de IoT, bem como o setor privado, de desenvolvedores da tecnologia, não priorizam demandas por liberdade de expressão. No entanto, no que se refere ao desenvolvimento de políticas públicas, os diversos atores interessados, quais sejam, o setor privado, a sociedade civil organizada, o poder público e a comunidade técnica ou científica, devem ser ouvidos e postos em diálogo para o estabelecimento de consensos sobre qual será a melhor forma de desenvolvimento da tecnologia, ouvidas e sopesadas todas as demandas.

Quando se tratam de cidades inteligentes, acordos entre o setor privado - desenvolvedores de dispositivos, inteligências artificiais, conectividade e outras soluções tecnológicas - e o setor público podem ser relacionados ao câmbio de informações coletadas. Recentemente, a Prefeitura de São Paulo sofreu represália da sociedade civil ao informar que ofereceria os bancos de dados do Bilhete Único (DANTAS, D., DANTAS, T, 2017) como moeda nos programas de privatização (SETO, 2017) da cidade e que faria uso dos dados de navegação dos usuários do “Wi-Fi Livre” para lhes encaminhar propaganda direcionada (BIONI, 2017).

Ocorre que esse modelo de negócio é típico de uma administração que encaminha políticas públicas através do relacionamento estreito com o setor privado, não envolvendo a sociedade civil nas mesas de discussão, contribuindo para uma

governança pouco transparente e participativa. Dessa forma, não é de se esperar que o setor público, sobretudo o de caráter privatista, priorize a garantia de direitos fundamentais em detrimento do fortalecimento do mercado. Dessa forma, ganha força a necessidade do envolvimento dos setores da sociedade civil organizada na construção e na tomada de decisões de impacto social. Como bem dito na Declaração da Sociedade Civil, no âmbito da Cúpula Mundial da Sociedade da Informação:

Decisões tecnológicas devem ser tomadas com o objetivo de ir ao encontro de necessidades vitais das pessoas e não com o fim de enriquecer empresas ou tornar possível o controle antidemocrático dos governos. Sendo assim, decisões fundamentais concernentes ao design e ao uso de tecnologias devem ser tomadas em cooperação com a sociedade civil, incluindo usuários finais, engenheiros e cientistas." (...) "São as pessoas quem, inicialmente, formam e moldam a sociedade. E com a sociedade da informação e da comunicação não é diferente. Os atores da sociedade civil têm sido inovadores-chave e modeladores da tecnologia, da cultura e dos conteúdos da informação e da comunicação, e assim continuarão no futuro (CIVIL SOCIETY DECLARATION, 2003).

Naturalmente, leva-se a crer que a governança da IoT ou, mais delimitadamente, das cidades inteligentes, não deve ser discutida em separado da Internet como um todo. O desenvolvimento dessa tendência, de largo impacto no cotidiano coletivo, deve levar em consideração as técnicas e os valores da governança, como ocorre com a Internet. Um envolvimento limitado na construção de políticas, tal como nos casos ilustrativos de São Paulo, levará ao esvaziamento de direitos fundamentais. A privacidade deve ser levada em conta desde o *desenho* dos dispositivos até a construção de políticas públicas que tenham como eixo o uso dessas tecnologias. Em suma, o cidadão deve ser protegido através da busca constante de soluções que busquem preservar sua autonomia. A isso se deve uma abordagem multissetorial ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias de largo impacto.

5 | CONCLUSÃO

Cidades inteligentes não são, necessariamente, cidades melhores. Para além de serem paradigmas da modernidade e do desenvolvimento, podem se tornar locais de panoptismo eletrônico, nas quais todos são constantemente observados .

Confiança e sustentabilidade são valores essenciais para o sucesso do desenvolvimento de tecnologias, principalmente aquelas que terão impacto global. A garantia de segurança e privacidade são desafios lançados ao universo de IoT e, quanto antes enfrentados, maior a probabilidade de uma integração amigável ao ecossistema de outros dispositivos e, sobretudo, de pessoas.

A regulação da tecnologia, impulsionando pautas tangentes à ética e à transparência, não limitando o processo inovador, mas pondo-o em conformidade com valores sociais e humanos, configura etapa primordial ao desenvolvimento da sociedade. A proteção de dados pessoais deve assumir a dianteira deste novo

ecossistema, visto caminharmos um cenário *pansensível*, sensorial, de processamento de informações pessoais. Sendo assim, a manifestação da vontade e o consentimento devem estar nas bases do desenho de cidades inteligentes.

Bons modelos de governança, participativas, com a cooperação igualitária dos setores de interesse ao desenvolvimento da Internet, de roupagem multissetorial, parecem ser o caminho a ser percorrido, integrando as cidades inteligentes à dimensão global e transfronteiriça da Internet. Assim, o desenvolvimento de infraestruturas, inovações tecnológicas, políticas públicas e padrões de segurança podem percorrer um horizonte com a assistência de meios para garantir direitos fundamentais, promovendo uma experiência segura e inclusiva na Internet e nas cidades.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J; RAINIE, L. The Internet of Things Will Thrive by 2025. Pew Research Center: Internet & Technology, maio de 2014. Disponível em <http://www.pewinternet.org/2014/05/14/internet-of-things/>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

ASHTON, Kevin. **The “Internet of Things” Thing**. RFID Journal. J junho de 2009. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

BANISAR, D; GUILLEMIN, G; BLANCO, M. **Proteção de Dados Pessoais no Brasil: Análise dos Projetos de Lei em Tramitação no Congresso Nacional**. Article 19. Novembro de 2016. Disponível em https://docs.google.com/document/d/1d_j3IP5NUy-1LfUKr_ia6KT9o7mz9ntQYqjKLPP7zpo/edit. Acesso em 31 de janeiro de 2018

BIONI, Bruno. **Expansão do Wi-Fi público às “custas” de dados pessoais: O caso de SP e a necessidade de avançar em políticas municipais de proteção dos dados pessoais**. 2017. Disponível em <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/agenda-da-privacidade-e-da-protacao-de-dados/expansao-do-wi-fi-publico-as-custas-de-dados-pessoais-17072017>. Acesso em 29 de janeiro de 2018.

BIONI, Bruno. **Xeque-Mate: O Tripé da Proteção de Dados Pessoais no Jogo de Xadrez das Iniciativas Legislativas no Brasil**. GPoPAI – Grupo de Pesquisa em Políticas Públicas para o Acesso à Informação. São Paulo: setembro de 2015.

CARAGLIU, A; NIJKAMP, P. **Smart cities in Europe**. 3rd Central European Conference in Regional Science – CERS, pág 45-59, 2009.

CISCO. **Case Study: City of Copenhagen**. CISCO Website. Disponível em <https://www.cisco.com/c/en/us/about/case-studies-customer-success-stories/copenhagen.html>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei nº 4060/2012**. Disponível em http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra%3Bjsessionid=760B5D6AD84435C695BF7614B6781D39.proposicoesWebExterno2?codteor=1001750&filename=PL+4060/2012. Acesso em 31 de janeiro de 2018

DANTAS, T; DANTAS, D. **Doria oferece dados de usuários do Bilhete Único à iniciativa privada**. In: O Globo. 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/doria-oferece-dados-de-usuarios-do-bilhete-unico-iniciativa-privada-20942133#ixzz55oTMcwZd>>. Acesso em 30 de janeiro de 2018.

DATOO, Siraj. **This Recycling Bin is Following You**. Quartz. Agosto de 2013. Disponível em <https://qz.com/112873/this-recycling-bin-is-following-you/>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

DONEDA, Danilo. **A Proteção de Dados Pessoas Como um Direito Fundamental**. Espaço Jurídico. Joaçaba: 2011.

DONEDA, Danilo. **Da privacidade à proteção de dados pessoais**. Renovar, Rio de Janeiro, pág 1-410, 2006.

DONEDA, Danilo *apud* CONVERGÊNCIA DIGITAL. **Avanço Tecnológico Muda o Conceito de Dados Anônimos ou Sensíveis**. Convergência Digital. Setembro de 2016. Disponível em <http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&inford=43500&sid=4>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

EVANS, Dave. **The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything**. In: Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/loT_IBSG_0411FINAL.pdf. Acesso em 11 de janeiro de 2018.

FALTAY, Paulo. **Paranoia e Tecnologia: As ilustrações James Tilly Matthews e Jakob Mohr**. MediaLab UFRJ 2018. Disponível em <http://medialabufrj.net/blog/2018/08/dobras14-paranoia-e-tecnologia-as-ilustracoes-de-james-tilly-matthews-e-jakob-mohr/>. Acesso em 08 de agosto de 2019.

Federal Trade Commission. **Data Brokers: a Call for Transparency and Accountability**. Federal Trade Commission, 2014. Disponível em <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/data-brokers-call-transparency-accountability-report-federal-trade-commission-may-2014/140527databrokerreport.pdf>. Acesso em 07 de agosto de 2019.

Federal Trade Commission. Internet of Things: Privacy and Security in a Connected World. FTC Staff Report. Janeiro de 2015. Disponível em: <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/federal-trade-commission-staff-report-november-2013-workshop-entitled-internet-things-privacy/150127iotrpt.pdf>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

FINCH, K; TENE, O. **Welcome to the Metropticon: Privacy in a Hyperconnected Town**. Fordham Urban Law Journal, nº 5, 1681-1615, abr. 2015.

FROLIC STUDIO. IOT Design Manifesto. Maio de 2015. Disponível em <https://www.iamanifesto.com/wp-content/themes/Manifesto/Manifesto.pdf>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

FUSTER, G; SCHERRER, A. **Big Data and Smart Devices and Their Impact on Privacy**. European Parliament – Directorate General For Internet Policies. 2015. Disponível em [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/536455/IPOL_STU\(2015\)536455_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/536455/IPOL_STU(2015)536455_EN.pdf). Acesso em 31 de janeiro de 2018

GIFFINGER, R *et al.* **Smart cities: Ranking of European medium-sized cities**. Centre of Regional Science, Vienna: outubro de 2007

HERTSGAARD, Mark. How the Pentagon Punished the NSA Whistleblowers. The Guardian. Maio de 2016. Disponível em <https://www.theguardian.com/us-news/2016/may/22/how-pentagon-punished-nsa-whistleblowers>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

IBM. Smart Cities: New Cognitive Approaches to long-standing challenges. IBM Website. Disponível em https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/index.html. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

JACOBS, Jane. Morte e Vida de Grandes Cidades. 3ª Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011, pág 64.

MARKETS AND MARKETS. **Smart Cities Market worth 1,201.69 Billion USD by 2022**. Markets and Markets Website. Disponível em <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/smart-cities.asp>.

Acesso em 31 de janeiro de 2018.

MURDOCK, Jason. **This is how China uses mass surveillance and big data to curb social unrest.** Business Insider. Abril de 2016. Disponível em <http://uk.businessinsider.com/china-uses-mass-surveillance-to-curb-unrest-2016-4?r=US&IR=T>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

NETMUNDIAL. **Declaração Multissetorial de São Paulo (NETmundial). Global Multistakeholder Meeting on the Future of Internet Governance.** Abril de 2014. Disponível em https://www.cgi.br/media/docs/publicacoes/4/Documento_NETmundial_pt.pdf. Acesso em 31 de janeiro de 2018

PRIVACY INTERNATIONAL. **Case Study: Smart Cities and Our Brave New World.** Privacy International Website. Disponível em <https://privacyinternational.org/node/30>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

PRIVACY INTERNATIONAL. **Smart Cities.** Privacy International Website. Disponível em <https://privacyinternational.org/topics/smart-cities>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

RE, C. *et al.* **Extracting Databases from Dark Data with DeepDive.** SIGMOD. São Francisco: Junho de 2016.

ROTHMAN, Joshua. **Takes: The N.S.A.'s Surveillance Programs.** New Yorker. Junho de 2013. Disponível em <https://www.newyorker.com/books/double-take/takes-the-n-s-a-s-surveillance-programs>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

SCHNEIER, Bruce. **How we sold our souls – and more – to the giants. Schneier on Security,** 2015. Disponível em https://www.schneier.com/essays/archives/2015/05/how_we_sold_our_soul.html. Acesso em 02/10/2017.

SETO, Guilherme. **‘Pré-candidato’, Doria vê privatizações de São Paulo como exemplo ao Brasil.** Folha de S. Paulo. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/10/1924386-pre-candidato-doria-ve-privatizacoes-de-sao-paulo-como-exemplo-ao-brasil.shtml>. Acesso em 30 de janeiro de 2018.

SIDEWALK LABS. **Sidewalk Labs is Reimagining Cities to Improve Quality of Life.** Sidewalk Labs Website. Disponível em <https://www.sidewalklabs.com/>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

SOLOVE, Daniel. **A Taxonomy of Privacy.** University of Pennsylvania Law Review. Janeiro de 2006. Disponível em [https://www.law.upenn.edu/journals/lawreview/articles/volume154/issue3/Solove154U.Pa.L.Rev.477\(2006\).pdf](https://www.law.upenn.edu/journals/lawreview/articles/volume154/issue3/Solove154U.Pa.L.Rev.477(2006).pdf). Acesso em 31 de janeiro de 2018.

WATTS, J; PURNELL, N. **Singapore Is Taking the ‘Smart City’ to a Whole New Level.** The Wall Street Journal. Abril de 2014. Disponível em <https://www.wsj.com/articles/singapore-is-taking-the-smart-city-to-a-whole-new-level-1461550026>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

WEISER, Mark. **The Computer for the 21st Century.** ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review - Special issue dedicated to Mark Weiser, New York, Volume 3, 1999. Disponível em: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

WESTIN, Alan. **Privacy and Freedom.** Washington and Lee Law Review. Janeiro de 1968. Disponível em <https://scholarlycommons.law.wlu.edu/wlulr/vol25/iss1/20/>. Acesso em 31 de janeiro de 2018.

WORKING GROUP ON INTERNET GOVERNANCE. **Report of the Working Group on Internet Governance.** Junho de 20. Disponível em <http://www.wgig.org/docs/WGIGREPORT.pdf>. Acesso em 31 de janeiro de 2018

WSIS Civil Society Plenary. **“Shaping Information Societies for Human Needs”:** Civil Society

Declaration to the World Summit on the Information Society. 2003. Disponível em <https://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/civil-society-declaration.pdf>. Acesso em 30 de janeiro de 2018.

ZANATTA, Rafael. **Internet das Coisas: Privacidade e Segurança na Perspectiva dos Consumidores.** IDEC. 2017. Disponível em https://www.idec.org.br/ckfinder/userfiles/files/Contribuic%C3%A7%C3%A3o%20Pu%C3%Blica_%20IdeC_%2006022017.pdf. Acesso em 31 de janeiro de 2018

ZUBOFF, Shoshana. Big Other: Surveillance capitalism and the prospects of an information civilization. **Journal of Information Technology**, nº 30, Cambridge, abr. 2015.

ROBÔ AUTÔNOMO SEGUIDOR DE LINHA PARA AUXÍLIO RESIDENCIAL

Gabriel Paiva Magalhães

Instituto Nacional de Telecomunicações
-Inatelgabrielpaiva@gea.inatel.br

Wesley Miguel Dos Santos Peixoto

Instituto Nacional de Telecomunicações
-Inatelwesleymiguel@get.inatel.br

RESUMO: Neste artigo é descrito a construção de um robô autônomo seguidor de linha, utilizando recursos da biblioteca OpenCV (Open Source Computer Vision Library), que navegasse por ambientes residenciais fazendo a leitura de QRcodes para se localizar, auxiliando assim as pessoas em suas tarefas diárias. Para o controle das atividades do robô foi desenvolvido um aplicativo onde o usuário pode controlar o robô para qual cômodo o mesmo deve ir para realizar determinada atividade, através do aplicativo o usuário tem a opção de executar tanto comandos de voz quanto pressionando botões do aplicativo para enviar comandos ao robô. Dentro do aplicativo o usuário ainda possui a opção de saber em qual cômodo o robô está no momento, o aplicativo ainda mostra a trajetória do robô se o mesmo estiver sendo deslocado de um local para o outro.

PALAVRAS-CHAVE: Robô autônomo. Seguidor de linha. *OpenCV*.

ABSTRACT: In this paper we describe the construction of an autonomous line follower robot, using resources from the OpenCV (Open Source Computer Vision Library) library, which navigated through residential environments reading QRcodes to locate, thus helping people in their daily tasks. To control the activities of the robot was developed an application where the user can control the robot to which room the same should go to perform a certain activity, through the application the user has the options to execute both voice commands and pressing application buttons to send commands to the robot, inside the application the user still has the option to know in which room the robot is at the moment, the application still shows the trajectory of the robot if the robot is being moved from one place to the other.

KEYWORDS: Autonomous robot. Line Follower. OpenCV.

1 | INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico atual, grandes empresas do mundo inteiro investem de maneira intensa na tecnologia dos robôs autônomos. Com o avanço das tecnologias no campo do *IoT* (*Internet of things*), *Machine Learning*, *Deep Learning* diversas empresas buscam desenvolver tecnologias que execute tarefas diárias com o intuito de facilitar o dia

a dia de das pessoas, um exemplo disso é o Google, uma das maiores empresas do mundo que busca constantemente desenvolver novas tecnologias no campo da robótica autônoma, tendo como principal exemplo o seu próprio carro autônomo.



Fig. 1. Waymo, carro autônomo do Google.

O Japão e os Estados Unidos são os países que mais investem nesta tecnologia, do Japão podemos citar a gigante *softBank* que comprou da google a *Boston Dynamics* uma gigante na robótica atualmente e dos EUA podemos citar a amazon que cada vez mais investe nessa tecnologia.

Este artigo irá apresentar o desenvolvimento de um robô autônomo utilizando as tecnologias atuais de visão computacional e controle de sistemas dinâmicos, buscando aprofundar nesse tema foi desenvolvido o projeto robô autônomo seguidor de linha para auxílio residencial que tem como objetivo auxiliar nas tarefas do dia a dia. Para o processamento de imagem foi utilizado da biblioteca *OpenCV (Open Source Computer Vision Library)*, a mesma foi desenvolvida pela Intel no ano de 2000 para uso comercial e acadêmico na área de visão computacional, o controle de velocidade e curvas do projeto é modelado através de um sistema dinâmico onde foi usado um algoritmo de controle PID(Proporcional Integrativo Derivativo), para a suavização do controle de velocidade.

2 | UTILIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE UM ROBÔ SEGUIDOR DE LINHA QUE UTILIZA PROCESSAMENTO DE IMAGENS

A. Utilização

Atualmente essa tecnologia é muito utilizada para orientação de robôs, pois permite que com o processamento de imagem seja identificado cores e diferentes formas, por exemplo o projeto abordado neste artigo é utilizado uma linha no chão e a partir desta é tomada uma referência para o robô seguir.

B. Características

Pode-se definir o processamento de imagens como um conjunto de métodos e técnicas capazes de transformar imagens de forma que estas tornem-se mais adequadas a visão humana ou análise computacional, para exemplificar este processo

do robô segue o diagrama em blocos:

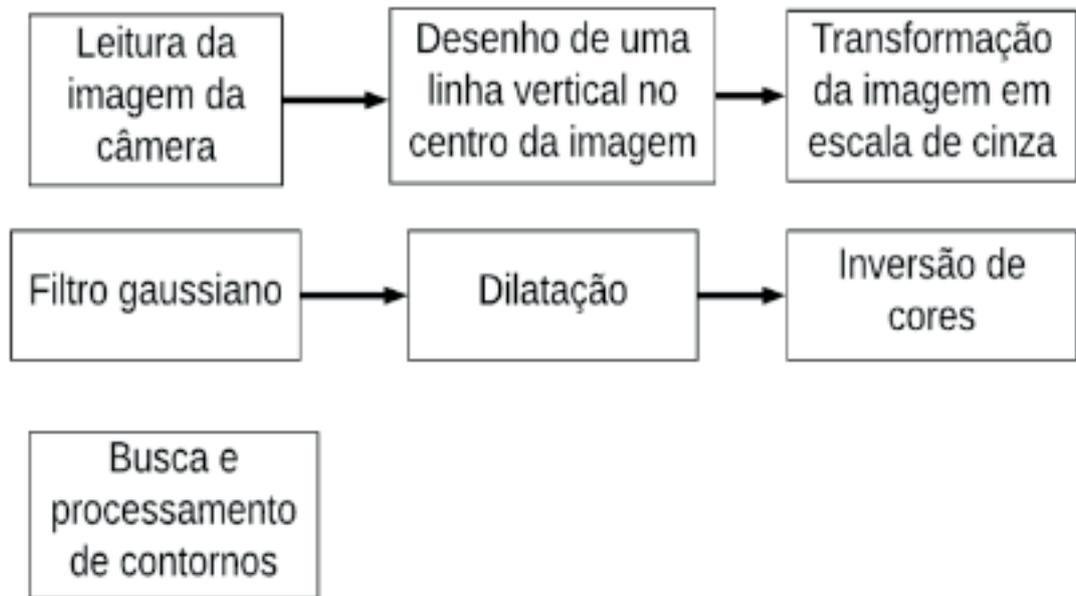


Fig. 2. Diagrama do funcionamento do processamento de imagem

Como mostra o diagrama o primeiro passo é fazer a leitura da imagem, logo após a imagem é transformada em tons de cinza e se utiliza alguns filtros afim de remover os ruídos que impedem a localização dos contornos necessários para a navegação do robô seguidor de linha. Por fim este reconhece a linha de referência e calcula a distância desta para movimentar os motores.

B.1. Leitura da imagem da câmera

Por definição, uma imagem é uma representação, reprodução ou imitação da forma de uma pessoa ou de um objeto. Esta imagem é capturada por uma câmera, um instrumento ótico que tem como finalidade obter informações de elementos externos sem ter contato com eles, e neste contexto esta imagem é formada por vários pixels, onde pixel é um ponto luminoso do monitor que, juntamente com outros carregam características do objeto capturado. A câmera do robô adquire frames que são processados individualmente pelo algoritmo de processamento. É importante notar que devido à baixa capacidade de processamento do microcontrolador usado, neste caso uma Raspberry Pi 3, modelo B, a resolução da imagem foi reduzida para 160x140 pixels.

B.2. Desenho de uma linha vertical no centro da imagem

Utilizando como referência do posicionamento do robô foi desenhada uma linha de referência, se a linha desenhada estiver em cima da linha real no chão, o robô está andando em cima da linha-guia.

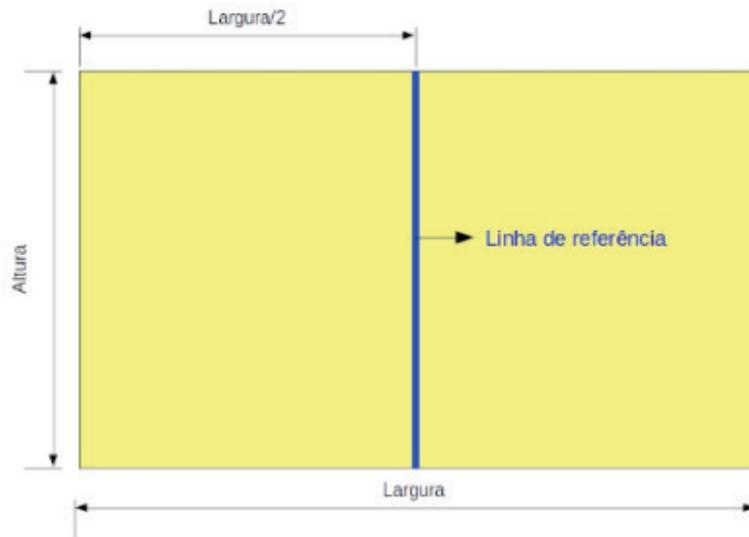


Fig.3.Linha de referencia

Caso contrário, precisará ir para a esquerda ou para direita, dependendo do posicionamento relativo entre as linhas.



Fig.4.linha-guia (linha real no chão, em preto) a direita da linha de referência (em azul)



Fig.5.linha-guia (linha real no chão, em preto) a esquerda da linha de referência (em azul)

B.3. Transformação para escala de cinza

A primeira etapa do processamento de imagem é a transformação para tons de cinza, essa etapa é executada com o objetivo de reduzir a quantidade de informações a serem processadas. As imagens em tons de cinza apesar de conter menos informações, mantém as características mais importantes dos objetos ou regiões de interesse, tais como bordas, regiões, manchas e junções.

B.4. Filtro Gaussiano

O filtro Gaussiano é um filtro linear, passa-baixas, ou seja, é um filtro que deixa passar somente as frequências mais baixas na imagem, logo o resultado é a suavização da imagem, e principalmente utilizado para prevenir mudanças de cor e reflexos na imagem. Sua aplicação com a biblioteca *OpenCV* é utilizando o comando *GaussianBlur*.

B.5.. Dilatação da imagem

Em algumas imagens podem ocorrer pequenos “Buracos” os mesmos consistem de pixels sem informação muitas vezes deformando a imagem. No processo de dilatação de uma imagem, o objeto de interesse se torna maior do que era inicialmente. O algoritmo do processo de dilatação consiste em sobrepor os pixels vazios próximos ao objeto a ser destacado, ao fim desse processo a o objeto a ser destacado se tornará consistente e sem pixels vazios. A função *dilate*, biblioteca *OpenCV*, possibilita a execução desta operação.



Fig.6.Imagem original



Fig.7.Imagem dilatada

B.6. Inversão de cores

Neste ponto, a linha detectada deve estar na cor preta e o restante da imagem na cor branca. Como a etapa seguinte (busca e processamento de contornos) considera uma massa de pixels branca como contorno fechado, é realizada aqui a inversão de cores da imagem (desta forma, a linha passará a ser branca e, portanto, detectável como contorno).



Fig. 8. Imagem processada antes da inversão de cores

A partir desse momento a próxima etapa considera uma linha consistente branca um contorno fechado, sendo assim é feita inversão das cores da imagem para encontrar a linha de referência.



Fig. 9. Imagem processada depois da inversão de cores

B.7. Busca e processamento de contornos

Para encontrar a linha de referência foi utilizado uma técnica chamada *findcontours* do *Opencv*, essa função extrai informações de alta frequência da imagem, os contornos, e pela aproximação do contorno esperado encontra-se a linha de referência. Em seguida, obtêm-se o centro de uma área retangular capaz de “englobar” todo o contorno da linha que foi detectado, este centro recebe o nome de centroide.

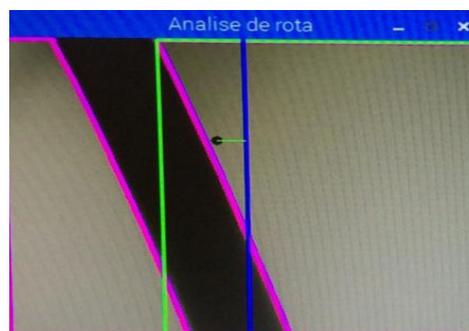


Fig. 10. Análise de rota

Se o centroide do contorno da linha-guia estiver à esquerda da linha azul desenhada no frame (conforme especificado no item B.2 do processamento de imagens), o robô deve se mover para a esquerda.

Se o centroide do contorno da linha-guia estiver à direita da linha azul desenhada

no frame (conforme especificado no item B.2 do processamento de imagens), o robô deve se mover para a direita.

Se nenhuma linha for “vista”, considera-se que é fim de curso e o robô para de se mover.

3 | ESTRUTURA

O robô possui uma estrutura feita de acrílico transparente que serve como base para sua bateria e os microcontroladores uma estrutura reforçada para suportar o acoplamento dos motores, o projeto foi desenvolvido com apenas três rodas, duas delas na parte dianteira com motores onde é aplicado o algoritmo do PID e é feito o controle de velocidade, a terceira roda localizada na parte traseira é uma roda com o eixo móvel para dar estabilidade e acompanhar o movimento das rodas dianteiras.



Fig. 11. Estrutura

4 | HARDWARE

A. *Raspberry pi*

Raspberry pi são computadores de placa única de tamanho reduzido, esses computadores possuem alta capacidade de processamento com processador *Quad Core* de 1.4GHZ, 1GB de memória e entradas e saídas *USB* e *HTMI*.

Como a *Raspberry* possui uma alta velocidade de processamento e compatibilidade com diversas *Webcam's* proveniente da entrada *USB*, no projeto a mesma foi utilizada para fazer o processamento de imagem recebendo assim grandes quantidades de informações e também fazendo todo o processamento de imagem.



Fig. 12. *Raspberry pi 3, modelo B*

B. *Arduino uno*

O *Arduino uno* é uma placa de microcontrolador para fins acadêmicos, baseada no Microchip ATmega328P, a placa possui IDE própria com diversas bibliotecas para o auxílio em projetos.

Como o *Arduino* já possui algumas bibliotecas para o uso de controle PID em motores, foi utilizado o mesmo para receber as informações via portal serial da *Raspberry* e através das informações recebidas de direção aplicar um algoritmo PID para controle dos motores.



Fig. 13. *Arduino uno*

5 | SOFTWARE

A. *Movimentação*

Para a movimentação do robô foi usado um algoritmo de PID de uma biblioteca própria do *arduino*, onde através do código é feito a compensação entre os dois motores fazendo com que o mesmo ande suavemente em qualquer tipo de trecho independente da curvatura.

O algoritmo usado recebe todas a informações de direção que ele deve tomar, através dos comandos enviados pela serial da *Raspberry*.

B. *IDEs e Bibliotecas*

Para o desenvolvimento no *Arduino Uno*:

- *IDE Arduino 1.8.1*
- *Biblioteca PID*

Para o desenvolvimento do programa na *Raspberry*:

- *Python 3.6.0*

- *Biblioteca Opencv*
- *Biblioteca Serial*
- *IDE Thonny*

6 | CONCLUSÕES

Ao final deste artigo podemos concluir, que o objetivo apresentando inicialmente, a construção de um robô autônomo seguidor de linha para o auxílio residencial, foi desenvolvido com sucesso, todos os processos desde o processamento de imagem ao controle físico dos motores funcionaram com êxito. Para tais conclusões foram realizados diversos estudos na área de visão computacional, controle de sistema dinâmicos de diversas ordens e pesquisas de componentes e estruturas para melhor favorecer o projeto em todos seus aspectos, também foram realizados diversos teste práticos com filtros e técnicas de processamentos de imagem para alcançar o melhor resultado de acordo com a limitações de qualidade de imagem devido a câmera possuída pelos autores, o mesmo feito para o controle PID utilizado para a movimentação do projeto foram realizados teste com algoritmos de controles diversos afim de conseguir os melhores resultados de controle. Por fim conclui-se que foi desenvolvido um robô com estrutura mecânica e algoritmos eficazes para navegação autônoma.

REFERÊNCIAS

Rodrigues, Diogo Pereira. “Técnicas de Navegação”. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Gary Bradski, Adrian Kaehler.2008. Learning Open CV.

Joseph Howse.2013. OpenCV Computer Vision with Python.

OpenCV-Python Tutorials. Disponível em: https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_tutorials.html

Robô seguidor de linha. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/robo-seguidor-de-linha-pi-zero-w-opencv/>

Felipe Bareli. 2013. Introdução a visão computacional

ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING APLICADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE GÊNERO POR MEIO DE FREQUÊNCIA DE VOZ

Maicon Facco

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Daíse dos Santos Vargas

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Marcos Antônio de Azevedo de Campos

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Cleber Bisognin

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

MACHINE LEARNING ALGORITHMS APPLIED IN GENDER IDENTIFICATION BY VOICE FREQUENCY

ABSTRACT: *Machine learning* techniques are widely applied in the most diverse areas. Through such techniques, it is possible to identify a person's gender through the frequency of his voice. Five supervised learning techniques were applied to 3000 voice frequency data aiming to select the model with the best performance in gender classification. The model selected was the Support Vector Machine (SVM), with an average accuracy of 97.71% of correct answers. **KEYWORDS:** Machine Learning, gender, voice.

RESUMO: Técnicas de machine learning são amplamente aplicadas nas mais diversas áreas. Por meio de tais técnicas, é possível identificar o gênero de uma pessoa por meio da frequência de sua voz. Foram aplicadas 5 técnicas de aprendizado supervisionado em 3000 dados de frequência de voz objetivando selecionar o modelo com melhor desempenho na classificação de gênero. O modelo selecionado foi o *Support Vector Machine* (SVM), com uma precisão média de 97,71% de acertos nas classificações.

PALAVRAS-CHAVE: Machine learning, gênero, voz.

1 | INTRODUÇÃO

Machine Learning (Aprendizado de Máquina) permite que computadores tomem decisões a partir da ajuda de algoritmos que reconhecem padrões e tornam-se capazes de fazer previsões. Um exemplo de previsão seria uma máquina poder classificar um objeto de acordo com informações armazenadas em sua memória, sejam imagens com cores, imagens de vários ângulos, formas, etc., ou seja, com base em padrões de dados pré-fixados. *Machine Learning* é uma área de grande importância ligada a Inteligência Artificial (IA) pois, segundo Batista (2003), a capacidade de

aprender é necessária para um comportamento inteligente. Mitchel (1997) afirma que a área de *Machine Learning* estuda métodos computacionais visando adquirir novos conhecimentos e habilidades, assim como novos meios de organizar o conhecimento existente.

A ideia principal seria de que uma máquina deveria aprender com seus erros. Se uma máquina pudesse “observar” determinada ocorrência, deveria ser capaz de armazenar aquela informação determinando um desfecho para ela. Quando observada uma situação que não se assemelha com a mesma ocorrência, a máquina deveria identificar que esta não faz parte das ocorrências similares a que foi observada anteriormente.

É possível, por meio de generalizações e especificações, criar algoritmos que induzam uma hipótese cujo conceito é consistente com todos os exemplos. Muitos algoritmos de *Machine Learning* utilizam operações de generalização e especificação para criar hipóteses a partir de exemplos. Segundo interpretação da definição de Bratko (1990), uma hipótese somente pode ser útil se puder ser utilizada no reconhecimento correto de exemplos além dos utilizados na indução da hipótese.

Além de tomar decisões, pode fazer uso de algoritmos para fazer previsões nas mais diversas áreas, como por exemplo, na bolsa de valores, ou na previsão da ocorrência de uma determinada doença baseado nos históricos de saúde de pacientes que já sofreram da mesma, ou até mesmo realizar a previsão do gênero de uma pessoa baseado na frequência da voz do indivíduo, que é o foco deste trabalho.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistemas de aprendizado

A partir de dados fornecidos por um processo externo é que o aprendizado é efetuado. Sendo assim, no contexto de *Machine Learning*, a máquina programada toma decisões baseada em experiências acumuladas contidas em casos resolvidos com sucesso (WEISS & KULIKOWSKI, 1991). Conforme Monard & Baranauskas (2003), existem dois principais tipos de aprendizado de máquina: aprendizado supervisionado e aprendizado não supervisionado. Para a realização neste trabalho foi usada a aprendizagem supervisionada.

2.1.1 Aprendizado supervisionado

No aprendizado supervisionado é informado ao sistema computacional (sistema de aprendizado) um conjunto de dados $\mathbf{D} = (D_1, D_2, \dots, D_n)$, onde cada dado $D_i \in \mathbf{D}$, para $i = 1, \dots, n$, possui uma classificação associada. Essa classificação define qual a classe que o dado pertence. Ou seja,

$$D = \left((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n) \right),$$

onde $D_i = (x_i, y_i)$, no qual x_i é um vetor de valores que representam os atributos do dado D_i e y_i é o valor da classe desse dado. O objetivo deste tipo de aprendizado é induzir um mapeamento geral dos vetores x para os valores y . A partir disso, o objetivo é construir um modelo $y = g(x)$ que permite prever valores y para dados previamente não observados. Mas na realidade, o aprendizado supervisionado não é capaz de construir com exatidão tal função g , mas sim uma função aproximada de g , pois o número de dados normalmente não é suficiente para caracterizar esta função.

Em outras palavras, de posse de um banco de dados rotulados, já se sabe qual é a saída correta e que esta deve ser semelhante ao banco, demonstrando uma relação entre a entrada e a saída. Enquadram-se aqui os problemas de regressão e classificação. Em problemas de regressão, tenta-se prever os resultados em uma saída contínua, ou seja, há um mapeamento para alguma função contínua. Já nos problemas de classificação, a previsão é focada na previsão de resultados em saídas discretas, ou seja, há um mapeamento de variáveis de entrada em categorias distintas.

2.2 Machine learning para dados de classificação

Um grande problema no *Machine Learning* (aprendizado de máquina) é referente à classificação. Segundo Izbicki, trata-se de um problema muito parecido com o de fazer previsões em regressão.

Dada uma amostra $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n) \sim (X, Y)$, o objetivo do Machine Learning é elaborar uma função $g(x)$ que possa ser utilizada para fazer previsão de novas observações $(X_{m+1}, Y_{m+1}), (X_{m+2}, Y_{m+2}), \dots, (X_n, Y_n)$, ou seja, queremos elaborar uma função tal que $g(x_{m+1}) \approx y_{m+1}, g(x_{m+2}) \approx y_{m+2}, \dots, g(x_n) \approx y_n$. Aqui o problema é que a variável resposta Y é qualitativa, tornando-se assim um problema de classificação, ao contrário dos problemas de regressão, nos quais a variável resposta é quantitativa.

O estudo de regressão para variável resposta quantitativa baseia-se em uma função $R(g(x)) = E[(Y - g(X))^2]$, denominada função de risco. Quando se trata de variáveis qualitativas, esta função de risco já não faz mais sentido, visto que agora a variável resposta é qualitativa, ou seja, não se aplica a um problema de classificação.

Para esse tipo de problema, sugere-se como função de risco

$$R(g(x)) = E[I(Y \neq g(X))] = P(Y \neq g(X)),$$

ou seja, a probabilidade de erro em uma nova observação (X, Y) , onde $I(Y \neq g(X))$ é a função indicadora, também conhecida como função de perda 0-1.

A melhor função classificadora $g(x)$ segundo a função de risco $R(g)$ é dada por

$$g(\mathbf{x}) = \arg \max_{d \in \mathcal{C}} P(Y = d|\mathbf{x}),$$

onde \mathcal{C} é um conjunto de valores de classificação e d um valor qualquer de \mathcal{C} . Em outras palavras, deve-se classificar x como sendo da classe com maior probabilidade a posteriori. A função classificadora $g(x)$ é também conhecida como classificador de Bayes.

Neste trabalho faz-se uso de validação cruzada para estimar o risco dos métodos de classificação. O banco de dados deve ser dividido aleatoriamente em três partes: treinamento, validação e teste. Preferencialmente a parte do banco de dados direcionada ao treinamento e validação deve ser de s ou m , e a parte do banco de dados direcionada ao teste de $m-s$ ou n , embora possa ser dividido em outros tamanhos.

A divisão do banco de dados deve ser feita aleatoriamente, conforme verifica-se abaixo, por exemplo, em uma amostra de tamanho n :

$$\begin{array}{c} \text{Treinamento e validação (70\%)} \\ \hline \begin{array}{ccc} \text{Treinamento (70\%)} & \text{Validação (30\%)} & \text{Teste (30\%)} \\ \hline (\mathbf{X}_1, Y_1), \dots, (\mathbf{X}_s, Y_s), & (\mathbf{X}_{s+1}, Y_{s+1}), \dots, (\mathbf{X}_m, Y_m), & (\mathbf{X}_{m+1}, Y_{m+1}), \dots, (\mathbf{X}_n, Y_n) \end{array} \end{array}$$

Para fazer a avaliação de modelos, ao se tomar uma decisão sobre qual apresenta o melhor desempenho, é necessário avaliar acertos e/ou erros em exemplos fora do conjunto de treinamento, ou seja, no conjunto de testes. A importância de se avaliar um modelo é verificar se ele é bom o suficiente para ser útil e se seu desempenho é mais satisfatório que o de outros modelos.

Usa-se o conjunto de treinamento para estimar a função classificadora $g(x)$ e usa-se o conjunto de validação para estimar $R(g(x))$ através da fórmula

$$\hat{R}(g(\mathbf{x})) := \frac{1}{m-s} \sum_{i=s+1}^m I(Y_i \neq g(\mathbf{X}_i)),$$

ou seja, avaliar a proporção de erros no conjunto de validação. Em outras palavras, utiliza-se o conjunto de treinamento para fazer a aprendizagem do algoritmo e o conjunto de validação para estimar os parâmetros do modelo. Depois do algoritmo ser treinado, avalia-se sua generalização sobre o conjunto de testes.

Com o intuito de calcular o desempenho médio de um modelo é necessário repetir o processo de treinamento k vezes para se estimar distintos parâmetros através de taxa de acerto médio e variância, e isto pode ser feito através de métodos de validação cruzada, sendo usado neste trabalho o método *k-fold cross validation*, conforme apresentado na seção a seguir.

2.3 Método de validação cruzada *k-fold*

O método de validação cruzada *k-fold* consiste em particionar o conjunto de dados de treinamento e validação de tamanho m em k subconjuntos mutuamente exclusivos (ou seja, cada subconjunto terá um tamanho de m/k , e posteriormente, o uso de $k - 1$ subconjuntos para a estimação dos parâmetros do modelo (dados de treinamento), fazendo-se o cálculo da acurácia do modelo, sendo o subconjunto restante (dados de validação ou de teste) empregados na validação do modelo. O algoritmo é treinado k vezes, cada vez com um conjunto de dados diferente sendo deixado de fora para a realização da validação. Após, estima-se o desempenho por meio do erro médio ou taxa de acerto média sobre os k conjuntos de validação.

2.4 Medidas de performance

Por vezes, a função de risco $R(g(\mathbf{x})) = E[I(Y \neq g(\mathbf{X}))] = P(Y \neq g(\mathbf{X}))$ não traz toda a informação sobre a razoabilidade de g . Para evitar este tipo de problema, é comum gerar juntamente ao modelo escolhido na fase de treinamento e validação as chamadas matrizes de confusão.

De acordo com (PRIDA, 2015), uma matriz de confusão é uma forma de representação da qualidade obtida em um modelo, sendo expressa por meio da correlação de informações dos dados de referência com os dados classificados.

Suponha a matriz de confusão abaixo 2×2 , onde V indica verdadeiro, F indica falso, P indica positivo (classificação concordante) e N indica negativo (classificação discordante).

	Valor Verdadeiro	
Valor Predito	$Y=0$	$Y=1$
$Y=0$	VN	FN
$Y=1$	FP	VP

Baseado na matriz acima, são definidas algumas medidas relacionadas aos modelos usados para Machine Learning, a saber:

- Sensibilidade: $S = VP/(VP + FN)$;
- Especificidade: $E = VN/(VN + FP)$;
- Valor Preditivo Positivo: $VPP = VP/(VP + FP)$;
- Valor Preditivo Negativo: $VPN = VN/(VN + FN)$.

Uma outra medida comum nos modelos de *Machine Learning* é a denominada Acurácia ou Precisão. Tal medida é simplesmente a proporção de dados que foram classificados corretamente em toda a matriz de confusão. É muito útil na seleção de melhores modelos de classificação para determinadas variáveis quando estes estão

sendo comparados.

Também há um outro coeficiente denominado coeficiente Kappa, e é uma das variáveis que podem ser quantificadas após construir a matriz de confusão, sendo um índice que retrata o grau de concordância dos dados, gerando, assim, um aspecto de confiabilidade e precisão dos dados classificados (PERROCA e GAIDZINSKI, 2003). O valor do coeficiente Kappa varia no intervalo [0, 1], sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a qualidade das classificações dos dados.

2.5 ALGUNS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO

Alguns métodos de classificação são baseados nos chamados classificadores plug-in. Tais classificadores consistem em estimar a quantidade $P(Y = c|\mathbf{x})$ e tomar como função classificadora $g(\mathbf{x}) = \arg \max_{c \in \mathcal{C}} \hat{P}(Y = c|\mathbf{x})$. Esta função classificadora conecta o estimador da probabilidade condicional na fórmula do classificador $g(\mathbf{x})$ ótimo. ou seja, o conceito consiste na criação de classificadores, o que é equivalente a estimar o valor de $P(Y = c|\mathbf{x})$.

2.5.1 ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR (LDA)

Assume-se na análise discriminante linear que cada distribuição condicional $\mathbf{X}|Y = c$ segue uma distribuição normal multivariada. As distribuições, embora possuam médias distintas, têm a mesma matriz de variância e covariância.

Assim,

$$f(\mathbf{x}|Y = c) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^d} |\Sigma|} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mu_c)'\Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\mu_c)}$$

A estimação dos parâmetros é feita através do método de máxima verossimilhança:

$$\hat{\mu}_c = \frac{1}{|\mathcal{C}_c|} \sum_{k \in \mathcal{C}_c} X_k; \hat{\Sigma} = \frac{1}{n} \sum_{c \in \mathcal{C}} \sum_{k \in \mathcal{C}_c} (\mathbf{x}_k - \hat{\mu}_c)(\mathbf{x}_k - \hat{\mu}_c)',$$

onde $\mathcal{C}_c = \{j = 1, \dots, n : Y_j = c\}$.

Constrói-se então o classificador plug-in através das estimativas de $\hat{f}(\mathbf{x}|Y = c)$ por meio de

$$g(\mathbf{x}) = \arg \max_{c \in \mathcal{C}} \hat{P}(Y = c|\mathbf{x}) = \arg \max_{c \in \mathcal{C}} \hat{f}(\mathbf{x}|Y = c)\hat{P}(Y = c).$$

No caso de classificações binárias (casos de “sim” ou “não”, “0” ou “1”), utiliza-se como regra de classificação a função $g(\mathbf{x})=1$, que é uma regra de decisão em um

hiperplano de \mathbb{R}^d . Isso vem do fato de que, após a realização de alguns cálculos,

$$\frac{\hat{P}(Y = 1|\mathbf{x})}{\hat{P}(Y = 0|\mathbf{x})} \geq L \Leftrightarrow \frac{\hat{f}(\mathbf{x}|Y = 1)\hat{P}(Y = 1)}{\hat{f}(\mathbf{x}|Y = 0)\hat{P}(Y = 0)} \geq L \geq \alpha\mathbf{x}' \geq L''.$$

onde L, L' e L'' são constantes.

2.5.2 SUPPORT VECTOR MACHINES(SVM)

Proposto por Cortes and Vapnik (1995), o support vector machine é um método de classificação que se diferencia de outros métodos principalmente porque em momento algum estimam-se as probabilidades $\hat{P}(Y = c|\mathbf{x})$.

Considere uma função linear $f(\mathbf{x}) := \beta_0 + \beta_1x_1 + \dots + \beta_dx_d$ e seja Y assumindo valores em um conjunto $\mathcal{C} = \{-1, 1\}$.

O classificador $g(\mathbf{x})$ dado pelo support vector machine é dado por

$$\begin{cases} g(\mathbf{x}) = -1, & \text{se } f(\mathbf{x}) < 0, \\ g(\mathbf{x}) = 1, & \text{se } f(\mathbf{x}) \geq 0. \end{cases}$$

Supõe-se que existe um hiperplano que separa perfeitamente as observações do conjunto de treinamento segundo sua classificação (classe à qual pertencem), ou seja, descreve-se a existência de uma função $f(\mathbf{x})$ linear tal que $f(\mathbf{x}_i) < 0$ se, e somente se, $y_i = -1$. Logo, para todo $i = 1, \dots, n$, $y_i(\beta_0 + \beta_1x_{i1} + \dots + \beta_dx_{id}) = y_if(\mathbf{x}_i) > 0$.

O SVM, na presença de muitos hiperplanos, busca por aquele que fica mais distante de todos os pontos observados. Se $f(\mathbf{x})$ separa perfeitamente os dados, tem-se que $|f(\mathbf{x})| = y_if(\mathbf{x}_i)$, dado que $|f(\mathbf{x})|$ é a distância do ponto \mathbf{x} à reta dada por $f(\mathbf{x})$. Ou seja, o SVM busca $f(\mathbf{x})$ tal que $y_if(\mathbf{x}_i)$ seja grande para todo \mathbf{x}_i , pois se $|f(\mathbf{x})|$ é muito alto, \mathbf{x} está muito longe do plano separador. Assim, caso haja um hiperplano que separa perfeitamente os dados, o SVM busca o hiperplano com coeficientes $\boldsymbol{\beta}$ tal que

$$(\boldsymbol{\beta}, M) = \arg \max_{\boldsymbol{\beta}, M} M$$

sujeito às restrições:

(i) $\sum_{i=1}^d \beta_i^2 = 1$ e

(ii) para todo $i = 1, \dots, n$, $y_if_{\boldsymbol{\beta}}(\mathbf{x}_i) \geq M(1 - \epsilon_i)$, em que $\epsilon_i > 0$ e $\sum_{i=1}^n \epsilon_i \leq C$

Enfatiza-se aqui que pode ser maior que um, permitindo assim que $y_if_{\boldsymbol{\beta}}(\mathbf{x}_i)$ seja negativo, o que significa que a i -ésima amostra pode cair no lado errado do hiperplano, ou seja, pode ser mudada sua classificação. C é conhecido como um tuning parameter, ou seja, quanto maior seu valor, maior a chance de cair no lado errado do hiperplano

as amostras têm, e é um limitante para as observações, além de sempre ser maior que ϵ_i .

2.5.3 MÉTODO DOS k VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS (k NN)

Um dos métodos mais populares no Machine Learning (BENEDETTI, 1977), o método dos k vizinhos mais próximos. Este método tem como base estimar a função de classificação $g(x)$ para uma dada configuração das covariáveis Y dos k -vizinhos mais próximos de x .

Define-se como classificador a função

$$g(x) = \text{moda}_{i \in \mathcal{N}_x} y_i,$$

em que \mathcal{N}_x é o conjunto das k -observações mais próximas de x , isto é,

$$\mathcal{N}_x = \{i \in \{1, \dots, n\}: d(x_i, x) \leq d_x^k\},$$

e d_x^k é a distância do k -ésimo vizinho mais próximo de x até x . Ou seja, busca-se entre as observações mais próximas do vetor de covariáveis x a classe mais frequente que foi observada.

2.5.4 ÁRVORES DE CLASSIFICAÇÃO E REGRESSÃO (CART)

Uma árvore cria uma partição do espaço das covariáveis em regiões distintas e disjuntas R_1, \dots, R_j . Sendo assim, a predição para a variável resposta Y de uma observação com covariáveis x que estão em R_k é dada por

$$g(x) = \text{moda}\{y_i: x_i \in R_k\},$$

ou seja, para realizar a classificação de x , observa-se a qual região pertence a observação x e, então, calcula-se a moda amostral do conjunto de treinamento que pertencem à essa região.

A criação de uma árvore de classificação é feita por meio de duas etapas. Na primeira, busca-se criar uma árvore de tal forma que leve a partições puras, partições onde os valores de Y nos conjuntos de treinamento em cada uma das folhas sejam homogêneos, construindo uma árvore completa e complexa; a segunda etapa é a poda da árvore, evitando assim um sobreajuste, que é quando um modelo estatístico se ajusta muito bem ao conjunto de dados, porém é ineficaz para previsão de novos resultados.

Na busca da melhor partição, busca-se minimizar o índice de Gini, dado por

$$\mathcal{P}(T) = \sum_R \sum_{c \in \mathcal{C}} \widehat{p}_{R,c} (1 - \widehat{p}_{R,c})$$

onde R é uma das regiões induzidas pela árvore e $\widehat{p}_{R,c}$ é a proporção de observações classificadas como sendo da categoria c entre as que caem na região R . A escolha do índice de Gini se dá por este ser mais sensível a mudanças nas proporções de cada categoria nos nós.

Obtém-se uma árvore pura quando o índice de Gini é mínimo, e isso ocorre quando todas as proporções são 0 ou 1. Sendo assim, a ocorrência de uma árvore pura significa que cada folha contém somente observações de uma única classe.

2.5.5 FLORESTAS ALEATÓRIAS (RF)

Esta abordagem consiste em criar árvores distintas e combinar seus resultados para melhorar as predições dadas pelas árvores individualmente. A ideia principal na criação de florestas aleatórias é modificar o método de criação das árvores de classificação para que elas se tornem diferentes umas das outras. Sendo assim, em cada passo é permitido que seja escolhida somente uma dentre $m < d$ covariáveis para ser utilizada em cada um dos nós da árvore, ao invés de decidir qual das d covariáveis será utilizada em cada um dos nós, onde as m covariáveis são escolhidas aleatoriamente dentre as covariáveis originais, e é sorteado um novo subconjunto de covariáveis a cada nó criado. O valor de m , segundo (IZBICKI) pode ser escolhido por meio do método de validação cruzada, mas geralmente é feito por meio da fórmula $m \approx \sqrt{d}$. O valor de m é mantido constante durante o processo de crescimento das árvores e cada árvore é “cultivada” em suas maiores extensões possíveis, não havendo poda em nenhum momento.

Para criar as B árvores distintas, utilizam-se B amostras bootstrap da amostra original. Para cada uma das amostras criadas, cria-se uma árvore utilizando as técnicas usadas em árvores aleatórias.

3 | METODOLOGIA

Os dados para este artigo foram coletados de milhares de amostras de vozes, cada uma sendo classificada em masculina ou feminina. A base de dados para este trabalho foi obtida no Kaggle (<https://www.kaggle.com>), plataforma online de competições de Data Science públicas, privadas e acadêmicas, onde as competições são patrocinadas por empresas e oferecem prêmios financeiros pela melhor solução. Para não utilizar o mesmo banco de dados da plataforma, foi selecionada de forma aleatória uma subamostra das 3168 amostras de vozes, falas e expressões masculinas e femininas, resultando em uma base de dados com 3000 amostras de vozes, composta por 1109 homens e 992 mulheres.

As amostras foram processadas usando análise acústica e utilizando 20 variáveis, sendo elas: frequência média (meanfreq), desvio padrão da frequência (sdfreq), frequência mediana (medianfreq), primeiro quantil (q25), terceiro quantil (q75), intervalo interquantílico (IQR), assimetria (assim), curtose (kurt), entropia espectral (sp.ent), planicidade espectral (sfm) , moda frequencial (modafreq), centroide de frequência (centroide), média da frequência fundamental medida no sinal acústico (meanfun), frequência fundamental mínima no sinal acústico medida por meio do sinal acústico (minfun), frequência fundamental máxima no sinal acústico medida por meio do sinal acústico (maxfun), média da frequência dominante medida no sinal acústico (meandom), mínimo da frequência dominante medida no sinal acústico (mindom), máximo da frequência dominante medida no sinal acústico (maxdom), faixa de frequência dominante medida no sinal acústico (dfrange), e índice de modulação (modindx).

Por meio da aprendizagem supervisionada, aplicou-se a técnica de *Machine Learning* para realizar a previsão do gênero de cada pessoa da amostra, e dividiu-se a base de dados em duas partes, sendo 70% para treinamento e validação e 30% para a fase de teste, selecionados aleatoriamente. Foram testados 5 diferentes métodos de classificação, aplicados através do método de validação cruzada *k-fold*, em 10 blocos, e utilizou-se a medida de precisão Acurácia, visto que, conforme a literatura, é a melhor medida quando a variável de interesse é de classificação, como no caso da variável gênero. Para este estudo foi utilizado exclusivamente o software R Core Team (2018). utilizando o comando `set.seed(1234)` como semente para a aleatorização dos dados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas descritivas dos modelos utilizados no banco de dados podem ser verificadas por meio da Tabela 1.

	Acurácia					
	Mínimo	1° Quartil	Mediana	Média	3° Quartil	Máximo
LDA	0,948	0,957	0,962	0,964	0,969	0,986
CART	0,943	0,957	0,964	0,962	0,970	0,976
KNN	0,681	0,712	0,722	0,727	0,746	0,781
SVM	0,962	0,968	0,979	0,977	0,985	0,995
RF	0,957	0,973	0,979	0,976	0,981	0,991
	Coeficiente Kappa					
	Mínimo	1° Quartil	Mediana	Média	3° Quartil	Máximo
LDA	0,895	0,914	0,923	0,927	0,938	0,971
CART	0,885	0,914	0,929	0,924	0,940	0,952
KNN	0,355	0,423	0,440	0,450	0,488	0,558
SVM	0,924	0,936	0,957	0,954	0,969	0,990
RF	0,914	0,945	0,957	0,952	0,962	0,981

Tabela 1 – Medidas descritivas dos modelos de Machine Learning utilizados.

Fonte: Os Autores.

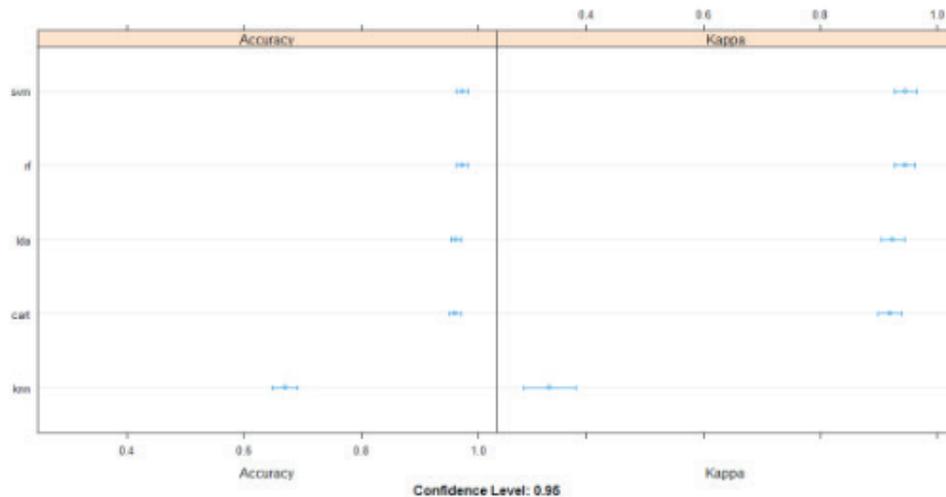


Figura 1 - Comparação entre os intervalos de confiança dos algoritmos de Machine Learning para os parâmetros Acurácia e Coeficiente Kappa

Fonte: Os Autores.

Com base na Tabela 1, observa-se que o modelo que obteve melhor acurácia e melhor coeficiente Kappa foi o SVM, seguido dos modelos RF, LDA e CART, respectivamente. O modelo com os piores índices foi o modelo KNN. A partir da Figura 1 é possível visualizar o ordenamento dos modelos, por meio dos respectivos intervalos de confiança, de acordo com a acurácia e o coeficiente Kappa. Posteriormente, testou-se os índices dos modelos utilizando os 30% da base de dados sorteados para validação. Tal validação ocorreu utilizando-se a matriz de confusão. Como resultado tem-se que o modelo SVM apresentou os melhores índices, quando comparado aos outros 4 modelos, tanto para especificidade, quanto sensibilidade.

O resultado final para validação deste modelo está na Tabela 2, a qual apresenta a matriz de confusão com seus respectivos valores. Com base nessa matriz tem-se que a acurácia desse modelo é de 0,9855, podendo variar entre 0,9754 e 0,9923 num intervalo de confiança de 95%. O resultado do coeficiente Kappa é de 0,9710. A especificidade desse modelo é de 99,16%, e sua sensibilidade de 97,88%.

Valor predito	Valor verdadeiro	
	Feminino	Masculino
Feminino	415	4
Masculino	9	471

Tabela 2 – Matriz de confusão do modelo SVM.

Fonte: Os Autores.

A partir da Tabela 2 verifica-se também que 415 mulheres e 471 homens tiveram sua classificação correta, enquanto 13 pessoas tiveram sua classificação trocada. Isso mostra que, de fato, o modelo SVM teve desempenho superior.

5 | CONCLUSÃO

A classificação de uma frequência de voz é complexa, e encontrar um modelo que realize tal distinção é uma tarefa que exige tempo e paciência. No entanto, ao fazer o uso de técnicas de *Machine Learning*, este trabalho é simplificado e realizado em um curto espaço de tempo. Dentre os cinco modelos aplicados, o que obteve o melhor desempenho foi o *Support Vector Machines*, com 97,71% de precisão média nos dados referentes a treinamento e validação, e precisão de 98,45% nos dados referentes à base de teste. O método dos k vizinhos mais próximos teve o pior desempenho (72,68% de precisão) e não sendo recomendado para a classificação de gêneros baseada na frequência de voz, utilizando as variáveis propostas.

A escolha do modelo SVM está diretamente relacionada ao banco de dados específico. Em outras palavras, este modelo não deve ser considerado como um algoritmo definitivo para o tratamento de frequências de voz e classificação de gênero, pois caso haja uma classificação que pareça incorreta, esta deve ser verificada. Um banco de dados com 3000 informações é uma amostra muito pequena comparada com o número de pessoas que habitam o planeta, o que implica que este modelo serve somente para fins de pesquisa, e não para classificações de gênero definitivas baseado nas frequências de voz.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, Gustavo Enrique de Almeida Prado et al. **Pré-processamento de dados em aprendizado de máquina supervisionado**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BENEDETTI, Jacqueline K. On the nonparametric estimation of regression functions. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 39, n. 2, p. 248-253, 1977.
- BRATKO, Ivan. **Prolog programming for artificial intelligence**. Pearson education, 2001.
- CORTES, Corinna; VAPNIK, Vladimir. Support-vector networks. **Machine learning**, v. 20, n. 3, p. 273-297, 1995.
- IZBICKI, Rafael; DOS SANTOS, Tiago Mendonça. **Machine Learning sob a ótica estatística**, 2017.
- MITCHELL, Tom M. et al. Machine learning. 1997. **Burr Ridge, IL: McGraw Hill**, v. 45, n. 37, p. 870-877, 1997.
- MONARD, Maria Carolina; BARANAUSKAS, José Augusto. Conceitos sobre aprendizado de máquina. **Sistemas inteligentes-Fundamentos e aplicações**, v. 1, n. 1, p. 32, 2003.
- PERROCA, Márcia Galan; GAIDZINSKI, Raquel Rapone. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes: coeficiente Kappa. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 37, n. 1, p. 72-80, 2003.
- PRINA, Bruno Zucuni; TRENTIN, Romario. GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS®. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, p. 137, 2015.

SIMON, Herbert A. Por que as máquinas aprendem? In: **Aprendizado de máquina**. Morgan Kaufmann, 1983. p. 25-37.

WEISS, Sholom M.; KULIKOWSKI, Casimir A. **Computer systems that learn: classification and prediction methods from statistics, neural nets, machine learning, and expert systems**. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1991.

O QUE PODEM OS ALGORITMOS?

Gabrielle Granadeiro da Silveira

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Programa de Pós-Graduação em Comunicação
Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: Todo o nosso modo de viver está permeado pelas tecnologias de dados. São dados pessoais, profissionais, estatísticos... E estes dados são coordenados por algoritmos? Mas quem seria esse poderoso ser que guarda a chave de todas as informações de nosso mundo? De onde ele vem? Que interesses o direcionam? Os questionamentos acerca do algoritmo se tornaram ainda mais pertinentes após denúncias de que estas fórmulas desconhecidas estariam direcionando nossas opiniões, nossos gostos e até mesmo nossas democracias. Há investigações em curso que apontam a utilização de robôs, os chamados bots, para manipular a opinião pública que teriam atuado nas eleições mais recentes do Brasil e dos Estados Unidos. Parte desta manipulação foi feita a partir do roubo de dados de milhões de usuários do Facebook feitos sem autorização e com auxílio de alguns destes algoritmos. Afinal, o algoritmo é um mocinho que nos ajuda em nossas escolhas, ou um vilão que nos manipula covardemente? Caso a segunda opção seja a mais provável, é possível combater estes códigos que conduzem as nossas vidas e

sabem tudo de nós? Este trabalho visa discutir também estas possibilidades de resistência e o que já vem sendo feito em busca de construir uma relação mais “amigável” com o algoritmo e que resultados algumas ações de militância política e social envolvendo o uso de algoritmos já conseguiram alcançar, seja dentro do mundo virtual ou mesmo no mundo real.

PALAVRAS-CHAVE: algoritmos, dados, ativismo de dados

WHAT THE ALGORITHMS CAN?

ABSTRACT: All the our way of life is permeated by data technologies. It's personal, professional, statistical data ... And are this data coordinated by algorithms? But who is this powerful one who holds the key to all the information in our world? Where does it come from? What interests drive it? The questions about the algorithm became even more important after complaints that this unknown formulas would be driving our opinions, our likes and even our democracy. There are ongoing investigations that point to the use of robots, called bots, to manipulate a public opinion that is applied in recent Brazil and the United States' elections. Part of this manipulation was made by stealing data from millions of Facebook users without authorization and aid by some of these algorithms. After all, is the algorithm a good guy who helps us in our

choices, or a villain who manipulates us cowardly? If second choice is more likely, is it possible to fight against these codes that conduct our lives and know everything about us? This paper also aims to discuss these possibilities of resistance and what has already been done looking for a more “friendly” relation with the algorithms and what results some political and social actions involving the use of algorithms have already achieved, either in the virtual world or even in the real world.

KEYWORDS: algorithms, data, data activism

1 | INTRODUÇÃO

Não é de hoje que uma série de pesquisas vem falando sobre as potencialidades dos computadores e, mais especificamente, da internet, surgida nos anos 1960. Mas na maioria das vezes em que se referem a estas possibilidades, os trabalhos pesquisas aludem ao computador enquanto máquina e à internet enquanto ferramenta, suporte de conhecimento. Por isso, esses potenciais não se referem especificamente à internet propriamente dita, mas a seus operadores: os seres humanos. Elas citam o que as pessoas podem fazer com o auxílio de computadores, como a atuação de hackers, militantes, consumidores... Entretanto, nos últimos anos um personagem vem chamando atenção não pelo que demonstra que pode fazer, mas por seu poder encoberto: o algoritmo.

Gustavo Padovani e João Carlos Massarolo, em artigo apresentado em 2018, afirmaram que entre os anos 2014 e 2015 foram produzidos 90% de todas as informações da história da humanidade. E quem capta, organiza e redistribui essas informações é o algoritmo. É uma peça tão importante em nossa sociedade que alguns teóricos já chamam nosso sistema econômico de capitalismo algorítmico. O italiano Matteo Pasquinelli, que nomeia o atual sistema como economia do conhecimento, acredita que ele esteja baseado na exploração da propriedade intelectual e do capital cultural. Para ele, “as empresas de mídia simplesmente exploram o copyright de trabalhos que não têm virtualmente qualquer custo de reprodução sob o atual regime tecnológico” (Pasquinelli, 2010, p. 5).

Mas o que de fato suscita questionamentos é que ninguém sabe ao certo com o algoritmo funciona – ou melhor, os algoritmos, já que empresas diferentes desenvolvem sistemas algorítmicos diferentes que, por sua vez, estão em constante modificação. Alguns casos recentes de escândalo, envolvendo desde a venda de dados pessoais até mesmo alterações em resultados eleitorais, fazem com se tornem ainda maiores as preocupações que concernem aos algoritmos. Para tentar elencar alguns destes questionamentos e se aproximar de respostas plausíveis a alguns deles, esse trabalho visa discutir não apenas o que os algoritmos querem, tema já referenciado por outros autores, mas dentro do pouco que se conhece sobre estes códigos, o que os algoritmos podem – e o que podemos nós quanto a eles.

2 | ALGORITMO?

Ed Finn nos lembra que o termo algoritmo vem do nome do matemático persa Abū ‘Abdallāh Muḥammad ibn Mūsā al-Khwārizmī, que também originou as palavras algarismo e álgebra, e era o processo através do qual se calculavam os numerais hindu-arábicos. O conceito foi apropriado por matemáticos gregos, como Eratóstenes de Cirene e Euclides de Alexandria. A partir da invenção do código binário por Alan Turing, no início do século XX, seu uso foi formalizado e passou a ser utilizado pela ciência da computação. Eles “representam soluções repetíveis e práticas para problemas como fatorar um número até seus menores componentes primos ou encontrar o caminho mais eficiente através de uma rede” (Finn, 2017, p. 18), espécies de fórmulas, receitas para se chegar a um determinado resultado. Como complementa Raymond Williams, o algoritmo

“engloba uma série de processos computacionais incluindo uma rígida vigilância dos comportamentos dos usuários, agregação das informações resultantes no ‘big data’, mecanismos analíticos que combinam múltiplas formas de cálculos estatísticos para analisar os dados e finalmente um conjunto de ações voltadas para o homem, recomendações e interfaces que geralmente refletem somente uma pequena parte do processamento cultural em andamento nos bastidores” (Idem, p. 16).

O algoritmo é aplicado sobre o “Big Data”, dados armazenados no computador das pessoas ou produzidos por elas, dados disponíveis na rede ou nos arquivos dos computadores das empresas e pessoas. Como explica Shoshana Zuboff, os “dados são adquiridos, arquivados, resumidos, agregados, analisados, embalados, vendidos, analisados mais profundamente e vendidos novamente” (Zuboff, 2015, p. 79). Como a internet é um mercado que se baseia no quantitativo de informações, “quanto mais os usuários produzem, maior a saída, o que aprimora o valor preditivo das análises e resulta em leilões mais lucrativos” (Idem, p. 79). Ou seja, quanto mais dados, informações são fornecidas, maior a capacidade de os algoritmos das empresas situadas na internet preverem o que os usuários vão buscar em suas próximas pesquisas, o que vão desejar, e oferecer os conteúdos antes mesmo de eles serem solicitados.

É o chamado “Machine Learning”, ou aprendizado da máquina. Adam Greenfield esclarece que “aprendizado da máquina é o processo pelo qual algoritmos são ensinados a reconhecerem padrões no mundo, através da análise automatizada de uma grande quantidade de dados disponibilizados” (Greenfield, 2017, p. 66). Esse aprendizado por se dar de forma supervisionada por seres humanos, quando são oferecidos exemplos com seus padrões correspondentes através de treinamento, ou não supervisionada, o chamado “clustering”. Neste caso, o algoritmo começa a desenvolver uma percepção de que dados são significativos em seu ambiente e vai aumentando este aprendizado por meio do acréscimo das informações que podem ser consideradas importantes. Quer dizer, “a premissa das tecnologias algorítmicas não

é meramente que elas detectem padrões, mas que elas nos ajudem a reconhecê-los, e isso por sua vez implica a existência de algo semanticamente significativo para nós que é identificado” (Idem, 72) por estas tecnologias.

De que forma se dá esse aprendizado da máquina e onde ele pode nos levar é o que preocupa alguns pesquisadores. Isso porque, além de as empresas guardarem essas informações como tesouros, segredos escondidos e guardados como as caixas de pretas dos aviões, Finn relata que até os engenheiros de alguns dos algoritmos mais bem sucedidos, como os das empresas Google e Netflix, “admitem que compreendem apenas alguns dos comportamentos que seus sistemas exibem” (Finn, 2017, p. 16). Ou seja, como resume Fernanda Bruno,

“A camada algorítmica alimenta-se da visibilidade de nossas ações, informações e corpos e ao mesmo tempo intervém naquilo que vemos (selecionando, por exemplo, o que cada um deve ver preferencialmente, sugerindo trajetos, cliques, links, likes, alertas etc.). Enquanto se alimenta de nossa visibilidade e nos oferta um mundo visível personalizado, a camada algorítmica é praticamente invisível” (Bruno, 2015, p. 118).

Ainda que possamos dizer que os algoritmos são fórmulas, receitas, modos de fazer, Finn nos lembra que suas raízes não são meramente baseadas na lógica matemática, mas também nas tradições filosóficas da cibernética, da consciência e da magia da linguagem simbólica, salientando a importância de entender o algoritmo também do ponto de vista semântico. Para Greenfield, a rede de informação digital coordenada pelo algoritmo se tornou o modo dominante através do qual experimentamos o dia a dia, porque “modela nossas percepções, condiciona as escolhas disponíveis para nós e refaz nossa experiência de tempo e espaço” (Greenfield, 2017, p.10). Ele recorda a frase de Winston Churchill que diz que “moldamos nossos prédios e depois essas construções nos moldam” (Churchill apud Greenfield) e ressalta os perigos da opacidade do algoritmo, já que não sabemos que interesses estão por trás das opções que nos são disponibilizadas.

Mas é o próprio Finn que nos traz as contribuições mais relevantes no que tange à leitura cultural do algoritmo. Ele lembra que, ainda que sejam referentes a máquinas no sentido mecânico, essas fórmulas estão operando como máquinas culturais que estão alterando por completo as formas de reflexividade humana. Até perceber isso é difícil, porque a “leitura algorítmica é uma estrutura conceitual complexa que contém camadas de processos, abstrações e interfaces com a realidade” (Finn, 2017, p. 52). Essa dificuldade de percepção é dificultada pela forma como o discurso acerca do algoritmo é construído, sempre materializando-o enquanto estrutura não simbólica:

“De fato, o conjunto que prevalece entre as metáforas [acerca do algoritmo] parece ser aquele do código como estrutura: plataformas, arquiteturas, objetos, portais, entradas. Isso serve tanto para despersonalizar o software, diluindo a noção de seu agenciamento (construções são passivas; são os arquitetos, engenheiros e usuários que agem), como para reificar o código como uma construção objetiva,

Por isso, ele centra suas análises no “gap”, o espaço ou lacuna que fica entre o sistema computacional implementado e aquele que seria o ideal. Para ele, essa lacuna é o que há de mais importante a respeito dos sistemas algorítmicos e também aquilo que mais nos confunde. Podemos entender esse espaço como aquele da cultura que nos liga ao algoritmo e nos modifica a partir dele, mas também como tudo aquilo que há de desconhecido ou perigoso a respeito destes códigos, aquilo que precisamos conhecer mais profundamente para aproximar nossas vidas desta tecnologia que vem sendo ofertada.

Outro ponto trabalhado por Finn diz à religiosidade que envolve o algoritmo. Isso porque, a arquitetura do código depende tanto da organização lógica dos bits, quanto de uma estrutura de crenças. Partindo do pressuposto que a função dos algoritmos é resolver problemas, nós enxergamos a internet como a “catedral das ambições iluministas por um sistema universal do conhecimento”, como uma religião. Da mesma forma como depositamos nossa fé nos santos ou entidades religiosas, transferimos para os algoritmos o papel de fazer o “trabalho racional em nosso lugar, seja o da fábrica automatizada ou o da ciência automatizada” (Idem, p. 8). O poder milagreiro de “solvente universal que pode desembaralhar qualquer sistema complexo, da consciência humana ao próprio universo” (Idem, p. 8) se assemelha àquele das divindades religiosas, em que basta solicitar – orando ou digitando – e aguardar a resposta divina, que neste caso pode vir digitada em poucos segundos. O autor declara que “nós ocultamos as realidades materiais do algoritmo por trás de uma noção mística da computação como verdade universal” (Idem, p. 9). E como toda adoração religiosa que é praticada de maneira acrítica, a fé nos algoritmos também pode trazer seus riscos.

3 | O ALGORITMO COMO VILÃO

É essa fé desmedida nas possibilidades do algoritmo que suscita muitos dos problemas que vêm sendo discutidos na Academia. Finn lembra do argumento de Nigel Thrift de que “à medida que aceitamos sua funcionalidade e automatizamos os sistemas, deixamos de percebê-lo como forças que moldam nosso mundo” (Idem, p. 40). Weizenbaum vai além, e diz que nossa cegueira em relação ao mundo não virtual e enfraquecimento das capacidades de compreensão e debate dos problemas relacionados aos sistemas computacionais provêm exatamente da nossa obsessão em dominar tudo o que está dentro da fronteira computacional.

O que é difícil perceber é que os algoritmos não são meros receptáculos de nossas memórias e conhecimentos, mas eles também guiam nossas decisões ou nos tornam, como acredita Zuboff, meros espectadores, submetidos a uma experiência de puro estímulo-resposta. Um aplicativo nos mostra por onde passar de carro, mas será

porque as estradas são melhores, porque o tráfego está menos intenso, ou para que passemos em frente a determinada loja? Outro nos mostra com quem devemos sair ou namorar com base em nossas características, mas isso não sublimaria a possibilidade de um relacionamento entre pessoas diferentes, que pode levar a uma ampla maior de conhecimentos de outras formas de viver e pode dar certo? Há ainda as páginas que nos mostram opções de busca na pesquisa e como sabemos que somos preguiçosos, vamos sempre escolher as primeiras opções, deixando muitas vezes de conhecer uma abordagem nova sobre determinado assunto porque ela não está bem ranqueada no Google.

Em toda nossa vida fomos apresentados a opções limitadas de escolha, mas não necessariamente em uma bandeja que oferece como prato principal exatamente o contrário. E o faz de forma tão sedutoramente facilitada que, geralmente, mal ouvimos a segunda alternativa e já apontamos para a primeira. Greenfield chama esse capitalismo algorítmico de “colonização da vida cotidiana pelo processamento de informações” (Greenfield, 2017, p. 17), porque, enquanto colônias, nós, reles seguidores da religião do algoritmo, estamos sempre limitados às opções que a metrópoles nos dá. Além de reconhecer que somos reféns de decisões que não são nossas – pois podemos dizer que nossas escolhas são baseadas em uma pré-seleção feita por outrem –, e que são baseadas em dados disponibilizados por nós, também precisamos questionar quem seria este outro, quem toma as decisões por nós, quem “manda” no algoritmo. Como alerta o próprio Greenfield,

“estamos envolvidos por forças invisíveis, mas poderosas, que nos monitoram a partir de dispositivos dispersos ao longo de nossas casas, até mesmo localizados em nossos corpos, e essas forças estão ativamente compilando detalhados dossiês de cada um de nós. Eles passam o conteúdo desses dossiês para obscuros e incontáveis intermediários, que usam tudo o que eles aprenderam para determinar a estrutura das oportunidades oferecidas a nós – ou o que pode ser pior, não oferecidas” (Idem, p. 73).

É difícil encontrar um nome de “quem manda” no algoritmo, mas perceber que a web é um negócio pode facilitar nosso trabalho de compreendê-la um pouco melhor. Ela abandonou as características caseiras que tinha no início de sua história e passou a obedecer a ordem corporativa em que atua neste momento. Por isso, cada algoritmo atua da forma que for mais conveniente à empresa que o desenvolveu e não há uma forma unificada através da qual o algoritmo oferece suas opções. Mas há uma característica que vem sendo observada em vários dos novos modelos de negócios ligados ao gerenciamento de dados pelos algoritmos: os problemas com a lei. Em trabalho no qual avalia documentos do executivo do Google Hal Varian, Zuboff comentou sobre a indefinição das fronteiras públicas e privadas entre as autoridades da lei e as empresas de alta tecnologia. Ela relembra o episódio do Google Street View para tentar entender como funciona o modus operandi da empresa e conclui que este é “a incursão em territórios privados indefesos até que a resistência seja encontrada”

(Zuboff, 2015, p. 78). Ou seja, a empresa atua e só então verifica se sua atuação está de acordo com a lei. Por isso ela avalia como alarmante esse desempenho corporativo e, ainda que o executivo do Google o descreva como novas formas de celebrar contratos, ela acredita que esta relação com a legislação seja, na verdade o fim destes contratos, ou “uma nova forma de poder na qual os contratos e regras da lei são suplantados por recompensas e punições de um novo tipo de mão invisível” (Idem, p. 82). Deste ponto de vista, o algoritmo passa a ser um vilão contra o qual não há defesa, nem mesmo a da lei.

4 | ALGORITMOS E FILTRO BOLHA

Atualmente podemos comentar que entre os sites que mais fazem parte do cotidiano das pessoas estão aqueles das plataformas streaming, que oferecem opções de músicas e filmes, e os das redes sociais. Por isso, é tão grande a preocupação com os algoritmos que operam estes sistemas. O artigo escrito pelo correspondente do El País na Itália e Vaticano, Daniel Verdú, comenta sobre como os algoritmos de plataformas streaming, como Netflix e Spotify, podem reduzir a diversidade cultural entre as pessoas. Isso porque estes algoritmos se baseiam nas preferências anteriores demonstradas através das escolhas de seus usuários para propor novas opções musicais ou de vídeo, reduzindo as possibilidades de se deparar com algo novo que possa também agradar e se transformar em uma nova preferência. Como ele diz, “o algoritmo, sustentam seus críticos, nos torna chatos, previsíveis, e empobrece nossa curiosidade por explorar o acervo cultural” (Verdú, 2016).

Esse mesmo princípio dos streamings é aplicado a plataformas de redes sociais como o Facebook: seu algoritmo nos oferece opções com base em escolhas previamente feitas ou nas opiniões dos contatos com os quais a pessoa mais frequentemente se relaciona. O problema é que, no caso das redes sociais, o usuário fica restrito a um ambiente de opiniões que não é plural, passando a falsa impressão de que suas opiniões são compartilhadas por todos os outros usuários da mesma rede. É o chamado filtro bolha. Entrevistada por Verdú, a crítica tecnológica Joana Moll critica essa aplicação algorítmica, lembrando que filtrar a informação em redes como Facebook ou Google pode configurar a maneira de pensar das pessoas, ainda que o algoritmo apresente a ilusão da liberdade de escolha: “Você age com base no que é apresentado a você, no que vê. Esse é seu mundo. Mas na realidade ele determina um padrão de consumo que o levará a determinados lugares” (Idem), comenta ela.

Alguns exemplos graves desta manipulação através do algoritmo se referem a eleições e já estão sendo investigados. O primeiro caso que ainda vem sendo investigado é das eleições de 2014, no Brasil. A BBC realizou uma reportagem a respeito de uma empresa carioca cujo trabalho é gerenciar perfis falsos de redes sociais e identificou ao menos 13 candidatos destas eleições entre os beneficiados. A empresa contratava pessoas para gerenciar uma série de perfis de pessoas que

não existiam com nomes, fotografias e rotinas falsificadas com o intuito de manipular a opinião pública, melhorando a imagem de alguns candidatos e prejudicando a de concorrentes. Algoritmos ajudavam a gerenciar vários perfis ao mesmo tempo. Só que, além de pessoas, também é investigada a participação de “bots”, robôs cujo trabalho é curtir determinadas páginas, impulsionar outras, neste caso sem a interferência humana. Isso mostra que o usuário pode estar imerso em uma bolha que sequer é real, pode estar moldando sua visão de mundo com base em mentiras.

Outra investigação aponta que um trabalho semelhante foi realizado pelo vencedor das eleições americanas à presidência, Donald Trump. Sua estratégia de marketing digital de campanha, um documento de 27 páginas, teve pontos não revelados publicamente e foi feita pela empresa Cambridge Analytica. Recentemente, jornais americanos revelaram que o algoritmo da empresa capturou dados de ao menos 87 milhões de usuários do Facebook e os vendeu a seus clientes, entre eles o próprio Trump, que os utilizou em sua campanha. Por fim a empresa assumiu que utilizou os dados na campanha de Trump, além de bots e perfis falsos no Twitter provenientes de contas russas, e acabou optando por encerrar suas atividades. Mesmo assim, não se sabe que outras empresas operam de forma semelhante e o que mais pode ser feito com a captura dos dados dos usuários. O Facebook declara que sua missão é “dar às pessoas o poder de dividir e fazer o mundo mais aberto e conectado”, mas resta saber a que pessoas é dado este poder e de que forma ele é dividido, já que uma das críticas que têm sido feitas à empresa recentemente é que, devido à velocidade com que altera seus algoritmos, fica cada vez mais difícil se desvencilhar da bolha criada por seus filtros.

5 | COMBATENDO O ALGORITMO

Toda vez que se fala em poder o pensamento se volta para uma estratégia de dominação: estamos sendo dominados pelo algoritmo do Facebook, pelo algoritmo da Netflix, pelo algoritmo do Spotify e por isso a partir de agora não temos outra opção senão ver os blackbusters que nos serão indicados, manter nas paradas de sucesso as músicas que já estão lá e viver dentro de uma bolha que nos afasta da diversidade. No entanto, um dos grandes estudiosos do poder, o filósofo Michel Foucault, via o poder de uma forma diferente desta estrutura de dominação. Para ele, o poder era uma relação que poderia ser visualizada em todos os microcampos de nossa vida, seja na família, na escola, no trabalho. Só que, como se tratavam de relações e não se estruturas, elas possuíam um desequilíbrio, sendo “portanto, móveis, reversíveis e instáveis” (Foucault, 2014, p. 270). Isso quer dizer, por exemplo, que um pai ou mãe tem autoridade sobre um filho recém nascido, mas quando o bebê começa a chorar de fome exigindo alimentação e os pais correm para dar de mamar à criança, é a criança que está dominando à família. Para Foucault, as relações de poder nada mais são que uma tentativa de condução do outro e, como tal, pressupõem que seus participantes

sejam livres. Se a relação de poder está desequilibrada permanecendo a dominação do lado dos algoritmos das grandes corporações da internet e somos livres, porque não podemos promover um novo equilíbrio, desta vez a nosso favor?

Uma destas tentativas de promover um desequilíbrio a favor do usuário pode partir do próprio usuário através do chamado ativismo de dados. Como explicam Padovani e Massarolo, se trata de uma forma de mobilização ligada à cultura participativa que emerge das redes. O ativismo social e político com apoio da internet já vem sendo discutido principalmente a partir dos anos 1990, a partir da atuação do Exército Zapatista de Libertação Nacional em Chiapas, no México, e já ganhou diversas denominações como ciberativismo em um primeiro momento, tecnopolítica mais recentemente. Mas o que difere estas formas de participação do ativismo de dados é que, além de ser exclusivamente uma militância online, este se baseia unicamente na lógica do algoritmo, atua a partir de seu funcionamento. Os autores utilizam uma citação de Stefania Milan e Lonneke van der Velden para explicar que

“a mobilização aqui abarca ambos eventos discretos – atos individuais e coletivos de apropriação de dados, mas também a dissidência, subversão e a resistência à coleta de dados – e todo o processo que se subentende a emergência do ativismo de dados –denominando, o crescimento de uma consciência popular sinalizando uma mudança fundamental na perspectiva e na atitude em relação a dataficação que está lentamente emergindo na sociedade civil” (Milan; Velden apud Padovani; Massarolo, 2018, p. 581).

Um dos exemplos deste tipo de militância foi dado pelos próprios autores: uma foto de Nick Ut sobre a guerra do Vietnã foi censurada pelo algoritmo do Facebook por considerar que a criança nua da foto pudesse “violiar as políticas morais do usuário” (Padovani; Massarolo, 2018, p. 582). A atitude gerou a uma leva de protestos dos usuários, feitos através de comentários da página, e o Facebook voltou atrás e não censurou a foto. No Brasil houve também vários casos deste tipo de ativismo, principalmente entre os movimentos feministas. Nos últimos anos, estes movimentos têm conseguido colocar em pauta uma série de questões pertinentes a mulheres simplesmente fazendo o uso de hashtags de protesto nas redes sociais. Além de trazer as questões para a discussão, a divulgação destas hashtags motiva mulheres a fazerem denúncias através da internet que, muitas vezes, desembocam em processos judiciais, como, por exemplo, o “meu primeiro assédio” e o “meu amigo secreto”. Nestas manifestações usuárias das redes sociais eram motivadas a relatarem casos de abuso e machismo sofridos em algum momento da vida e ao perceberem que o abuso era algo sofrido também por outras mulheres, algumas tiveram coragem de denunciar seus casos à polícia.

Outro exemplo foi o “mexeu com uma, mexeu com todas”, que apoiou uma figurinista da rede Globo após ela denunciar ter sido assediada pelo ator José Mayer e, somente fazendo uso desta hashtag, conseguiu que a emissora afastasse o ator de suas produções. O mesmo tem acontecido em Hollywood, em que diretores, produtores

e atores suspeitos de abuso estão sendo demitidos. Kevin Spacey, por exemplo, foi escolhido através de fórmulas algorítmicas para ser o protagonista de *House of Cards*, primeira produção independente da Netflix – e afastado após cinco temporadas por ter sido acusado de assédio sexual, sendo que muitas das denúncias foram feitas através da internet.

O caráter “fora da lei” do algoritmo também começa a ser questionado em alguns países, especialmente após o escândalo da venda de dados do Facebook por parte da Cambridge Analytica. Muitas pessoas passaram a questionar o Facebook e o porta voz da empresa veio a público se desculpar pelo caso e anunciar que faria mudanças em seu algoritmo como forma de estimular a proteção de dados. Poucas semanas depois do escândalo, entrou também em vigor a General Data Protection Regulation (GDPR) na União Europeia. Trata-se de uma lei de proteção geral de dados para proteger a privacidade dos usuários da internet. Embora a legislação seja voltada apenas a empresas que atuam com dados de cidadãos europeus, empresas como Microsoft, Facebook, Spotify, Apple e WhatsApp enviaram notificações a seus usuários anunciando que pretendem estender as mudanças a todos os seus usuários. Elas não fizeram isso por serem “boazinhas”, mas como uma resposta às críticas que vinham recebendo desde que o escândalo das semanas anteriores tinha levado usuários a refletirem sobre o que podem ser feitos com os dados capturados nessas redes com o auxílio dos algoritmos.

Em trabalho no qual analisa o algoritmo do PageRank, Matteo Pasquinelli critica o rentismo que envolve a empresa Google, que para ele se apropria dos conteúdos produzidos pelos usuários, hierarquiza esses conteúdos e depois os redistribui segundo seus interesses. Ainda assim, ele lembra que a informação não pertence à empresa, ela apenas é “proprietária da mais rápida ferramenta para recolher e mensurar a inteligência geral coletiva que produziu aquela informação” (Pasquinelli, 2010, p. 5). Durante todo o artigo, ele relembra do potencial da inteligência humana, especialmente de forma coletiva e que aquilo que o algoritmo captura em termos de conteúdo nada mais é do que nossas produções. Se temos potencial para produzir um conteúdo tão significativo que foi criado um algoritmo para capturá-lo, valorá-lo e redistribuí-lo, porque este conteúdo não poderia nos servir primeiramente? A chave para subverter o algoritmo está em nós, como reforça Zuboff: “[Big data] tem origem no social, e é lá que nós devemos encontrá-lo e conhecê-lo” (Zuboff, 2015, p. 75).

6 | CONCLUSÃO

Em um determinado momento de sua discussão sobre o homem endividado, Maurizio Lazzarato, comenta as diferenças entre o homem e a máquina. Ele se apoia em Simondon para avaliar que a máquina é algo muito importante, mas que ainda assim valia menos que “um escravo ignorante” (Lazzarato, 2017, p. 190), pois ele poderia se revoltar e a máquina não. Com isso ele introduz a capacidade criativa humana, que é

mais poderosa que qualquer algoritmo que possamos encontrar em nossos caminhos, mas que para funcionar precisa ser percebida, precisa de uma “revolta”. A revolta em sua visão “implica uma profunda transformação das condutas finalizadas e não um simples desregramento das condutas” (Idem, p. 190). A revolta é uma ação, uma atividade, e é somente através dela que somos capazes de nos defender. O problema não está no algoritmo, mas em seus usuários que, como diz Zuboff, se tornaram meros espectadores. Na tentativa de dominar todo o conhecimento do mundo, estamos nos permitindo sermos dominados. Temos que subverter esta lógica e tomar as rédeas do aparato tecnológico.

Giuseppe Cocco e Bruno Cava partiram da cartografia, que possibilitou a empreitada marítima que deu início à globalização, para descrever a história da economia mundializada como o trabalho das linhas. As linhas seriam caminhos impostos por alguém – ou algo – que definem o andamento de determinadas etapas do capitalismo. Na visão da dupla, o algoritmo é a linha que rege a economia das redes. Da mesma forma que um dia os vencedores foram aqueles que dominaram o mar, desta vez os vencedores serão aqueles que conseguirem melhor compreender o mar de dados, trabalho que por enquanto vem sendo feito pelos algoritmos – que por sua vez nos entregam a água controlada, sem ondas e embrulhada em uma garrafa (ou bolha). Mas é importante lembrar que, embora os ibéricos tenham sido os primeiros a se lançarem ao mar, não foram eles os vencedores das grandes navegações. Foram os piratas ingleses que, mais espertamente, encontraram brechas no controle dos espanhóis e portugueses, conseguiram roubar o ouro que eles haviam extraído do novo mundo, construíram navios mais potentes que os de suas vítimas e chegaram ao domínio mundial de forma mais efetiva. Quem sabe não sejamos nós os piratas dos mares de dados que vão dominar a linha algorítmica desta vez?

A diferença é que, se os piratas roubavam para ajudar a enriquecer seu governo, os piratas dos dados podem ter uma faceta meio “Robin Wood” e redistribuir o conhecimento da rede de forma mais coletiva. Essa foi a lógica dos hackers, os primeiros militantes da internet. Zuboff nos lembra que, embora as tecnologias seja o oferecimento de possibilidades únicas, essas opções oferecidas

“são moldadas por lógicas institucionais nas quais as tecnologias são desenhadas, implementadas e usadas. Essa é, afinal, a origem do hack. Hackear é tenta liberar essas ofertas da lógica institucional nas quais elas estão congeladas e redistribuí-las em configurações alternativas para novos propósitos” (Zuboff, 2015, p. 85).

O algoritmo foi criado para obedecer a determinados padrões que os usuários apresentam e responder a eles, oferecendo respostas aos questionamentos que ele acredita que o usuário terá. Ele parte do usuário e se volta para o usuário. Por isso, a resistência ao que o algoritmo pode oferecer de negativo também deve partir do usuário. Greenfield também fala que toda construção deve partir de baixo para cima. Cocco e Cava também falam sobre a importância da linha de resistência e lembram

que o mundo não é mais sustentado pelos titãs, mas os pobres e precários. O que os algoritmos podem? Muitas coisas. Mas seus usuários podem muito mais.

REFERÊNCIAS

ALGORITMO. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre**. Disponível em <https://tinyurl.com/y4oeyoh5>. Acesso em 26 jul 2018.

BRUNO, Fernanda. Cidade, Algoritmo, Visão. In: RENA, Alemar; BAMBOZZI, Lucas; RENA, Natacha (orgs.). **Cidade Eletronika – Tecnopolíticas do comum: Artes, Urbanismo e Democracia**. Disponível em <https://tinyurl.com/yxg4ercg>. Acesso em 17 jul 2018.

DIÁRIO DE NOTÍCIAS. **O documento que explica como a Cambridge Analytica ajudou a eleger Trump**. Disponível em <https://tinyurl.com/y2awlou2>. Acesso em 26 jul 2018.

FINN, Ed. **What Algorithms Want? Imagination in the Age of Computing**. Cambridge: The MIT Press, 2017.

FOUCAULT, Michel. **Ditos e Escritos V – Ética, Sexualidade e Política**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2014.

GRAGNANI, Juliana. **Exclusivo: investigação revela exército de perfis falsos usados para influenciar eleições no Brasil**. Disponível em <https://tinyurl.com/yad6fxgv>. Acesso em 26 jul 2018.

GREENFIELD, Adam. **Radical Technologies: The Design of Everyday Life**. London: Verso, 2017.

LAZZARATO, Maurizio. **O Governo do Homem Endividado**. São Paulo: N-1 Edições, 2017.

BRAIGHI, Antônio Augusto; LESSA, Cláudio; CÂMARA, Marco Túlio (orgs.). **Interfaces do Midiativismo: do conceito à prática**. CEFET-MG: Belo Horizonte, 2018. P. 575-589.

PASQUINELLI, Matteo. **Um diagrama do capitalismo cognitivo e da exploração da inteligência social geral**. Disponível em <https://tinyurl.com/y6nqxtzj>. Acesso em 25 mai 2018.

VERDÚ, Daniel. **O gosto na era do algoritmo**. Disponível em <https://tinyurl.com/yqbq2t7d>. Acesso em 26 jul 2018.

ZUBOFF, Shoshana. **Big other: surveillance capitalism and the prospects of an information civilization**. Disponível em <https://tinyurl.com/ybeeumj9>. Acesso em 26 jul 2018.

RECUPERAÇÃO DO ESTANHO PRESENTE EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI'S) VISANDO À PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

RESUMO: Com o desenvolvimento de uma consciência do perigo relacionado ao aumento do consumo dos recursos naturais e dos recursos energéticos gerados pela expansão extraordinária da população mundial e a consequente poluição da atmosfera urbana com os mais diversos tipos de resíduos. É importante encontrar técnicas de recuperação destes metais, confiáveis e econômicas, que não produzam ameaças de poluição secundária para o meio ambiente e a saúde humana durante o processamento destes resíduos. A tecnologia abordada, leva à minimização de impactos ambientais por recuperar os elementos metálicos de PCIs, o que reduz a exploração de depósitos minerais. O principal objetivo é a extração e recuperação de estanho e cobre, por meio de uma rota hidrometalúrgica seguida por eletrodeposição em catodos de cobre. O pó obtido do processamento mecânico foi lixiviado usando soluções aquosas 1N HNO₃ e 3N HCl (água-régia). O licor de lixiviação obtido apresentou 99% de Sn das extraídos das placas. Os ensaios de eletrodeposição de cobre e estanho foram realizados utilizando-se 500mL do licor lixiviado das PCI's, diluídas com água destilada. Os processos de eletrodeposição foram realizados variando a corrente em 0, 5 A – 1.0 A e 1.5 A, tempo constante de 60 minutos, com e sem agitação mecânica. Os resultados mostraram que as soluções mais

diluídas favoreceram a remoção do estanho em solução, e o processo de eletrodeposição sem agitação mecânica removeu aproximadamente 100% do estanho presente na solução.

PALAVRAS-CHAVE: Placas de Circuito Impresso; remoção; eletrodeposição; estanho

INTRODUÇÃO

O lixo eletrônico contém muitos recursos valiosos, juntamente com muitos metais pesados e materiais perigosos, que são considerados uma fonte secundária polimetálica atraente e um contaminante ambiental ao mesmo tempo. A complexidade dos Resíduos Eletroeletrônicos aumentou com o desenvolvimento da tecnologia, como a produção de dispositivos eletrônicos depende de um grande número de elementos, os dispositivos modernos consistem em até 60 elementos em várias misturas de metais (BLOODWORTH, 2014). Do ponto de vista dos recicladores, ligas altamente complexas representam um desafio para o desenvolvimento de tecnologias eficientes de recuperação de metal a partir destes resíduos. Ao mesmo tempo, a vida útil média dos produtos eletrônicos também foi reduzida drasticamente, resultando no aumento de produtos eletrônicos no fim da vida útil. O manuseio e a reciclagem sustentável de REEE exigem o desenvolvimento

de uma coleção de última geração e estratégias de tratamento, bem como novas tecnologias de recuperação de metais (WANG e XU, 2014). Os principais métodos para recuperar metais de PCIs incluem processos mecânicos/ físicos, pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos (BIRLOAGA et al., 2013; HUANG et al., 2009).

O estanho é um metal de ocorrência natural, extraído do minério cassiterita na forma de SnO_2 , é um dos elementos químicos, dentre outros, que apresenta altas concentrações nestes resíduos eletrônicos. Este elemento químico que possui número atômico 50 e massa 118,7 é um metal que não reage com a água e nem com o ar à temperatura ambiente, mas, em altas temperaturas, forma um filme de óxido na superfície. Os ácidos diluídos atacam o estanho lentamente, formando sais de estanho II e o hidrogênio. O ácido nítrico concentrado produz o óxido de estanho IV hidratado. Os maiores produtores de Sn são China, Indonésia, Peru, Brasil, Bolívia e Austrália, que correspondem por 93% da produção total anual de estanho. Os Estados Unidos aparecem como sendo o principal secundário de Sn, através do processo de reciclagem (YANG, 2017).

O estanho é um dos poucos metais adequados para contato com alimentos durante o cozimento. O estanho puro e suas ligas têm recebido atenção crescente como materiais anódicos para baterias de íons de lítio como alternativas ao grafite, devido à sua alta capacidade específica e densidade de energia (WALSH et al., 2016).

Ainda são escassos os trabalhos que tratam da recuperação de estanho, principalmente em soluções reais lixiviadas de PCIs e por processos eletroquímicos. No entanto alguns autores como Lee et al. (2003) já investigaram a recuperação de metais valiosos e a regeneração das soluções nítricas de gravação de PCI, onde o metal puro de cobre foi obtido através de eletrólise, e os íons de estanho foram precipitados ajustando o pH da solução com o $\text{Pb}(\text{OH})_2$. O chumbo, com pureza de 99%, foi obtido por cimentação com um pó de ferro. Já Martins, (2009) realizou a lixiviação de placas de circuito impresso (PCI) de computadores obsoletos para extração e recuperação de estanho e cobre por meio de lixiviação seguida de precipitação, com uma extração de 98% para Sn e 93% para Cu. Os precipitados foram obtidos em diferentes valores de pH, neutralizando os lixiviados com NaOH. A recuperação foi de (84,1% para Sn e 31,9% para Cu). Um projeto de pesquisa foi apresentado por Menetti and Tenório, (1995) onde eles descrevem as etapas para a recuperação de ouro, prata, cobre, ferro, alumínio, estanho e zinco de sucata eletrônica. Os autores pesquisaram métodos para obter concentrados metálicos de três tipos de sucata eletrônica usando tratamentos físicos, com ênfase nos procedimentos de fragmentação, eletrostática e concentração magnética.

Scott et al., (1997) usou solução aquosa de decapagem de ácido nítrico para reciclar cobre, estanho e chumbo utilizando dois processos de reciclagem: a reciclagem eletroquímica de todos os metais e a combinação de deposição eletroquímica de cobre e precipitação de estanho e chumbo. A separação de estanho da solução foi feita por precipitação junto com o chumbo e depois diluídos em ácido para eletrodeposição. O

cobre só é depositado após a retirada do estanho, seguido do chumbo.

Baseado nos estudos abordados, percebe-se que são necessárias várias etapas até chegar a eletrodeposição do estanho, o que nosso estudo, a única etapa realizada é a diluição do lixiviado das PCIs, antes de ser aplicada ao processo eletroquímico para a remoção de cobre e estanho. Dentre alguns estudos de remoção destes metais, as soluções utilizadas na eletrodeposição são, em sua maioria, sintéticas. A aplicabilidade de soluções simuladas (sintéticas) é limitada e considerada não representativa de uma solução de resíduos reais contendo estanho (WALSH et al, 2016).

Kaya, (2016) acredita que a rota hidrometalúrgica será uma peça chave na recuperação do metal para as futuras pesquisas. Mas segundo ele, desenvolver qualquer nova tecnologia limpa para reciclar recursos valiosos de PCIs será de grande importância.

Este trabalho apresenta novos resultados da recuperação de estanho por eletrodeposição a partir de solução real de licor de lixiviação de PCIs de computadores obsoletos. A rota hidrometalúrgica, foi utilizada para determinar a concentração de estanho no licor de lixiviação. A dissolução de PCI's foi baseada em amostras destes resíduos, já na sua forma moída, realizado por Melo, (2017), e os sistemas de lixiviação ácida realizados usando solução aquosa de água régia para extração dos metais. A solução aquosa com teores metálicos, inclusive o estanho, foi utilizada como eletrólito de uma célula eletrolítica com um ânodo e um catodo de cobre, conectados a um fornecedor de energia de corrente contínua.

CARACTERIZAÇÃO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO (PCIS)

Na digestão das PCI's foi utilizado uma solução de água-régia, composto por ácido nítrico e ácido clorídrico (25% HNO₃/75% HCl). Um volume de água-régia de 500ml foi usada para dissolver 25 g de PCI's moídas em cada ensaio, com agitação magnética constante. Ao término da lixiviação, o sistema foi filtrado, filtração simples com papel filtro quantitativo, o extrato lixiviado e o resíduo do papel foram encaminhados para análise química por Espectroscopia de Fluorescência de Raio-X (FRX). Na realização desta etapa, foi utilizado um sistema fechado, com refluxo, como mostra a figura 1, para evitar perdas dos reagentes para o meio ambiente.

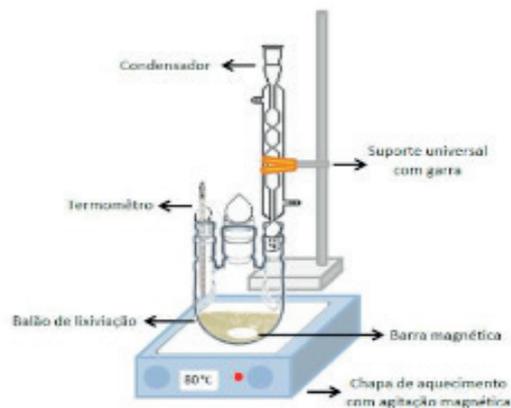


Figura 1 - Digestão química das placas de circuito impresso com água-régia em um balão com refluxo - Silvas, 2014.

Os experimentos de eletrodeposição foram conduzidos em um reator em batelada com capacidade de 1 L, um par de eletrodos de cobre foi inserido verticalmente e ligados a uma fonte alimentadora de corrente contínua, estes separados por espaçadores de plástico a uma distância de 3 cm.

Os ensaios de eletrodeposição foram realizados com e sem agitação mecânica, variando a corrente aplicada (0,5 - 1,0 e 1,5 A) e mantendo um tempo constante de 60 minutos. A figura 2 apresenta a célula eletroquímica utilizada neste estudo para o processo de eletrodeposição do cobre e estanho.

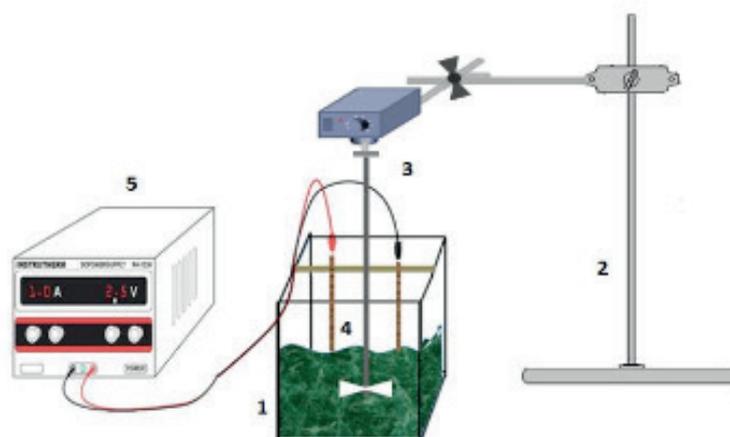


Figura 2 - Célula eletroquímica. 1) reator eletroquímico, 2) suporte, 3) agitador mecânico, 4) eletrodos de cobre, 5) fonte de alimentação.

Para a remoção de estanho, a solução do licor lixiviado foi diluída em uma proporção de 1:3, sendo 1 volume de água-régia e 3 volumes de água destilada (1:3) formando um volume de 500 ml. Este volume foi adicionado ao reator e o sistema foi mantido sem agitação por 60 minutos, e com agitação a 550 rpm. A solução inicial e final foram analisadas por Espectroscopia de Fluorescência de Raio-X e Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA). O depósito de metais do catodo foi analisado por

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) acoplado a EDS - Espectroscopia por Energia Dispersiva. A determinação do estanho, ao final de cada processo com e sem agitação mecânica, por espectrofotometria de absorção atômica, foi realizada em 224,6 nm de comprimento de onda. Foi utilizado um queimador padrão, em chama de gás - acetileno com fluxo de gás de 4 L/min e corrente da lâmpada de estanho de 7mA. A Figura 3 apresenta a evolução do processo na célula eletroquímica em aproximadamente 30 minutos de reação para uma diluição de 1:3, e o eletrodo ao final do processo sem agitação mecânica e 1,5 A de corrente aplicada.

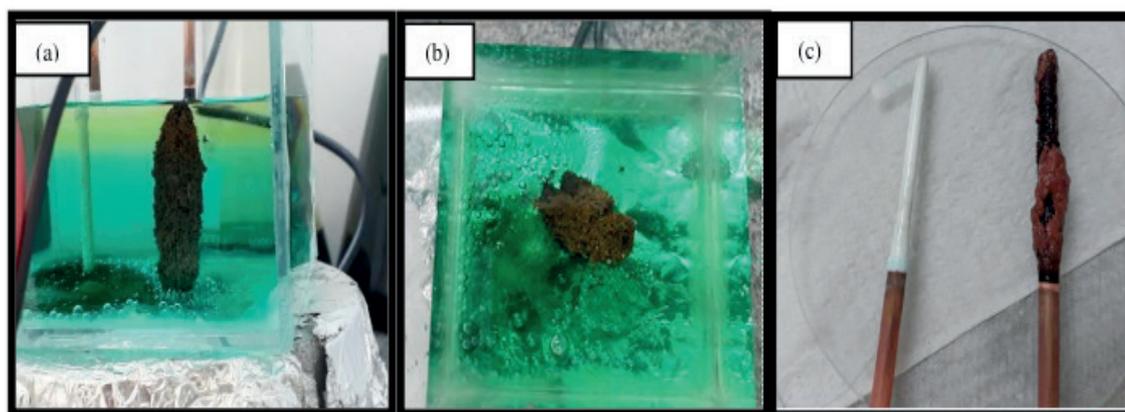


Figura 3 - Célula eletroquímica. (a) reação em andamento. (b) reação finalizada. (c) eletrodo.

Na figura 3 (a) verifica-se uma diferença da coloração, que vai evoluindo ao decorrer da reação e se divide em três fases. A solução esverdeada, observada no meio da célula, entre os eletrodos, pode ser devido a oxidação e ao mesmo tempo a dissolução de íons de cobre no ácido nítrico. Indica também que os íons de cobre estão sendo reduzidos na forma de Cu^{2+} . A solução de cor verde amarelada observada na parte superior da solução está associada a formação de íons CuO ou CuCl_4^{2-} (Cloreto de Cobre (II)). A solução abaixo dos eletrodos apresenta coloração azulada devido a formação do $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de cobre). No anodo, mesmo com a perda de massa, é depositada uma fina camada branca, a qual está associada provavelmente a formação do composto de cloretos e óxidos. O desprendimento do depósito, mostrado na figura 3 (b), ao retirar os eletrodos da solução, está associado ao peso do depósito, como também ao desligamento da corrente, fazendo com que o depósito se desprenda devido à ausência da força que os mantinha aderidos ao catodo. A camada de metais aderida ao catodo foi analisada por FRX e DRX.

Nas análises por FRX, foram encontradas concentrações de prata, sódio, cloro, aderidas ao anodo de cobre. Por estas análises, já é possível identificar a formação de cloretos de cálcio, assim como óxidos de cobre e de prata, os quais apresentam colorações brancas e são bem solúveis. Alguns destes compostos foram encontrados nas análises por DRX. A Figura 4 apresenta a reação para o processo com agitação mecânica.

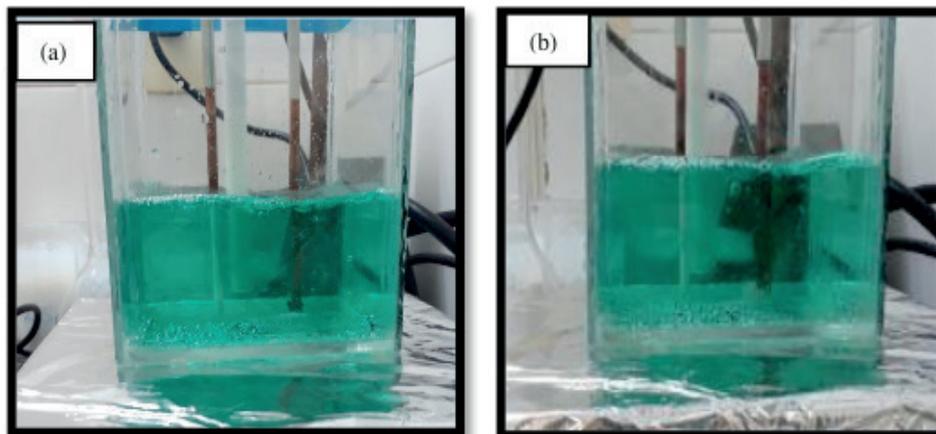


Figura 4 - Deposição de metais com agitação mecânica.

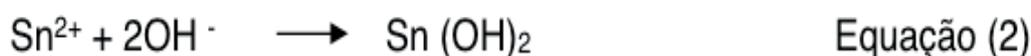
Nas reações com agitação, observa-se que não houve a formação de cores diferentes na solução, justamente pelo motivo da solução está em constante agitação. No entanto, a deposição de metais no catodo fica mais aderente, de forma que ao desligar o sistema, esta continua bem grudada ao eletrodo. Verificou-se a deposição da camada branca no anodo, o qual está associado ao cloreto de sódio. Os depósitos dos catodos, analisados por FRX, estão apresentados na Tabela 1, para o processo com agitação, e na Tabela 1 para o processo sem agitação.

	0,5 A	1,0 A	1,5 A		0,5 A	1,0 A	1,5 A
C.A.	%	%	%	S.A.	%	%	%
Cu	94,458	94,099	88,397	Cu	53,355	78,543	67,152
Cl	3,435	4,25	9,079	Cl	21,18	6,473	3,881
Na	0,301	0,190	1,593	Pb	0,572	1,6	1,731
Ca	...	...	0,331	Al	0,768	0,309	0,183
Pb	0,194	0,194	0,103	Ni	0,101	...	...
Ag	3,191	1,398	1,571	Sn	12,552	11,993	26,288
				Na	6,165	2,165	1,435
				Ca	1,042	...	...
				Ag	0,391	0,99	0,764
				Fe	0,274	...	...

Tabela 1 - Composição dos depósitos do catodo para o processo com agitação (C.A.) e sem agitação (S.A.).

A composição dos depósitos no catodo para o processo com agitação, apresenta uma elevada concentração de cobre, seguida do cloro e da prata. Apesar do estanho está em grande quantidade na solução, não foi verificada nenhuma taxa de deposição do mesmo neste processo com agitação, estando todo ele ainda presente na solução. As análises por FRX, dos depósitos, foram realizadas de forma elementar, no entanto, compostos também são formados no depósito como o Cloreto de sódio, CaCl_2 , AgCl e PbO . No processo sem agitação é obtida altas taxas de remoção para o estanho,

seguido do cobre, cloro, prata, alumínio e chumbo. Além disso, outras frações de metais, como pode ser verificado na tabela, estão aderidas a superfície do eletrodo, como cálcio, ferro e níquel, e só são depositados na corrente de 0,5 A. O processo sem agitação favorece a deposição do estanho. Neste depósito há possíveis formações de compostos como NaCl, Al₂O₃, PbO, CaCl₂ e SnO. As alíquotas colhidas durante o processo foram analisadas por FRX. Os resultados obtidos para o processo com agitação, não foram tão satisfatórios para a remoção dos metais. Observou-se que em todas as alíquotas colhidas, as concentrações dos metais na solução pareciam não mudar, exceto a do cobre, que aumentava progressivamente em função do tempo e da corrente aplicada, justamente pelo fato da oxidação do anodo, que era de cobre. No processo sem agitação, verifica-se um comportamento diferente em relação a remoção do estanho na solução, altas taxas de remoção foram alcançadas. Esta elevada deposição de estanho, principalmente na reação aplicando a corrente de 1,5 A e sem agitação, pode ser explicada também pelo íon estanho formado na solução. O Sn⁴⁺ predomina na reação, reduzindo ao íon Sn²⁺, Equação (1), e formando composto, provavelmente com o cloro – Cloreto de estanho. Sua redução ocorre, seguindo a reação apresentada na Equação (2). Devido a este aumento do pH da solução, alguns dos íons de estanho também foram precipitados no decorrer da reação pela seguinte equação.



De fato, hidróxidos de estanho são precipitados, e ao final da reação, pode – se colher alíquotas desse precipitado e avaliar se realmente o estanho metálico, ou compostos de estanho, estavam sendo removidos da solução por eletrodeposição. As alíquotas colhidas ao final do processo e analisadas por FRX, apresenta uma diminuição na concentração de todos os elementos que estavam presentes na solução no início do processo, como é verificado na Tabela 2. A Tabela 2 mostra a concentração de metais ao final de cada processo, em todas as correntes estudadas e sem agitação mecânica.

Elementos	Solução inicial	0,5A	1,0 A	1,5A
	%	%	%	%
Cu	39,589	50,967	59,893	63,347
Cl	22,396	24,172	20,102	19,3
Sn	18,283	12,447	8,668	1,197
Ca	8,780	5,746	2,795	2,153
Pb	2,008	...	...	...
Fe	1,228	0,831	0,566	0,559

Ag	0,938	0,679	0,418	0,44
Al	0,749	0,688	0,599	0,373
Si	0,124	0,192	0,067	0,035
Ni	0,215	0,17	0,15	0,113
Cr	0,215	0,136	0,075	0,083
Ti	0,149	0,098	0,042	0,047
Na	5,326	3,874	6,624	4,353

Tabela 3 - Concentração de metais ao final de cada corrente estudada e sem agitação mecânica.

Ao final do processo, ainda é verificado uma considerável porcentagem de estanho em todas as correntes aplicadas, principalmente para a corrente de 0,5 A. Isso significa que a corrente foi baixa, minimizando a geração de íons para a solução, assim como o transporte de íons para o catodo. As taxas de remoção do estanho para as correntes estudadas de 0,5 – 1,0 e 1,5 A foram respectivamente 32%, 53% e 89% respectivamente. O chumbo é completamente removido por deposição no catodo, o que é considerado um resultado excelente, devido a sua alta toxicidade em solução. Este pode estar sendo depositado no catodo em forma de liga Pb-Sn, na sua forma óxido ou na sua forma metálica, mesmo com seu potencial de redução sendo negativo.

As alíquotas colhidas, ao longo do tempo e analisadas por FRX, para o processo sem agitação e corrente de 1,5 A, apresentaram ótimos resultados, o que era o esperado para as demais correntes. A Figura 5 apresenta a curva de remoção do estanho versus tempo de reação.

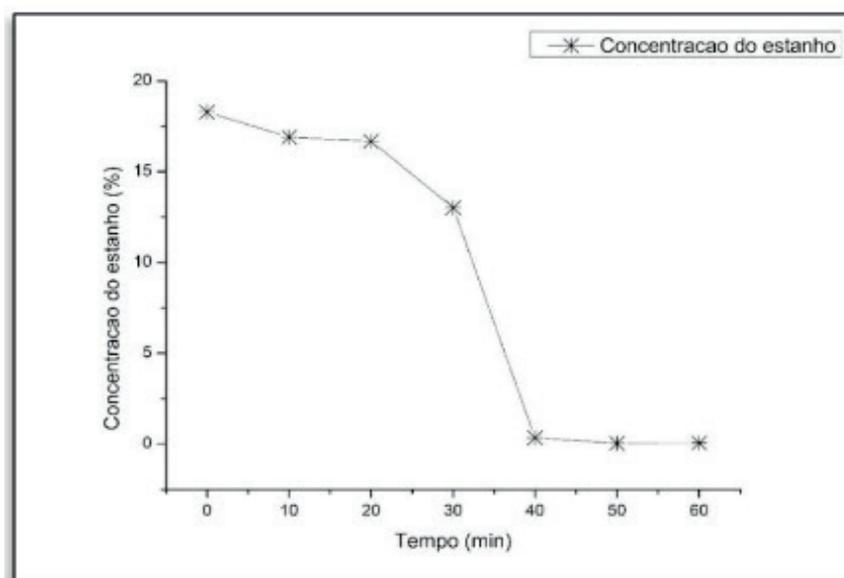


Figura 5 - Remoção do estanho em processo eletroquímico sem agitação e corrente de 1,5 A.

A concentração inicial do estanho era de 18,28%, e vai diminuindo ao longo do tempo, à medida que é depositado no catodo. Em 40 minutos de processo, praticamente todo estanho já se encontra depositado no catodo, o que já seria um ótimo tempo para

sua remoção. Observa-se que nesse ponto a curva segue a tendência a se tornar constante, pois praticamente todo o estanho foi removido. A remoção do estanho neste processo foi de 98%. Os resultados obtidos nas análises por Absorção atômica estão apresentados na Figura 6.

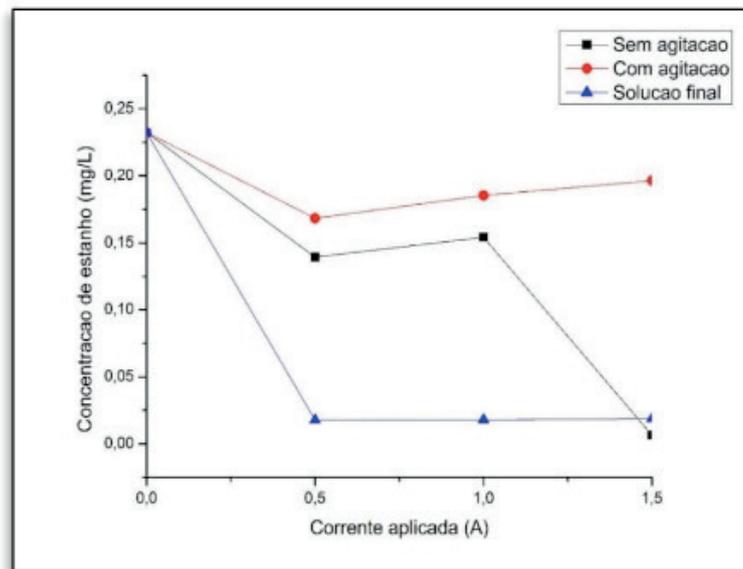


Figura 6 - Concentração de estanho ao final de cada processo.

As análises obtidas por Absorção Atômica mostradas na Figura 6, apresentam resultados semelhantes aos encontrados por FRX, onde ao final do processo, há de fato uma diminuição da concentração de estanho na solução, e mais uma vez comprova que o processo sem agitação mecânica favorece a deposição e remoção do estanho.

Os depósitos formados no catodo e analisados também por Difratoograma de Raio-X, e está mostrado na Figura 7.

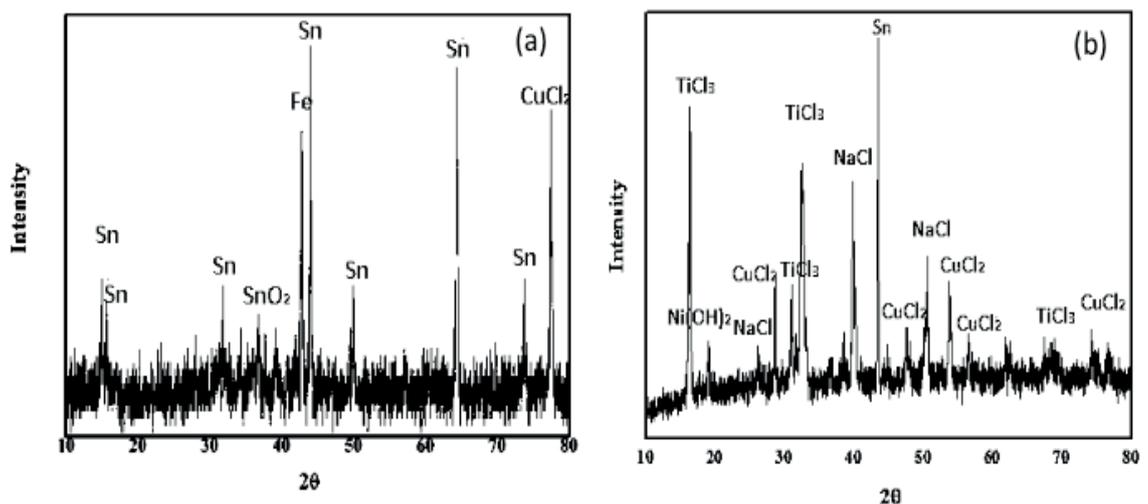


Figura 7 - Difratoograma de Raio-X do depósito formado do catodo em corrente de 1,5 A, com agitação (a), sem agitação (b).

Sabe-se que pela heterogeneidade da amostra, há uma variação de elementos,

e alguns elementos são depositados em forma de compostos. De acordo com os difratogramas a e b, nesta amostra, o cobre e o titânio são depositados como cloreto, o estanho e o ferro aparecem na sua forma metálica. Outro composto detectado é o dióxido de estanho, comprovando-se a presença do cloreto de sódio no segundo gráfico. Os depósitos raspados do cátodo de cobre e caracterizados por Microscopia Eletrônica de Varredura com Emissão de Campo (MEV-FEG), estão apresentados nas Figuras 8.

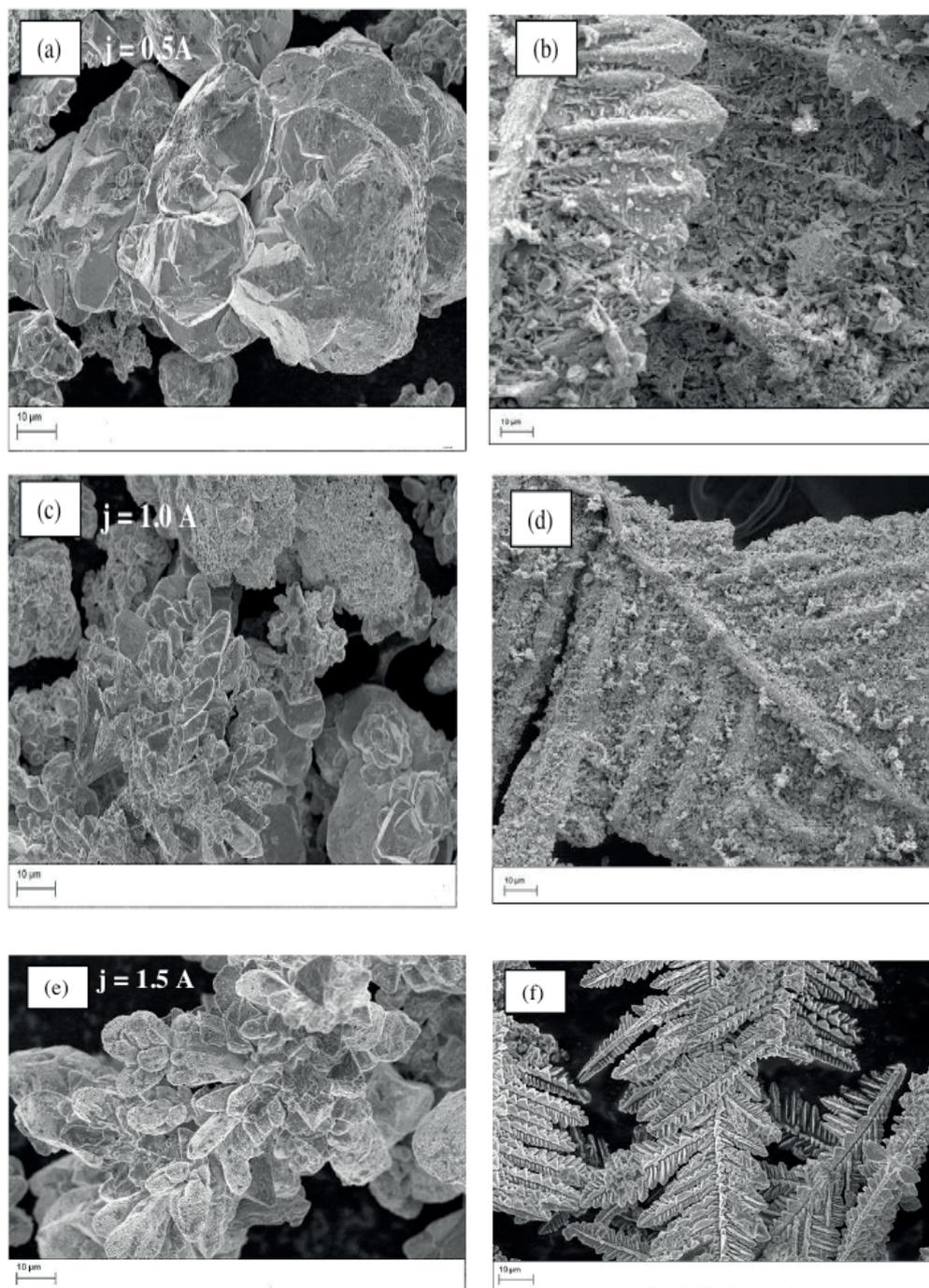


Figura 8 - Morfologia dos depósitos dos catodos em correntes a) 0, 5 A – d) 1.0 A e d) 1.5 A, para o processo com agitação e b) d) e f) para o processo sem agitação nas mesmas condições de corrente.

A morfologia dos depósitos apresentados nas Figuras 8, mostram características

semelhantes de acordo com os parâmetros estudados, com agitação e sem agitação. As estruturas dos metais depositados no catodo, para o processo com agitação, formam aglomerados semelhantes a flores. Essa estrutura é mais visível para as correntes de 1,0 e 1,5 A. O metal de maior concentração nestes depósitos é o cobre, e em toda a área analisada por MEV, as características de depósitos aglomerados permanecem, confirmando que a morfologia formada deve-se ao cobre. Segundo Popov (2002), quando um sistema envolvendo deposição de metais é caracterizado por uma alta corrente de troca (equilíbrio termodinâmico onde a corrente líquida é zero), depósitos esponjosos são formados ao se utilizar baixa densidade corrente catódica, enquanto depósitos de natureza dendrítica se formam ao trabalhar com densidades mais altas. Aparentemente, este é o comportamento apresentado nas morfologias. A morfologia do processo sem agitação, e seguem o comportamento de depósitos de natureza dendríticas em correntes mais altas, observadas na estrutura formada na corrente de 1.5 A.

Para o processo sem agitação, a morfologia é visivelmente interessante, formada por estruturas semelhantes a folhas de uma samambaia, em alguns pontos perfeitamente estruturada, como verificado no depósito da Figura 9 sem agitação e corrente de 1,5 A. Estes depósitos são formados principalmente por cobre e estanho, formando uma liga de Sn-Cu, entre outros metais. Em artigo publicado por Walsh, 2016, ele discute que em potenciais negativos, dendritos crescem em ramos semelhante a árvores. O mesmo é apresentado em nosso estudo. Dos metais base presente no depósito do catodo, o cobre é o mais depositado, por causa do seu alto potencial em relação ao hidrogênio. Além do cobre, o sódio, níquel, estanho, zinco e metais preciosos, também podem ser recuperados desta maneira.

CONCLUSÃO

A reciclagem de lixo eletrônico será um setor muito importante e promissor num futuro próximo, tanto por perspectivas econômicas, quanto ambientais. A tecnologia de reciclagem visa levar os resíduos de hoje e transformá-los em recursos secundários polimetálicos sustentáveis, para amanhã. Esta reciclagem deve garantir que o lixo eletrônico seja processado de maneira ecologicamente correta, com alta eficiência e menor emissão de compostos tóxicos. Levando em consideração nossos recursos naturais, esta abordagem de mineração urbana oferece muitos benefícios. Isso resulta em maior eficiência energética e reduz a demanda por mineração de novas matérias-primas.

O processo desenvolvido neste estudo mostrou-se uma alternativa viável e permitiu recuperar cobre, estanho e outros metais das PCI's, através de uma tecnologia relativamente simples, sem problemas ambientais e também sem muitos gastos energéticos relacionados a outros processos. Nas soluções diluídas, os processos sem agitação favoreceram a remoção de estanho com taxas de remoção acima de 70

% e em alguns casos chegando a aproximadamente 100%.

REFERÊNCIAS

- BIRLOAGA, I. DE MICHELIS, F. FERELLA, M. BUZATU, F. VEGLIÒ. Study on the influence of various factors in the hydrometallurgical processing of waste printed circuit boards for copper and gold recovery. *Waste Management*. Vol. 33, Issue 4, April 2013, Pages 935-941.
- HUANG, K., GUO, J., XU, Z. Recycling of waste printed circuit boards: a review of current technologies and treatment status in China. *J. Hazard. Mater.*, 164 (2–3) (2009), pp. 399-408.
- KAYA, M. Recovery of metals and non-metals from electronic waste by physical and chemical recycling processes. *Waste Management*. Volume 57, November 2016, Pages 64-90.
- MELO, R. A. C. (2017). Estudo da lixiviação de placas de circuito impresso de computadores desktops obsoletos da UFRN. Dissertação de Mestrado – UFRN.
- YANG, T. ZHU, P. LIU, W. CHEN, L. ZHANG, D. Recovery of tin from metal powders of waste printed circuit boards. *Waste Management*. Volume 68, October 2017, Pages 449-457.
- MENETTI, R. P., CHAVES, A. P., TENÓRIO, J. A. S., Reciclagem de metais a partir de sucata eletrônica (Recycling of metals from electronic scrap), in: *Proceedings of 50th Annual Meeting of Associação Brasileira de Materiais e Metalurgia*, São Pedro, Brazil, vol. 4, p 625-635 (1995).
- WALSH, F.C.; LOW, C. T. J. (2016). A review of developments in the electrodeposition of tin. *Surface and Coatings Technology* .V. 288, 25 February 2016, Pages 79-94.
- BLOODWORTH, A. (2014). Track flows to manage technology-metal supply. *Nature*, 505 (2014), pp. 9-10.
- Wang, R., Xu, Z. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. *Waste Manag.*, 34 (2014), pp. 1455-1469.
- LEE, M. S., Ahn, J. G., Ahn, J. W. Recovery of copper, tin and lead from the spent nitric etching solutions of printed circuit board and regeneration of the etching solution. *Hydrometallurgy*. V 70, p. 23-29, 2003.
- POPOV, K. I., DJOKIC, S. S., GRGUR, B. N. *Fundamental Aspects of Electrometallurgy*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2002.
- SILVAS, F.P.C. Utilização de hidrometalurgia e biohidrometalurgia para reciclagem de placas de circuito impresso, 2014. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. DEQ. São Paulo. 2014.

INVESTIGAÇÃO DE MATERIAIS A BASE DE GRAFENO E HIDROTALCITA APLICADOS COMO ADSORVENTES PARA REMOÇÃO BIFUNCIONAL DE MICROPOLUENTES EM ÁGUA

Eliane Kujat Fischer

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: fischerkeliane@gmail.com

Cintia Hisano

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: cintiahisano@yahoo.com.br

Rafael Aparecido Ciola Amoresi

Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: rafaelciola@yahoo.com.
br

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Química de Araraquara.

Araraquara – SP. E-mail: zaghete@iq.unesp.br

Rony Gonçalves Oliveira

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CEPEMAT.

Dourados – MS. E-mail: rgoliveira@uems.br

Alberto Adriano Cavalheiro

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul,
CDTEQ.

Naviraí – MS. E-mail: albecava@gmail.com

grande atenção é relacionada à purificação de água destinada a consumo humano direto. As argilas sintéticas, como a hidrotalcita de magnésio e alumínio são capazes de adsorver íons hidratados e moléculas polares devido a suas características químicas compatíveis com estes adsorvatos. Por este mesmo motivo, elas não são hábeis para adsorver moléculas muito grandes e de baixa polaridade química, como muito corantes. Por outro lado, este tipo de molécula apolar é bem adsorvida por materiais adsorventes carbonáceos, como o grafeno. Estes materiais podem se complementar obtendo um compósito de hidrotalcita-grafeno, já que a estrutura e morfologia da hidrotalcita permite a intercalação de folhas de grafeno. Assim, o objetivo deste trabalho foi obter compósitos nanoestruturados de grafeno e hidrotalcita para aplicação como adsorventes bifuncionais para remoção de crômio(III) e fenolftaleína da água. O grafeno foi obtido a partir do grafite por reações sequenciais de oxidação e redução e ultrassonificação e incorporado à hidrotalcita. Os materiais adsorventes nas formas isoladas e conjugada foram caracterizados por difração de raios-X e espectroscopia Raman, demonstrando perfeita sinergia das fases componentes no compósito contendo 1 % em massa de grafeno na matriz de hidrotalcita. Os testes de remoção de crômio(III) e fenolftaleína, utilizando os materiais adsorventes sintetizados

RESUMO: Os materiais adsorventes são úteis para uma série de aplicações, desde catálise heterogênea até a intercalação de fármacos. Mas uma das aplicações que sempre mereceu

foram realizados em um sistema de adsorção em leito fixo, usando os materiais como elementos filtrantes. As alíquotas das soluções de adsorvatos foram analisadas por espectroscopia na região do UV-Vis e demonstraram que a adsorção para o crômio(III) foi maior na amostra de hidrotalcita e menor na amostra de grafeno. Contrariamente, a fenolftaleína é mais bem adsorvida na fase grafeno e apresenta péssimo desempenho para a hidrotalcita. Evidenciou-se que o nanocompósito grafeno/hidrotalcita apresenta alto desempenho de adsorção para os dois adsorvatos, indicando uma conjugação eficiente destes materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Fenolftaleína, Crômio, Adsorvente, Purificação de água.

INVESTIGATION OF GRAPHENE AND HYDROTALCYTE BASED MATERIALS APPLIED AS ADSORVENTS FOR BIFUNCTIONAL REMOVAL OF MICROPOLUANTS IN WATER

ABSTRACT: Adsorbent materials are useful for a variety of applications, from heterogeneous catalysis to drug intercalation. However, one of the applications that has always received great attention is related to water purification for direct human consumption. Synthetic clays such as magnesium aluminum hydrotalcite are capable of adsorbing hydrated ions and polar molecules due to their chemical characteristics compatible with these adsorbates. By the same reason, they are not able to adsorb very large molecules of low chemical polarity, such dyes. On the other hand, this type of nonpolar molecule is well adsorbed by carbonaceous adsorbent materials such as graphene. These materials can be complemented with the use of a hydrotalcite-graphene composite, since the structure and morphology of the hydrotalcite allows the intercalation of graphene sheets. Thus, the goal of this work was to obtain graphene-hydrotalcite nanostructured composites for application as bifunctional adsorbents to remove chromium(III) and phenolphthalein from water. Graphene was obtained from graphite through sequential oxidation and reduction reactions and ultrasonification, being added during hydrotalcite synthesis. The adsorbent materials in isolated form and in composite were characterized by X-ray diffraction and Raman spectroscopy, demonstrating perfect synergy of the component phases in the composite containing 1% by weight of graphene in the hydrotalcite matrix. Removal tests for chromium(III) and phenolphthalein were performed in a fixed bed adsorption system, using the materials as filters. The aliquots of the adsorbent solutions were analyzed by UV-Vis spectroscopy and showed that the adsorption for chromium(III) was higher in the hydrotalcite sample and lower in the graphene one. In contrast, phenolphthalein is better adsorbed in the graphene phase and has poor performance for hydrotalcite. Graphene/hydrotalcite nanocomposite showed high adsorption performance for both adsorbates, indicating an efficient conjugation of these materials.

KEYWORDS: Phenolphthalein, Chromium, Adsorbent, Water purification.

1 | INTRODUÇÃO

Os micropoluentes podem ser definidos como substâncias químicas com altíssima toxicidade mesmo em baixas concentrações e que não podem ser degradados por processos naturais ou removidos da água através de tratamentos convencionais. Dentre os micropoluentes mais prejudiciais encontram-se os metais pesados e os poluentes orgânicos, principalmente, os hormônios sexuais estrógenos, os quais são ocasionadores de problemas graves no sistema endócrino (SONNENBERG & MULLER, 1993).

A contaminação ambiental por cátions metálicos de crômio é extensa, pois este é utilizado em inúmeros processos agroindustriais e também são originados da lixiviação dos lixões e aterros sanitários. O crômio possui espécies aquossolúveis em dois principais estados de oxidação, o trivalente Cr(III), que é essencial para os mamíferos em uma pequena faixa de concentração, e o hexavalente Cr(VI), que é altamente tóxico em qualquer nível de concentração. Apesar de ser mais abundante, a espécie Cr(III) se interconverte na espécie Cr(VI) ao interagir com matéria orgânica. Portanto, processos capazes de remover a espécie Cr(III) em água também podem ser representativos para remoção dos demais metais pesados (ISLAM et al., 2015; MAHER et al., 2014; MONTEIRO et al., 2002).

No entanto, como a complexidade de poluentes orgânicos é grande, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias de descontaminação de água utilizam compostos modelos, como a fenoltaleína, uma substância usada como referência para validar processos de monitoramento e descontaminação de diversas substâncias poluentes, inclusive corantes e hormônios (STACKELBERG et al., 2007).

A água contaminada com micropoluentes orgânicos e destinada a consumo humano pode ser tratada por dois tipos de processos: Oxidação Avançada e Adsorção. Os Processos de Oxidação Avançada (POAs) geralmente usam semicondutores irradiados com luz ultravioleta ou reagentes oxidantes tipo Fenton ou ozônio. No entanto, podem ser aplicados somente em água já tratada, pois qualquer matéria orgânica concorre com o micropoluente reduzindo a eficiência do processo. Por outro lado, os processos de adsorção tem como vantagem a capacidade de descontaminação de água contendo metais pesados (ANDREOZZI et al., 1999).

As argilas possuem boa capacidade de adsorção para espécies iônicas hidratadas ou pequenas moléculas com polaridade química moderada. A hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio é uma argila aniônica estruturada por hidróxidos duplos de magnésio e alumínio, que possui alto desempenho adsorptivo para grande parte dos contaminantes naturais da atualidade (BOLONG et al., 2009).

Contudo, pequenas moléculas neutras ou de baixa polaridade que não são retidas pelas argilas podem ser adsorvidas por materiais a base de carbono, como o grafeno, um alótropo do carbono. Dependendo da forma de obtenção, o grafeno pode apresentar grande estabilidade química e uma área específica de superfície dezenas

de vezes maiores do que o carvão ativado. Além disso, a maior microporosidade apresentada pelo grafeno em relação ao carbono amorfo faz do grafeno um material capaz de dessalinizar a água do mar, sendo eficiente também para filtração de água contendo metais pesados (AVILA et al., 2017; UDDIN, 2017; BELLINGIERI, 2004).

Porém, a coagulação do grafeno em meio aquoso, reduz o seu desempenho tanto para processos de tratamento por imersão quanto por filtração, pois a compactação excessiva deste material diminui drasticamente a vazão de filtração, tornando este processo muito demorado. Do ponto de vista da nanotecnologia, as argilas podem ser modificadas para incorporar a fase de carbono, estando ela em escala nanométrica, como é o caso do grafeno (ZHAO et al., 2012; AGHIGH et al., 2015).

O princípio de interação da hidrotalcita com o grafeno é conduzido pelo desequilíbrio de cargas nas lamelas, originada da substituição parcial de magnésio divalente por alumínio trivalente, que atrai e fixa espécies aniônicas e moléculas polares como compensadores de carga. Desse modo, os pontos residuais de carga negativa da superfície do grafeno obtido por reações de oxidação e redução, seguida de purificação, permite sua fixação durante a obtenção da argila sintética de hidrotalcita (PERREAULT et al., 2015).

Diante destas premissas levantadas, foi possível propor a síntese de um nanocompósito à base de argila sintética incorporado de pequena quantidade de fase grafeno, visando obter a sinergia de ambos os materiais em um só material bifuncional, capaz de atuar como material adsorvente de metais pesados e micropoluentes orgânicos para a purificação de água contaminada.

2 | METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram sintetizadas três amostras, a saber: uma amostra de hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio (HT), uma amostra de grafeno (GF) e uma amostra de nanocompósito de hidrotalcita contendo 1 % de grafeno (GF1HT). O grafeno foi obtido através de reações sequenciais de oxidação e redução e ultrassonificação em meio básico, seguido de redução com sulfato de hidrazina e secagem em estufa a 60°C por 24 horas.

A hidrotalcita de magnésio e alumínio foi obtida pelo método de co-precipitação, no qual é adicionada uma mistura precipitante de hidróxido de sódio e carbonato de sódio em uma solução mista de nitratos de magnésio e alumínio, sendo mantido em digestão por 6 horas a 60°C, decantado por 18 horas, filtrado e seco em estufa a 100°C por 24 horas. Para a obtenção do nanocompósito, o grafeno foi adicionado na solução mista de nitratos de magnésio e alumínio antes da adição da solução precipitante e o restante do procedimento foi idêntico ao utilizado para a obtenção da hidrotalcita.

As amostras de grafeno, hidrotalcita e nanocompósito grafeno/hidrotalcita foram analisadas por difratometria de raios-X em um equipamento Siemens D5000, com radiação K- α de Cu filtrada com ferro e modo de varredura $\theta/2\theta$ entre 5 a 80 $^\circ(2\theta)$,

com passo de $0,02^\circ(2\theta)$ em um goniômetro vertical. Os padrões de difração obtidos foram comparados com o banco de dados de difração JCPDS, versão 2003. Essas amostras também foram analisadas por espectroscopia Raman utilizando como fonte de radiação, um laser vermelho (785 nm) com potência máxima de 120 mW, da marca B&W Tek In.. Os espectros Raman foram obtidos por tempos de 120 s em 3 varreduras, sendo utilizada a média das varreduras.

Para estudo de adsorção, foram preparadas soluções de nitrato de cromo(III) e de fenolftaleína com concentrações de $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, que atravessam o sistema de filtração contendo o material adsorvente em leito fixo acondicionado entre pedaços de algodão hidrófilo (também utilizado como padrão). Alíquotas das soluções filtradas foram então coletadas e analisadas por espectroscopia UV-Vis em um espectrofotômetro da marca Varian, modelo Cary 50 UV-Vis. Os espectros foram obtidos pelo programa “Scan” e a leitura de absorbância feita no comprimento de onda de 900 a 300 nm.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 podem ser observadas as diferentes colorações dos materiais sintetizados. O grafeno apresenta uma coloração enegrecida que contrasta com a coloração branca da hidrotalcita. Pode ser visto que o nanocompósito de grafeno/hidrotalcita é morfologicamente semelhante a hidrotalcita não modificada, porém a coloração é alterada pelo grafeno.

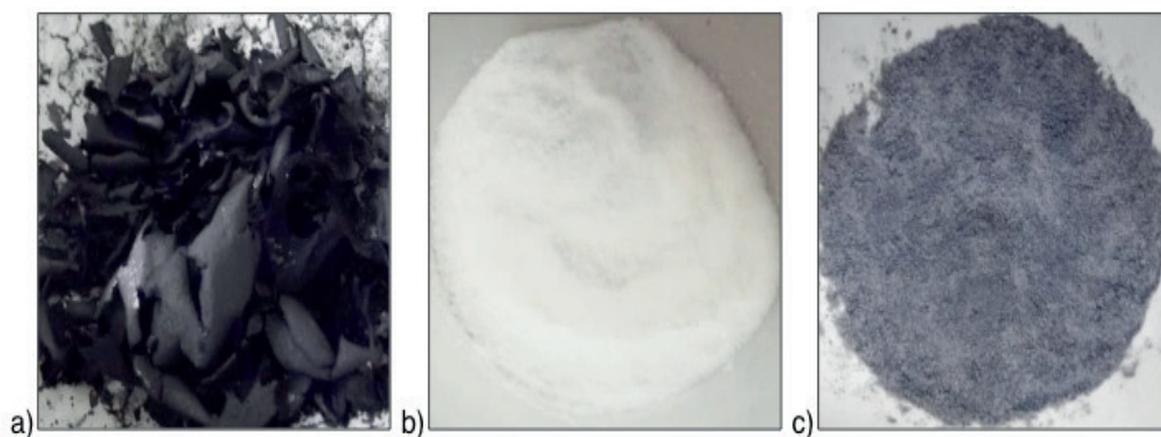


Figura 1. Imagens das amostras secas a 100°C : a) GF, b) HT e c) GF1HT.

Na Figura 2 podem ser observados os espectros Raman para as amostras de grafeno, hidrotalcita e nanocompósito grafeno/hidrotalcita. O espectro Raman para o grafeno, mediante excitação com laser vermelho (785 nm) revela o espalhamento Raman potencializado pela superfície (efeito SERS), que ocorre entre as folhas hexagonais presentes em cada partícula (WANG et al., 2013). Deste modo, dependendo da amostra, os distintos modos ativos Raman originam bandas sobrepostas T, D, G, D', 2D, D+D' e 2D', que se estendem em um amplo intervalo de número de onda,

geralmente abaixo de 3000 cm^{-1} , como verificado nesta amostra.

Por outro lado, a estrutura da hidrotalcita possui uma banda larga que se desloca de 100 cm^{-1} a 7500 cm^{-1} . As bandas acerca de 500 cm^{-1} são associadas às ligações cruzadas entre os grupos Al-O-Al e Al-O-Mg, presentes nas lamelas da hidrotalcita, enquanto as bandas em torno de 700 cm^{-1} são originadas dos grupos carbonatos interlamelares. A contribuição da água interlamelar pode ser tenuamente observada entre os números de onda de 2100 cm^{-1} e 3200 cm^{-1} , e em maiores frequências (5400, 6500 e 7500 cm^{-1}) encontram-se as bandas relacionadas a diferentes tipos de estiramentos do grupo OH- (KAGUNYA et al., 1998; PALMER et al., 2009).

No entanto, na amostra do nanocompósito grafeno/hidrotalcita pode ser observado um efeito SERS ainda maior, caracterizado por uma banda alargada de intensidade muito superior às bandas dos materiais não modificados. Nota-se uma grande sinergia entre grafeno e hidrotalcita na amostra conjugada, com um perfil diferente dos materiais não modificados, mesmo avaliando bandas de menor intensidade (THOMSEN & REICH, 2000; SAITO et al., 2002).

Na Figura 3 são observados os padrões de difração de raios-X para as amostras a base de hidrotalcita, com perfis identificados como sendo característicos de uma fase única de hidrotalcita carbonatada de magnésio e alumínio com estrutura cristalina romboédrica de grupo espacial R-3m, de acordo com a referência PDF nº 89-460 (JCPDS, 2003).

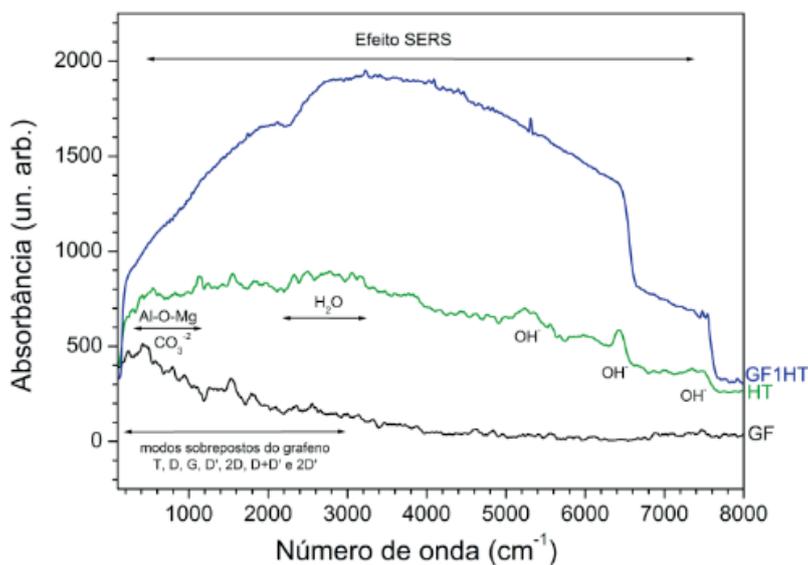


Figura 2. Espectros Raman para as amostras GF, HT e GF1HT.

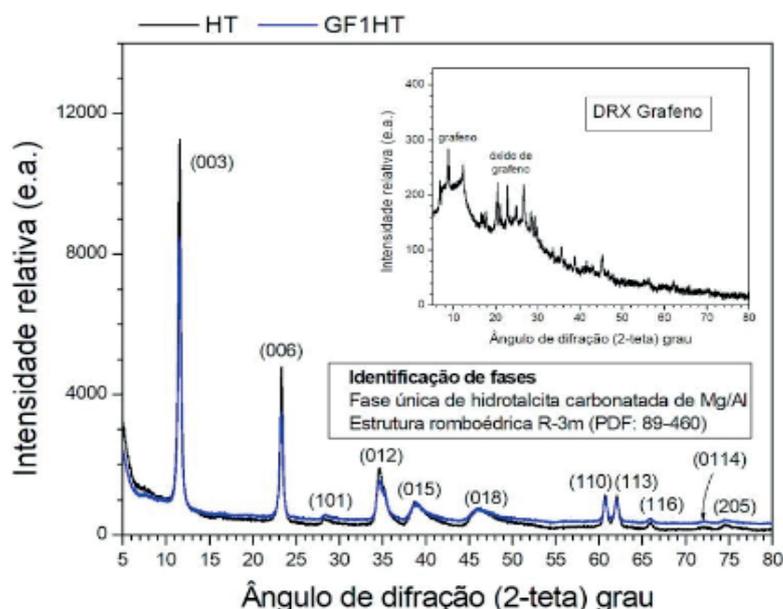


Figura 3. Padrões de difração de raios-X das amostras HT, GF1HT e GF (detalhe).

Os perfis de difração destas amostras são equivalentes, assegurando que a incorporação de folhas de grafeno não modifica o arranjo padrão do cristal de hidrotalcita. No entanto, o padrão de difração do grafeno é predominantemente amorfo, com uma infinidade de pequenos picos bem estreitos e pouco intensos, relacionados a resíduos de síntese. Entretanto, podem ser vistos dois picos gaussianos alargados em 10 e 25 °(2-teta), os quais são característicos de folhas empilhadas de grafeno e óxido de grafeno, respectivamente.

Os estudos de adsorção foram iniciados preparando soluções padrões de cromo(III) a partir da concentração inicial de 0,1 mol L⁻¹ e sendo diluída sucessivamente até a obtenção das concentrações: 0,05 mol L⁻¹, 0,01 mol L⁻¹, 5,0.10⁻³ mol L⁻¹, 1,0.10⁻³ mol L⁻¹, 5,0.10⁻⁴ mol L⁻¹ e 1,0.10⁻⁴ mol L⁻¹. Os espectros de absorção na região do UV-Vis para todas as soluções padrões de cromo(III) apresentam uma correlação adequada dos perfis de absorção e das intensidades relativas das duas bandas principais no decorrer das diluições (Figura 4.a).

A banda de máxima intensidade localizada em 360 nm foi escolhida para obtenção da curva de calibração, segundo a equação de Lambert-Beer, a qual pode ser vista na Figura 4.b e também para o cálculo da concentração residual de cromo(III). Todos os pontos da curva permaneceram em linearidade e a regressão linear apresentou a seguinte equação de reta: $Y = 0,00114(0,00362) + 15,78738(0,08525)$, o que representa um valor de absorvidade molar de 15,79 L mol⁻¹ cm⁻¹.

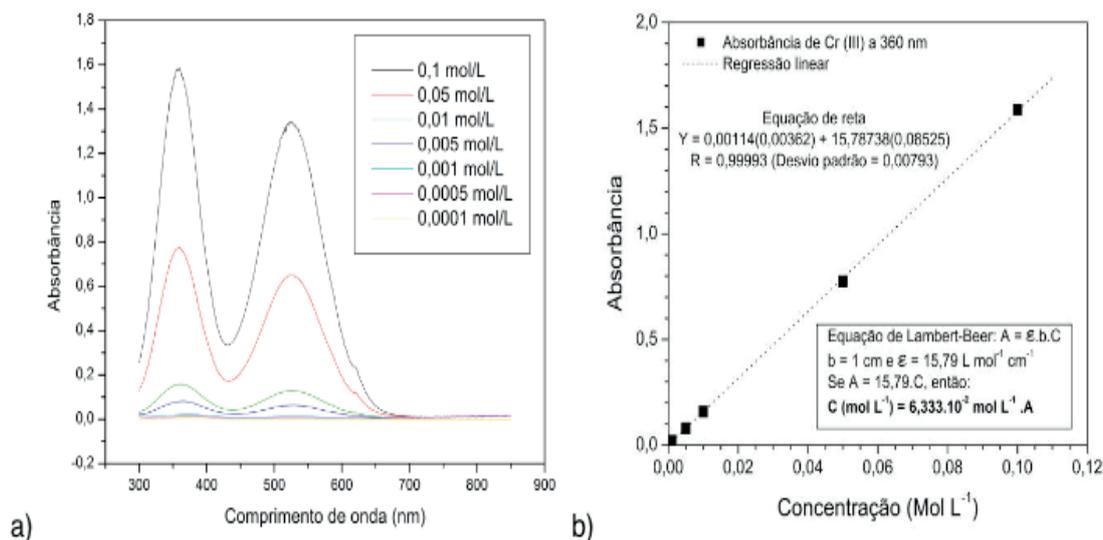


Figura 4. a) Espectros UV-Vis para as diferentes concentrações das soluções padrões de cromo(III). b) Curva de calibração para o cromo(III) a 360 nm.

Após os testes de adsorção de cromo(III) em cada um dos materiais adsorventes, foram retiradas alíquotas da solução poluente e analisadas por espectroscopia de absorção na região do UV-Vis (Figura 5). A concentração final C , em mol L⁻¹, para cada alíquota após o teste de adsorção, foi calculada multiplicando a absorbância A pelo inverso da absortividade molar, expressa como $6,333 \cdot 10^{-2}$ mol L⁻¹, e tendo o caminho óptico como parâmetro constante de 1 cm, o que resulta na equação rearranjada: $C = 6,333 \cdot 10^{-2} \cdot A$.

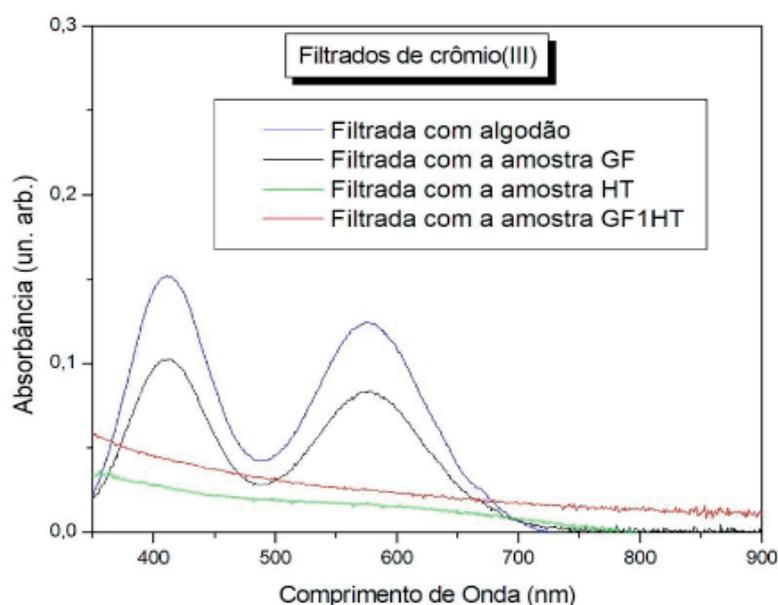


Figura 5. Espectros UV-Vis para as alíquotas obtidas nos testes de remoção de cromo(III).

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos para este cálculo e a porcentagem de cromo(III) adsorvida após o processo, a qual foi obtida pela equação abaixo, onde C_i é a concentração inicial da solução e C_f é a concentração final após filtração com o respectivo material adsorvente.

$$\% \text{ adsorvida} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Material Adsorvente	Concentração inicial (mol L-1)	Absorbância em 360 nm (un. arb.)	Concentração final (mol L-1)	% crômio(III) adsorvida
Algodão	0,01	0,15	0,0095	5
Grafeno GF	0,01	0,10	0,0063	37
Hidrotalcita HT	0,01	0,03	0,0019	81
Nanocompósito GF1HT	0,01	0,05	0,0031	69

Tabela 1. Valores de Concentração obtidos para as soluções de crômio(III).

A amostra de hidrotalcita apresenta uma porcentagem de adsorção de crômio(III), de 81 % em valor absoluto e 76 %, em valor normalizado, incluindo a influência do algodão. Já a amostra de nanocompósito GF1HT apresenta adsorção de 69 % em valor absoluto e 64 %, em valor normalizado. Esta diminuição provavelmente é influenciada pela presença do grafeno, que apresentou adsorção absoluta de 37 %, sendo 32 % em valor normalizado.

Na Figura 6, podem ser vistos os materiais adsorventes grafeno, hidrotalcita e nanocompósito, após a passagem da solução de crômio(III). Como o grafeno e o nanocompósito grafeno/hidrotalcita possuem colorações escuras, os processos de incorporação de crômio(III) não ficam tão nítidos, como ocorrido para a amostra de hidrotalcita.

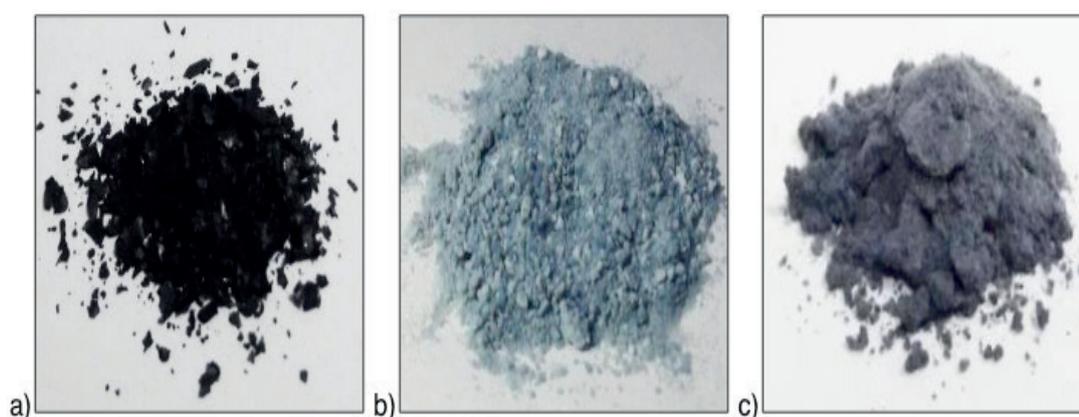


Figura 6. Materiais Adsorventes após filtração de crômio(III): a) GF, b) HT e c) GF1HT.

O estudo de adsorção de soluções de fenolftaleína foi mais complexo do que o executado para as soluções de crômio(III). Na Figura 7.a podem ser visualizados os espectros UV-Vis para as soluções padrões de fenolftaleína, iniciando na concentração de 0,1 mol L-1, e diluindo até obter as mesmas concentrações usadas para o crômio(III).

Entretanto, foi necessário a utilização de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) com pH 11 para os processos de diluição, de maneira que não influenciasse

o pH ou o perfil de absorção da fenolftaleína. Em concentrações em torno de $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, aparece um ruído no espectro na região de máxima absorção próxima a 550 nm , o que inviabiliza a obtenção dos valores de máxima absorção para construção da curva de calibração. Em contrapartida, quando a concentração diminui a valores próximos de $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$, a banda de absorção fica tão próxima do background, impossibilitando ainda a tomada de valores de absorção máxima.

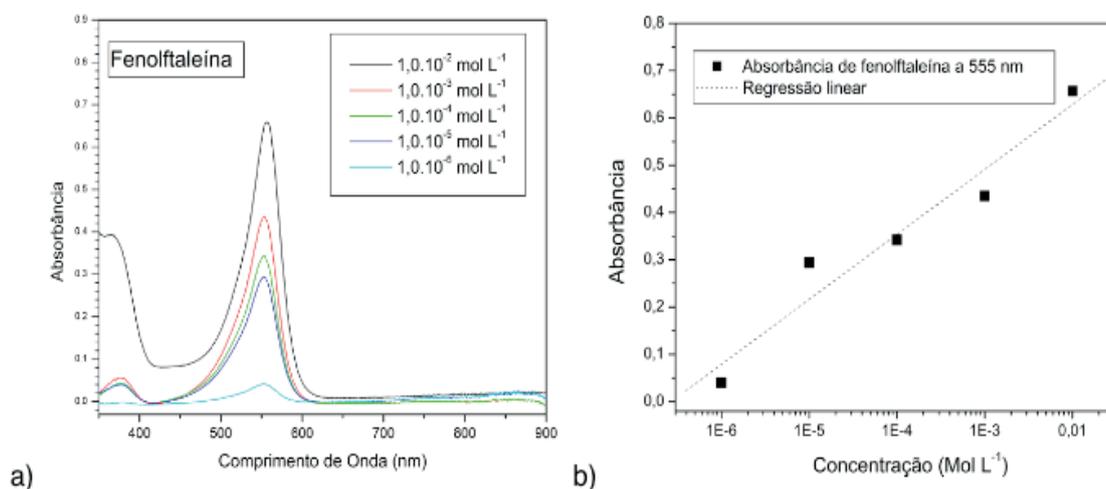


Figura 7. a) Espectros UV-Vis para as diferentes concentrações das soluções padrões de fenolftaleína. b) Curva de calibração para a fenolftaleína a 555 nm .

Na Figura 7.b pode ser observada a curva obtida com os valores de absorbância coletados, mas a curva não apresentou intervalo de linearidade, demonstrando um ajuste vago e não representativo dos pontos, não sendo possível calcular a porcentagem de adsorção de fenolftaleína. Nicholson (1989) relaciona este fenômeno a um efeito de descoloração da fenolftaleína em meio alcalino, tanto maior quanto maior o pH.

As absorbâncias relativas para o estudo de adsorção de fenolftaleína (Figura 8) mostraram que a fase grafeno e o compósito apresentaram maiores reduções de absorbância nas alíquotas filtradas do que a amostra de hidrotalcita. Este resultado pode ser ainda mais expressivo se considerarmos que a hidrotalcita é um hidróxido duplo lamelar, cujo produto de solubilidade em água gera um pH de $10,5$, ou seja, que parte do resultado pode ser via esmaecimento da fenolftaleína ainda em solução e não de sua remoção.

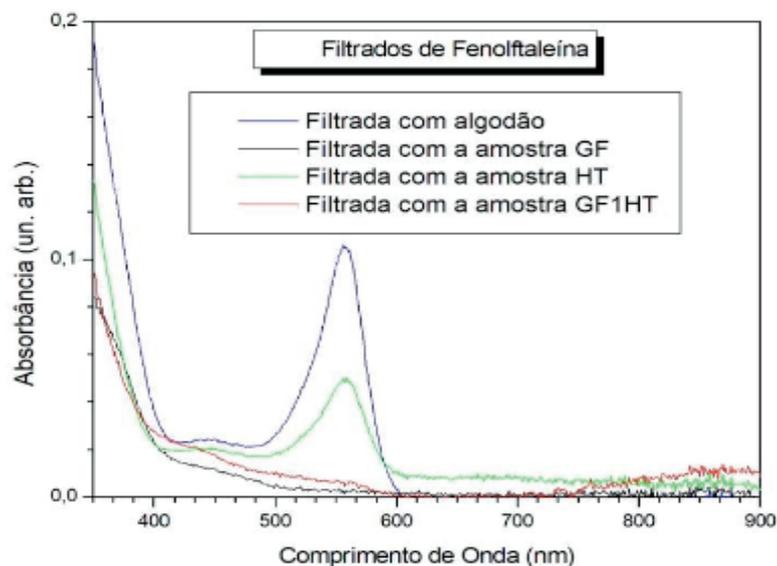


Figura 8. Espectros UV-Vis para as alíquotas obtidas nos testes de remoção de fenolftaleína.

Ao observar a coloração dos materiais adsorventes após a passagem da solução de fenolftaleína (Figura 9), pode-se inferir que a capacidade adsorptiva dos materiais é de fato muito elevada. Pois, apesar da coloração enegrecida do grafeno dificultar a visualização da presença de fenolftaleína, na amostra de nanocompósito grafeno/hidrotalcita a coloração roxa pode ser visualizada. Mas, é na amostra de hidrotalcita, que mesmo apresentando maior absorbância na alíquota final, onde pode ser observada uma intensa coloração vermelha referente à presença de fenolftaleína adulterada depois de adsorvida.

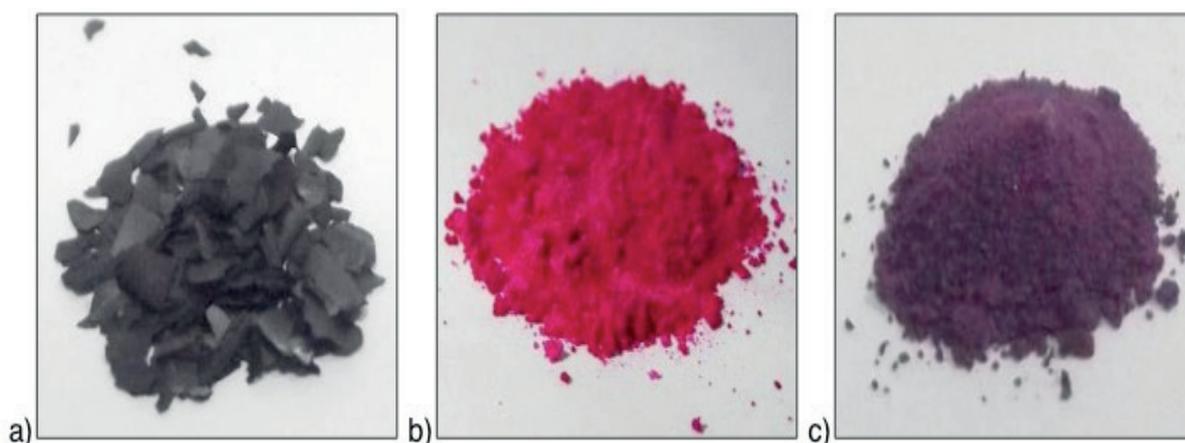


Figura 9. Materiais Adsorventes após filtração de fenolftaleína: a) GF b) HT e c) GF1HT.

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho foi evidenciada a sinergia do material nanocompósito a base de grafeno e hidrotalcita, mostrada por espectroscopia Raman e Difractometria de raios-X em comparação as fases isoladas, que indicam a existência de uma interação em escala nanométrica entre os dois materiais, mas preservando a natureza cristalina

da hidrotalcita mediante a inserção de folhas de grafeno. Este aspecto se mostrou importante para a hidrotalcita como adsorvente para os cátions de cromo(III), que manteve a mesma performance da hidrotalcita isolada. No entanto, quando o adsorvato é a fenoltaleína, a hidrotalcita parece não afetar este processo, permitindo que o grafeno atue como na forma isolada.

Assim sendo, os resultados deste trabalho mostram que a proposta de desenvolver um material adsorvente bifuncional para meios contaminados com metais pesados e micropoluentes orgânicos é factível. De todo modo, é possível ampliar este estudo estudando outros metais pesados e outros micropoluentes orgânicos, contribuindo para obtenção de materiais similares com capacidade adsorvativa ainda maiores.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FUNDECT-MS, CNPq, CAPES, FINEP e PIBAP/UEMS pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGHIGH, A.; ALIZADEH, V.; WONG, H. Y.; ISLAM, M. S.; AMIN, N.; ZAMAN, M. Recent advances in utilization of graphene for filtration and desalination of water: A review. **Desalination**, 365 389-397, 2015.

ANDREOZZI, R.; CAPRIO, V.; INSOLA, A.; MAROTTA, R. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. **Catalysis Today** 53 51-59, 1999.

AVILA, E. S.; MELO, C. C. N.; SAMPAIO, T. P.; MACHADO, F. M. Síntese e caracterização de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.3, n.1, p.19-24, 2017.

BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do filtro de água em São Paulo. **Anais do Museu Paulista**, 12 161-191, 2004.

BOLONG, N.; ISMAIL, A. F.; SALIM, M. R.; MATSUURA, T. A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. **Desalination** 239 229-246, 2009.

ISLAM, M. S.; AHMED, M. K.; RAKNUZZAMAN, M. HABIBULLAH -AL- MAMUN, M.; ISLAM, M. K. Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. **Ecological Indicators** 48 282-291, 2015.

JCPDS - **Joint Committee on Powder Diffraction Standards**. International Center for Diffraction Data. Powder Diffraction File, Pennsylvania, 2003.

KAGUNYA, W.; BADDOUR-HADJEAN, R.; KOOLI, F.; JONES, W. Vibrational modes in layered double hydroxides and their calcined derivatives. **Chemical Physics**. 236 1-3 225-234, 1998.

MAHER, A.; SADEGHI, M.; MOHEB, A. Heavy metal elimination from drinking water using nanofiltration membrane technology and process optimization using response surface methodology. **Desalination** 352 166-173, 2014.

MONTEIRO, M.I.C.; FRAGA, I.C.S.; YALLOUZ, A. V.; DE OLIVEIRA, N. M. M.; RIBEIRO, S.H. Determination of total chromium traces in tannery effluents by electrothermal atomic absorption

spectrometry, flame atomic absorption spectrometry and UV–visible spectrophotometric methods. **Talanta** 58, 629-633, 2002.

NICHOLSON, L. Kinetics of the Fading of Phenolphthalein in alkaline solution. **Journal of Chemical Education** V. 66 n. 9, 1989.

PALMER, J.; FROST, R. L.; SPRATT, H. J. Synthesis and Raman spectroscopic study of Mg/Al,Fe hydrotalcites with variable cationicratios. **Journal of Raman Spectroscopy** 40, 1138-1143, 2009.

PERREAULT, F.; DE FARIA, A. F.; ELIMELECH, M. Environmental applications of graphene-based nanomaterials. **Chemical Society Review** 44, 5861-5896, 2015.

SAITO, R.; JORIO, A. SOUZA-FILHO, A. G.; DRESSELHAUS, G.; DRESSELHAUS, M. S.; PIMENTA, M. Probing Phonon Dispersion Relations of Graphite by Double Resonance Raman Scattering. **Physical Review Letters**. 88 027401, 2002.

SONNENBERG, A.; MULLER, A. D. Constipation and cathartics as risk factors of colorectal cancer: a meta-analysis. **Pharmacology** 47(suppl 1): 224-233, 1993.

STACKELBERG, P. E.; GIBS, J.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; LIPPINCOTT, L. Efficiency of conventional drinking-water-treatment processes in removal of pharmaceuticals and other organic compounds. **Science of The Total environment**, 377 2-3 255-272, 2007.

THOMSEN, C. & REICH, S. Double Resonant Raman Scattering in Graphite. **Physical Review Letters**. 85 5214, 2000.

UDDIN, M. K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. **Chemical Engineering Journal**, 308 438-462, 2017.

WANG, P.; ZHANG, D.; ZHANG, L.; FANG, Y. The SERS study of graphene deposited by gold nanoparticles with 785 nm excitation. **Chemical Physics Letters**. 556 146-150, 2013.

ZHAO, M.; ZHANG, Q.; HUANG, J.; WEI, F. Hierarchical Nanocomposites Derived from Nanocarbons and Layered Double Hydroxides - Properties, Synthesis, and Applications. **Advanced Functional Materials**. 22, 675-694, 2012.

A VOLTA MAIS RÁPIDA PARA OBTER REDUÇÃO DE CUSTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL CONSIDERANDO O CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Ivan Luiz Portugal Basile

Programa de pós-Graduação, Mestrado
Profissional em Habitação: Planejamento e
Tecnologia – IPT – São Paulo, SP.

Eduardo Ioshimoto

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,
Departamento de Engenharia de Construção Civil
– São Paulo, SP.

André Luiz Gonçalves Scabbia

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de
São Paulo – IPT São Paulo, SP.

RESUMO: O objetivo deste artigo é reduzir o custo na construção civil com a aplicação estruturada de um método denominado engenharia do valor, considerando todas as etapas do ciclo de vida da edificação. O método de pesquisa foi o estudo de caso de vinte imóveis comerciais que passariam por reforma para atender a um uso específico. Foram identificadas as etapas do ciclo de vida da edificação, analisando todas as funções principais ou secundárias de cada etapa, como projeto, obra, uso, manutenção e descarte, identificando o custo para a realização dessas funções, assim como sua classificação de acordo com sua importância. Com a aplicação do método, foram reveladas oportunidades de redução de custo, eliminando, reduzindo ou substituindo atividades desnecessárias.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia do valor, redução de custo, ciclo de vida da edificação, construção civil.

THE FASTEST LAP FORT COST REDUCTION IN CONSTRUCTION CONSIDERING THE LIFE CYCLE BUILDING

ABSTRACT: The purpose of this article is to obtain cost savings in construction to the structured application of a method known as value engineering, considering all steps of the building lifecycle. The research method was the case study of twenty commercial properties that would undergo reform to meet a specific use. The stages of the building life cycle were identified by analyzing all major and minor functions of each stage, as project work, use, maintenance and disposal, identified the cost for carrying out these functions, as well as their classification according to their importance. By applying the method, cost reduction opportunities were revealed, eliminating, reducing or replacing unnecessary activities.

KEYWORDS: value engineering, cost, life cycle building, construction.

1 | INTRODUÇÃO

A expansão da população economicamente ativa coloca o Brasil no caminho das economias desenvolvidas, onde o crescimento econômico reflete no número de cidadãos incluídos no sistema financeiro, possibilitando o aumento de crédito [1]. A expansão de instituições bancárias, com a ampliação de seus pontos comerciais, possibilita este contexto, fortalecendo a economia, controlando o crédito e favorecendo a distribuição econômica em diversas regiões do país. O setor da construção civil agrega um conjunto de atividades de grande importância para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, favorecendo a ampliação das instituições bancárias [1].

Neste contexto, a indústria da construção civil possui papel fundamental, uma vez que os imóveis devem ser reformados e adaptados para que essa expansão ocorra. Porém, o custo para reformar um imóvel e implantar uma agência torna-se oneroso, comprometendo todo o processo. Assim, encontrar um método que possibilite reduzir o custo, gerando economia e viabilizando a expansão, torna-se decisivo para tomada de decisão.

A engenharia do valor (EV) surge como um método que possibilita essa redução de custo, não somente na etapa de construção ou reforma, mas em todas as etapas do ciclo de vida da edificação. Surgiu durante a Segunda Guerra Mundial devido à utilização, pela indústria bélica, de materiais como o metal e o cobre, resultando na pesquisa por novas opções com menor valor e de fácil obtenção, sem comprometer a qualidade dos produtos [8]. Toda edificação possui um ciclo de vida que constitui-se de cinco etapas, assim definidas: projeto, obra, uso, manutenção e descarte, além de possuir uma vida útil que se traduz pelo período de tempo, após a construção ou reforma, no qual o edifício ou os seus elementos igualam ou excedem as exigências mínimas de desempenho [2]. A avaliação do ciclo de vida da edificação (ACV) destaca-se como modelo de gestão para análise das etapas, assim como seus principais itens, favorecendo a aplicação do método de EV.

O objetivo deste artigo é obter redução de custo na construção civil, analisando todas as etapas do ciclo de vida da edificação, aplicando o método de engenharia do valor (EV).

2 | O CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

A definição da análise do ciclo de vida (ACV), elaborada pela International Standardization for Organization (ISO), é a avaliação de entradas e saídas, de matérias primas e recursos energéticos e impactos ambientais potenciais de um produto através de seu ciclo de vida [2]. A ACV pode auxiliar na tomada de decisões relacionadas ao planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto de produtos, dentre outros. Na construção civil, o conceito de ACV tem sido aplicado na avaliação de materiais de construção para fins de melhorias de processos e produtos ou informação a projetistas, esquemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios, dentre outros [3].

Considerando a reforma de uma edificação comercial, é importante verificar todas as etapas do ciclo de vida da edificação assim como seus principais itens, analisando o projeto (levantamento, estudo preliminar, etc.), obra (acabamentos, etc.), uso (vida útil dos materiais), manutenção (preditiva, preventiva, etc.) e descarte (resíduos, reciclagem, etc.). A figura 1 ilustra a volta completa considerando todas as etapas do ciclo de vida da edificação.



Figura 1. O ciclo de vida da edificação e suas etapas.

Fonte: Adaptado pelo autor

2.1 Etapas do ciclo de vida da edificação

Para melhor compreensão dessas etapas, no contexto da edificação, compete descrever detalhadamente as mesmas. A fase de projeto define os elementos técnicos que compõem as informações necessárias ao seu desenvolvimento e pode ser definida como um conjunto de ações caracterizadas e qualificadas, necessárias à concretização da obra. Compõem as fases do projeto o levantamento, o estudo preliminar, o anteprojeto, projeto legal e projeto executivo [4]. A fase de obra contempla o sistema construtivo, planejamento, limpeza, montagem do canteiro de obras, demolição, paredes e vedações, cobertura, instalações, acabamentos e revestimentos, esquadrias, forros e pinturas, louças e metais, comunicação visual interna e externa, painéis metálicos e limpeza final.

A fase de uso é caracterizada pela correta utilização, pelo usuário, dos sistemas instalados na edificação, cabendo a ressalva para não introduzir mudanças na destinação, atribuir sobrecargas não previstas pelo construtor por meio do manual de uso e operação da edificação, ou ainda introduzir alterações nas condições previstas originalmente nos projetos. A fase de manutenção, que envolve o planejamento e pode

ser preditiva, preventiva, corretiva e detectiva, procura realizar atividades para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários [5]. Encerrando o ciclo de vida da edificação, a fase de descarte, que considera os resíduos gerados, provenientes das perdas ocorridas durante o processo de construção ou de demolições.

Desta maneira, é necessário analisar todos os custos que envolvem o ciclo de vida da edificação.

2.2 O custo do ciclo de vida da edificação

A análise do custo do ciclo de vida da edificação (ACCV) é um processo de avaliação econômica de projetos, onde são considerados todos os custos referentes à aquisição, desenvolvimento, operação, manutenção e desativação, desde que os mesmos sejam considerados potencialmente importantes para uma tomada de decisão [6].

A estruturação dos custos do ciclo de vida da edificação se apresenta conforme abaixo:

- **Custos iniciais:** Projetos – envolvem os custos dos projetos iniciais, concepção de arquitetura e engenharia civil, consultorias, regulamentação e administração. Construção – envolvem os custos de operação, aquisição de materiais e equipamentos, adequações, dentre outros;
- **Operação:** Envolve todos os custos relacionados com o funcionamento das instalações, excluindo os custos de manutenção.
- **Manutenção:** Envolve os custos correspondentes ao plano de manutenção associados a pequenos reparos, pinturas, limpezas, inspeções, dentre outros.
- **Demolição:** Corresponde a última fase do ciclo de vida e inclui a desativação das instalações, descarte dos materiais, limpeza e remoção de resíduos.

AACCV é comumente aplicada para avaliar alternativas construtivas satisfazendo o nível de desempenho, apresentando custos diferentes de operação, manutenção e reparos, selecionando o sistema mais eficiente de manutenção, analisando o projeto ou sistema predial, tendo como base seus custos ao longo do ciclo de vida da edificação. É essencial para justificar medidas que podem requerer maior investimento inicial, porém resultar em menores custos operacionais ao longo do tempo [6]. A estrutura de custo é eficaz para a ACCV, uma vez que identifica e organiza os custos a considerar na análise, conforme figura 2.

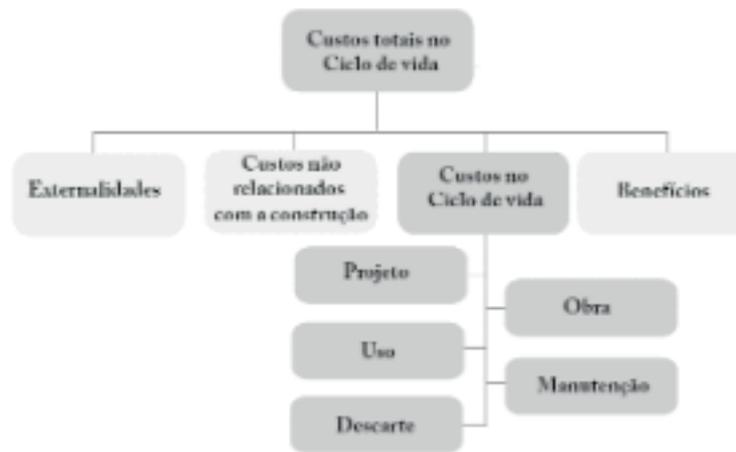


Figura 2. Identificação das etapas a considerar na análise do custo do ciclo de vida da edificação.

Fonte: Adaptado pelo autor

Neste estudo foram considerados os custos totais das etapas do ciclo de vida da edificação e os valores foram obtidos a partir de dados históricos de aplicações tipo.

3 | O CONCEITO DA VOLTA MAIS RÁPIDA

O termo volta mais rápida, utilizado no título deste artigo, procura fazer uma associação à Fórmula Um, onde o piloto atinge condições ideais para tentar buscar a primeira posição. Para o trabalho aqui apresentado, será demonstrado como alcançar a volta mais rápida considerando o menor custo de cada etapa do ciclo de vida da edificação, após a aplicação do método de redução de custo denominado EV.

4 | ENGENHARIA DO VALOR

A engenharia do valor (EV) é um método utilizado para identificar e remover custos desnecessários na elaboração de projetos, de produtos ou na execução de serviços. Constitui uma metodologia de amplo alcance na gestão de problemas relacionados a custos e serviços nas empresas, empregando técnicas que possibilitam a redução de custo, aumentando o valor para o usuário.

Sua origem teve início durante a Segunda Guerra Mundial, que provocou a escassez de materiais destinados à indústria bélica. Durante os anos de conflito, a técnica era direcionada à pesquisa de novos materiais com custo mais baixo e com maior disponibilidade, substituindo outros de custo mais elevado e pouca disponibilidade [7]. A metodologia foi desenvolvida pelo engenheiro Lawrence D. Miles, da General Electric (GE), que tinha a missão de encontrar novos materiais, de mais baixo custo e fácil obtenção, que substituíssem os utilizados para a fabricação de equipamentos de guerra. Em sua pesquisa, Miles descobriu que cada material possui propriedades únicas que poderiam melhorar o produto se ele modificasse o design para obter

vantagens destas propriedades, além de reduzir o custo de produção, abordando a função pretendida do produto. Com o desenvolvimento do trabalho, Miles batizou o processo de análise do valor (AV), que evoluiu para uma atividade de equipe com o objetivo de reduzir os custos elevados dos produtos e seus componentes, mantendo suas funções básicas [8].

Em 1945, os potenciais resultados conquistados chamaram a atenção da marinha americana, que convidou Miles para aplicar o processo pessoalmente. Devido ao fato da atividade de engenharia ser a principal na marinha, a metodologia de AV passou a ser batizada de EV, sendo que a AV é mais utilizada para produtos já desenvolvidos e que estão em fase de produção, enquanto a EV é utilizada durante o desenvolvimento do produto [7], conforme ilustrado na figura 3.

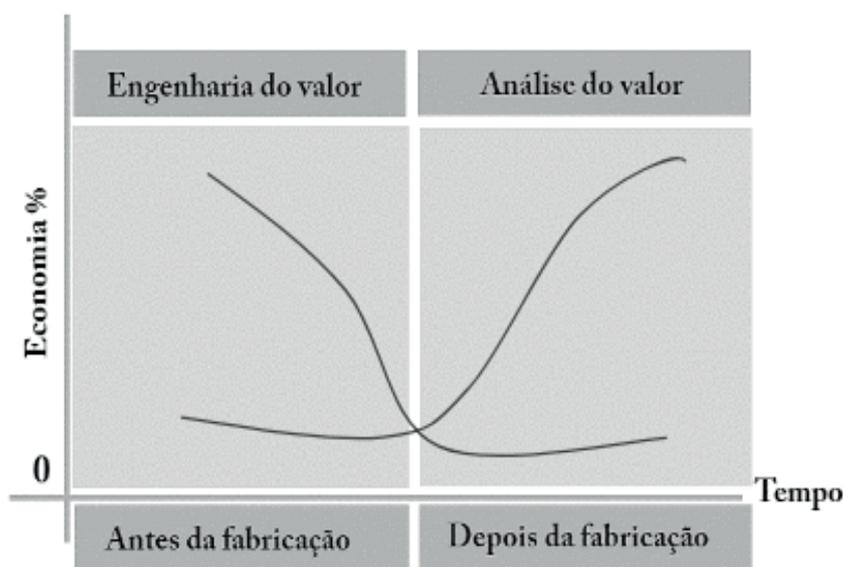


Figura 3. Engenharia e análise do valor: resultados antes e depois.

Fonte: Adaptado pelo autor

Um novo conceito, que considera a análise de um conjunto de atividades conduzidas pelas empresas considerando setores técnicos, produtivos, administrativos, dentre outros, passou a ser denominado como gestão do valor [12]. Faz parte da gestão do valor:

Os critérios de valor: São enfoques que regulamentam a aplicação das disciplinas de valor como educação e treinamento, políticas e procedimentos, dentre outros;

A análise do valor: Aborda problemas ou oportunidades envolvendo a gestão, sistemas administrativos de análise e processos de resolução;

A engenharia do valor: Aborda problemas ou oportunidades envolvendo as ciências físicas como princípio da disciplina na resolução.

A figura 4 ilustra os componentes que fazem parte da gestão do valor.

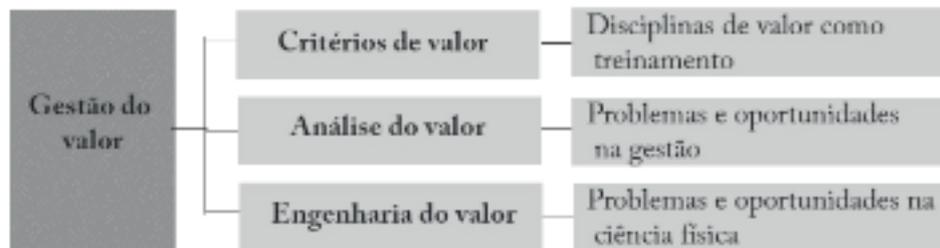


Figura 4. Componentes da Gestão do valor.

Fonte: Adaptado pelo autor

4.1 Função e valor

Quando pensamos em um produto ou serviço, é necessário compreender a diferença entre função e valor. Função é a atividade desempenhada por um produto ou serviço que visa atender às necessidades do usuário [9], sendo definida por meio de um verbo e um substantivo. Como por exemplo, a função de uma lâmpada é transmitir (verbo) luz (substantivo). As funções podem ser classificadas por tipos e classes, conforme quadro 1.

Tipos de função	Descrição
Função de uso	Gera o custo de uso do produto ou serviço analisado. Trata-se de uma função mensurável
Função de estima	Gera o desejo de possuir o produto e se relaciona à estética. Trata-se de uma função subjetiva, difícil de ser mensurada
Classes de função	Descrição
Função principal	Trata-se da finalidade principal de um produto
Função secundária	Trata-se da função que auxilia no desempenho de um produto ou serviço. Existe para garantir a função principal
Função desnecessária	Função desempenhada pelo produto à qual o usuário não dá valor ou não faz uso

Quadro 1: Tipos e classes de função.

Fonte: Adaptado de Csillaq (1994).

Valor, por definição, está relacionado a algo, mercadoria, produto ou serviço, e pode ser medido em termos monetários. Desta forma, valor representa o custo mínimo de uma peça ou produto acabado, que irá desempenhar confiavelmente as funções [7]. O quadro 2 apresenta os tipos de valor e suas definições.

Tipos	Descrição
Valor de custo	Total de recursos medido em dinheiro
Valor de uso	Medida monetária das prioridades ou qualidades que possibilitam o desempenho de determinado produto ou serviço
Valor de estima	Medida monetária das prioridades, características ou atratividades que tornam o produto desejável
Valor de troca	Medida monetária das prioridades ou qualidades de um item que possibilita sua troca por outro

Quadro 2: Tipos de valor.

Fonte: Adaptado de Csillaq (1994).

É importante destacar que, na visão empresarial, valor é a função do custo total para produzir e vender e, conseqüentemente, do lucro que é possível se obter. Na visão do consumidor, valor é a combinação da função da atividade que o objeto irá desempenhar, da qualidade e durabilidade, do preço e das ofertas de produtos semelhantes existentes no mercado. Assim, podemos expressar que valor é o resultado da função sobre o custo e corresponde ao menor gasto de recursos para desempenhar determinada função, tanto para o fabricante quanto para o usuário [10].

4.2 Plano de trabalho

A aplicação da metodologia de EV requer um plano de trabalho estruturado, com a formação de um grupo multidisciplinar, envolvendo diversas áreas que fazem parte do processo com o objetivo de analisar e selecionar a melhor alternativa de valor estabelecendo um cronograma de implementação, assim como um procedimento de acompanhamento [11]. Neste artigo, o plano de trabalho está dividido em seis fases sequenciais, que organizam o processo de implantação da metodologia, representado pela figura 5.



Figura 5. Etapas do plano de trabalho.

Fonte: Adaptado pelo autor

4.3 Engenharia do valor na construção civil

O setor da construção civil é um dos principais responsáveis pelo crescimento econômico e é um índice que indica o crescimento da nação. A demanda por espaços comerciais vem crescendo, e a ampliação de pontos torna-se estratégica para os negócios. Atualmente a indústria da construção civil emprega 20 milhões de trabalhadores, direta e indiretamente. Manter os custos baixos aplicando métodos tradicionais tem sido uma prática comum para melhorar a competitividade [1].

Economizar dinheiro e, ao mesmo tempo, proporcionar melhor valor é um conceito que atrai a todos. A EV é amplamente utilizada em diversas áreas da economia, destacando-se as indústrias automobilísticas, tecnologia da informação, petroleira, máquinas e serviços, papel e celulose, dentre outras. Porém sua utilização na indústria da construção civil limita-se a etapa de obra apenas na fase de acabamentos [12].

As empresas do setor de construção civil procuram manter seus custos ao nível mais baixo, diminuindo o seu preço de reserva em comparação aos seus rivais, porém, tentam concluir a construção com o menor custo para obter lucros altos. A aplicação da EV na construção civil possui dois propósitos, primeiro, fornecer uma rigorosa metodologia para reduzir o custo sem degradar o desempenho, confiabilidade, manutenção ou segurança e segundo, proporcionar um método eficiente de gestão.

A EV não substitui técnicas eficazes de redução de custos que têm sido utilizadas, porém, essas técnicas não consideram o rendimento ou a qualidade de um produto, enquanto que a abordagem de engenharia de valor busca o menor custo para executar a função pretendida, ao invés de encontrar a maneira de produzir com custo mais baixo. A diferença entre a EV e as técnicas de redução de custo é que a EV é orientada pela função, principal ou secundária, enquanto outras técnicas são orientadas pelo método [9].

5 | MÉTODO DE TRABALHO

A metodologia científica utilizada foi o método de estudo de caso que objetiva a simulação da aplicação da teoria em exemplos reais para as etapas do ciclo de vida da edificação. A figura 6 apresenta o fluxo do processo de aplicação do método da EV para o estudo de caso.

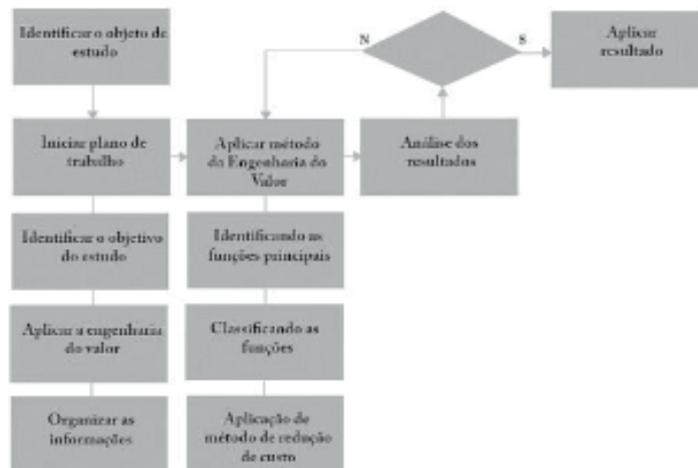


Figura 6. Fluxo de processos de aplicação da EV.

Fonte: Adaptado pelo autor

5.1 Ambiente do estudo de caso

O estudo de caso está baseado na aplicação do método de engenharia do valor (EV) em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, considerando a decisão de reformar imóveis comerciais ampliando a rede de atendimento. Neste contexto, a identidade da empresa será preservada, contudo algumas características serão mencionadas, uma vez que se trata de uma empresa do ramo financeiro, que incentiva investimentos, expandindo a oferta de produtos e serviços, promovendo a inclusão bancária e a mobilidade social, por meio de sua rede de atendimento, presente em todas as regiões do país, incluindo agências, postos bancários, dentre outros. Será apresentado o método considerando todas as suas fases e posteriormente a análise dos resultados.

5.2 Aplicação do método

O método de EV será aplicado em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, identificando as funções principais de cada etapa e eliminando, substituindo ou reduzindo funções consideradas não relevantes [13]. Para tanto serão demonstradas, nos próximos itens, todas as fases que compõem a aplicação do método.

5.3 Fase de preparação

Corresponde a primeira fase do processo onde devem ser determinados os recursos a serem estudados no ciclo de vida da edificação, como projetos, obra, uso, manutenção e descarte. Também define-se a equipe de profissionais e o plano de trabalho em função do objetivo a ser atingido. São coletadas opiniões dos especialistas de diferentes áreas, revelando o objetivo e as necessidades para se realizar a proposta.

5.4 Fase de informação

São identificados os dados e informações sobre os recursos atuais, como quantidade de projetos executados, acabamentos utilizados na obra, o uso correto da edificação, tipo de manutenção e maneira de executar o descarte dos itens do imóvel estudado. Em seguida identificam-se as funções principais e secundárias de cada recurso, seus custos e seu valor em termos de utilidade das necessidades dos usuários.

5.5 Fase de análise

Nesta fase deve ser efetuado o exame da situação atual, avaliando as funções, por comparação, de cada recurso, como por exemplo, definir a função principal dos projetos, se o conceito possui um padrão, e se é possível eliminar alguns projetos, ou ainda, na fase de obra, definir a função principal de acabamentos como piso, dentre outros.

5.6 Fase de criatividade

Com as informações interpretadas devidamente, são geradas as alternativas que desconsiderem as funções desnecessárias, focando nas funções principais, assim como o custo das mesmas, objetivando alternativas que possibilitem redução de custo, sem perder a funcionalidade, mantendo a qualidade final, todas devidamente analisadas pelos técnicos da equipe de trabalho.

5.7 Fase de julgamento

Fase em que as propostas são quantificadas em cada área para análise e julgamento de prosseguir com a alternativa. Foram analisadas as propostas, com a sugestão da possível troca, substituição ou eliminação de algum item de cada etapa do ciclo de vida da edificação, assim como simulações para verificação da redução média alcançada.

5.8 Fase de planejamento

Os dados obtidos nas fases anteriores são analisados técnica e economicamente, conferindo as propostas definidas para cada etapa, viabilizando um plano de controle que possua todas as informações para alcançar os resultados esperados.

6 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Todas as informações coletadas foram agrupadas pelas etapas que compõe o ciclo de vida da edificação. Os custos apresentados foram organizados utilizando o diagrama de Pareto, classificando os itens de maior importância com relação ao custo, focando o valor de cada item em cada etapa, separando os elementos e auxiliando na

definição de itens prioritários e não prioritários.

A tabela 1 identifica todas as fases assim como os respectivos valores.

Quantidade	Etapas do Ciclo de Vida da edificação					R\$/Total
	Projeto	Obra Civil	Uso	Manutenção	Descont	
Obra 1	74.000	1.335.575	40.000	70.000	80.000	1.599.575
Obra 2	34.204	1.106.164	40.000	70.000	80.000	1.330.368
Obra 3	34.521	899.711	40.000	70.000	80.000	1.124.232
Obra 4	37.957	865.425	40.000	70.000	80.000	1.095.382
Obra 5	34.521	855.780	40.000	70.000	80.000	1.080.301
Obra 6	34.206	644.370	40.000	70.000	80.000	868.576
Obra 7	44.463	626.385	40.000	70.000	80.000	860.848
Obra 8	41.592	626.030	40.000	70.000	75.000	852.622
Obra 9	34.204	635.134	40.000	70.000	70.000	847.338
Obra 10	28.142	626.453	25.000	50.000	45.000	774.596
Obra 11	25.598	589.615	25.000	50.000	45.000	735.213
Obra 12	20.762	559.251	25.000	50.000	40.000	695.013
Obra 13	24.834	551.846	25.000	50.000	40.000	691.680
Obra 14	25.598	454.890	25.000	50.000	40.000	595.448
Obra 15	25.598	422.651	25.000	50.000	40.000	563.229
Obra 16	25.598	405.314	25.000	50.000	40.000	543.912
Obra 17	24.834	397.880	25.000	50.000	40.000	537.714
Obra 18	25.598	382.884	25.000	50.000	40.000	523.482
Obra 19	18.750	362.886	25.000	50.000	40.000	496.636
Obra 20	22.775	323.129	25.000	50.000	40.000	460.903

Tabela 1: Etapas do ciclo de vida da edificação e valores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência, os dados foram classificados e organizados, para visualizar o conjunto dos valores, conforme ilustrado na figura 7.

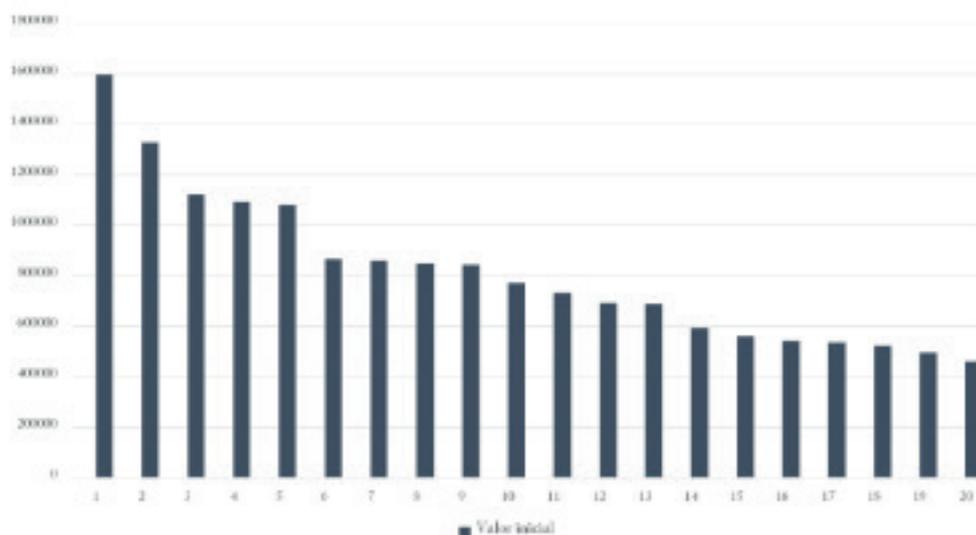


Figura 7. Classificação das obras conforme seus valores.

Fonte: Adaptado pelo autor

Elaborou-se a curva ABC, agrupando as categorias, facilitando a identificação dos custos de maior representatividade econômica considerando cada etapa do ciclo, conforme ilustrado na figura 8.

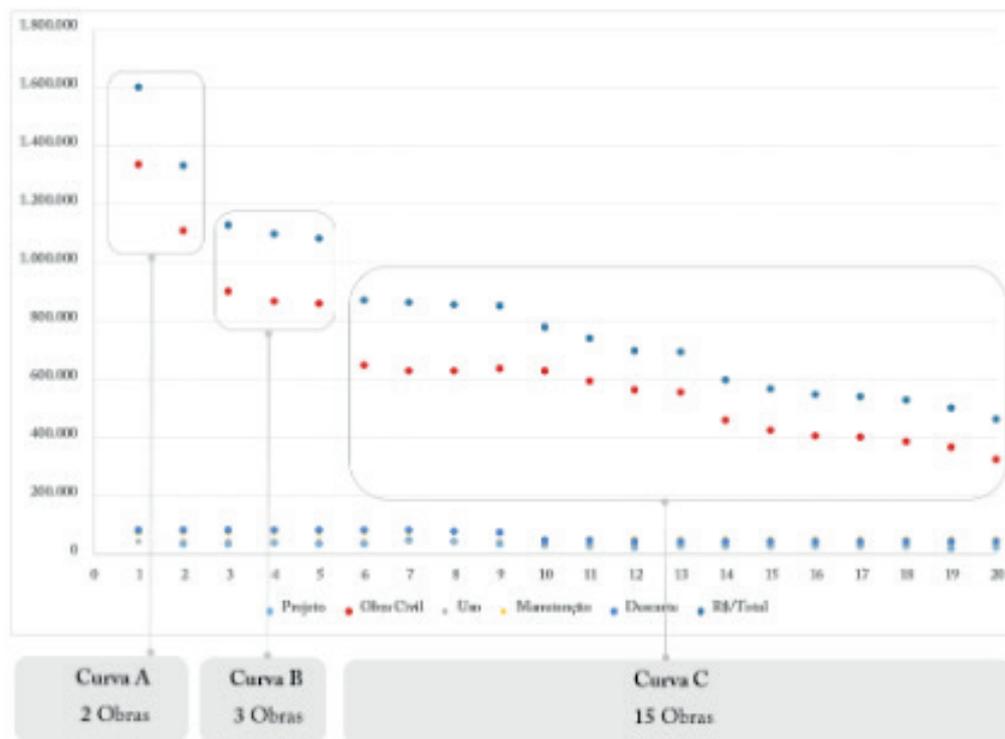


Figura 8. Curva ABC das obras analisadas.

Fonte: Adaptado pelo autor

Uma vez identificados os dados, aplica-se o método da EV para todas as etapas, ou seja, para projeto, organizam-se as informações, agrupam-se as categorias, identificam-se os itens de maior valor, eliminando, substituindo ou reduzindo as funções consideradas não relevantes [12]. Esse procedimento deve ser aplicado para todas as etapas do ciclo de vida. A economia proporcionada pode ser observada na tabela 2.

Etapas do ciclo de vida	Redução estimada (%)	Custo Inicial	Custo Final
Projeto	40	637.756	382.653
Obra	15	12.667.312	10.767.215
Uso	10	635.000	571.500
Manutenção	30	1.180.000	826.000
Descarte	50	1.155.000	577.500
Total	-	16.275.068	13.124.870
Economia Total (R\$)	19	3.150.200	

Tabela 2: Etapas do ciclo de vida, redução estimada, custo inicial e final.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando a redução de custo obtida em relação aos dados iniciais, visualiza-se a comparação conforme demonstra a figura 9.

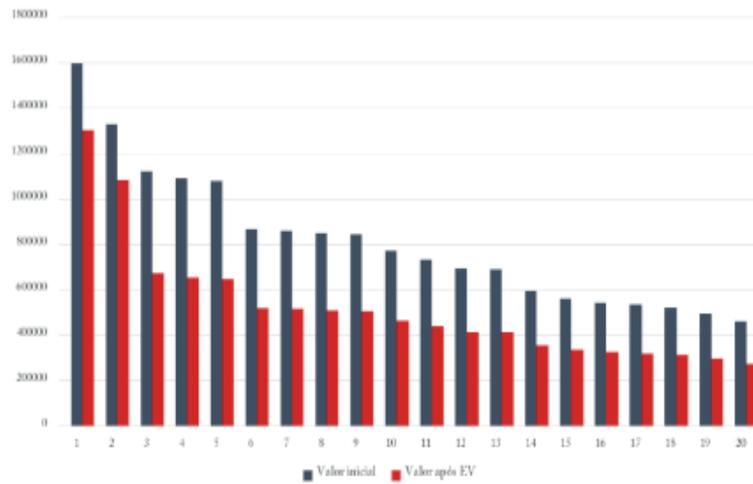


Figura 9. Redução de custo (em vermelho) em cada obra analisada.

Fonte: Adaptado pelo autor

Desta análise observa-se que com a aplicação do método de EV, analisando cada etapa do ciclo de vida definido, a economia é relevante, bem como o alcance da volta mais rápida, considerando a redução de custo, conforme ilustrado na figura 10.

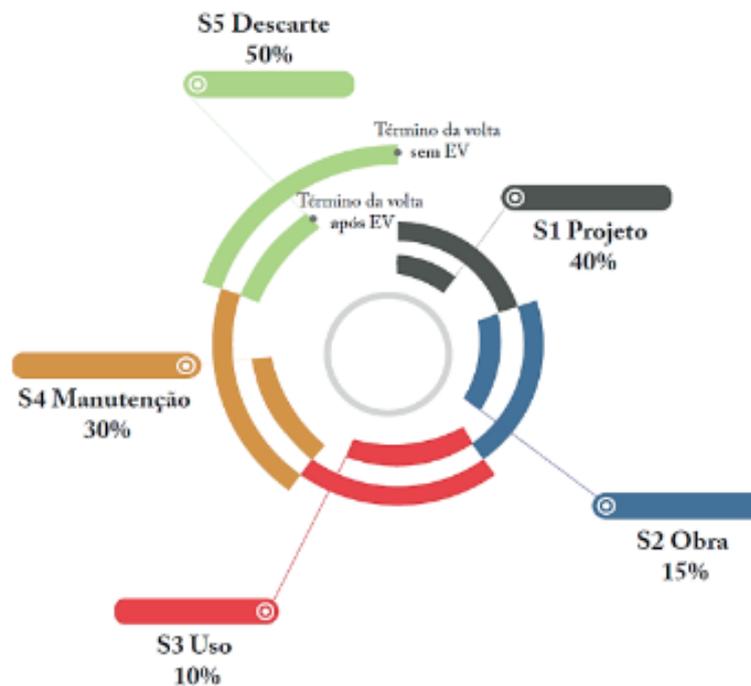


Figura 10. Representação da volta mais rápida com a redução de custo em todas as etapas do ciclo de vida da edificação.

Fonte: Adaptado pelo autor

7 | CONCLUSÕES

No presente artigo procurou-se demonstrar a aplicação do método de EV para obter redução de custo na construção civil, analisando todas as etapas do ciclo de

vida da edificação. O estudo de caso abordou a decisão da ampliação de vinte pontos comerciais, por meio da reforma dos imóveis de uma instituição financeira.

Das análises dos dados coletados, constatou-se que a EV se mostrou um método útil na obtenção de redução de custo, analisando as etapas de projeto, obra, uso, manutenção e descarte, identificando as funções principais de cada fase, minimizando, substituindo ou eliminando funções desnecessárias e maximizando as funções principais.

A pesquisa assinalou que é possível, por meio da aplicação correta do método de EV, reduzir os custos de todas as etapas do ciclo de vida, o que auxilia na decisão de investimento.

REFERÊNCIAS

- [3] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044:2009. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações**. ABNT. Rio de Janeiro, 2009.
- [5] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674 – Manutenção de edifícios – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1999.
- [6] BULL, J.W. (Ed). **Life cycle costing for construction**. 2 ed. Glasgow: Taylor & Francis e-library, 2003. 159p.
- [4] CAMBIAGHI, Henrique; AMÁ, Roberto. **Arquitetura e Urbanismo: Manual de escopo de projetos e serviços**. São Paulo: Asbea, 2012. 131 p.
- [7] CSILLAG, João Mario. **Análise do valor: Engenharia do Valor; Gerenciamento do Valor; Redução de custos; Aumento do Valor percebido pelo Cliente; Melhoramento contínuo; Reengenharia de processos; A empresa vista como sistema**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.a., 2012. 370 p.
- [1] FILHA, Dulce Corrêa Monteiro; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da. **Construção civil no Brasil: Investimentos e desafios**. São Paulo: Perspectiva, 2014. 356 p.
- [10] GRIEBEL, Susan; MACCAUSLAND, Janet. **Value Methodology: A Pocket guide to Reduce Cost and Improve Value Through Function Analysis**. 2. ed. Salem, New Hampshire, Usa: Goal/qpc, 2008. 198 p.
- [2] GUO, H L; LI, Heng; SKITMORE, Martin. **Life cycle management of construction projects based on Virtual Prototyping technology**. Journal Of Management In Engineering. Indiana, p. 41-47. 10 set. 2010.
- [8] KAUFMAN, J. Jerry. **Value Management**. Ontário: Sakura House, 2008. 96 p.
- [12] KELLY, John; MALE, Steven; GRAHAM, Drummond. **Value Management of Construction Projects**. 2. ed. Oxford: Wiley Blackwell, 2015. 546 p.
- [9] LEE, Min Jae; LIM, Jong Know; HUNTER, George. **Performance-Based Value Engineering Application to Public Highway Construction**. Ksce Jornal Of Civil Engineering. San Francisco, p. 261-271. 27 out. 2009.
- [11] PEREIRA FILHO, Rodolfo Rodrigues. **Análise do Valor: Processo de melhoria contínua**. São Paulo: Nobel, 1994. 187 p.

[13] YOUNKER, del L. **Value Engineering: Analysis and Methodology**. 10. ed. Florida: Marcel Dekker, Inc., 2003. 326 p.

DESENVOLVIMENTO E VIDA ÚTIL DE FARINHA A PARTIR DOS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE MÍNIMO DE CENOURA

Rosa Maria de Deus de Sousa

Dra. Engenheira de Alimentos

Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, programa de pós-graduação em agronegócio- Propaga. Brasília-DF, Brasil

Celso Luiz Moretti

Dr. pesquisador

Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças -Embrapa CNPH, Brasília, DF, Brasil

Cristina Maria Monteiro Machado

Dra. Pesquisadora

Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças -Embrapa CNPH, Brasília, DF, Brasil.

Leonora Mansur Mattos

Dra. Pesquisadora

Centro Nacional de Pesquisas em Hortaliças -Embrapa CNPH, Brasília, DF, Brasil.

RESUMO: Nas últimas décadas, a população mundial vem aumentando de maneira acentuada, exigindo um melhor aproveitamento dos recursos alimentícios disponíveis. No processamento mínimo de cenoura ocorre uma perda de 30% de um resíduo rico em nutrientes. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar três temperaturas de secagem e acompanhar o armazenamento em quatro embalagens diferentes, para a obtenção da farinha de cenoura. Analisou-se o efeito de três

temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C, e 70 °C por sete horas) e a vida de prateleira em quatro embalagens (polietileno de alta e baixa densidade, transparente e leitosa), da polpa obtida das raspas de cenoura para produção da farinha. Retirou-se alíquotas dos materiais no tempo zero e a cada hora, durante sete horas de secagem e no tempo zero e, a cada 10 dias de armazenamento realizou-se as análises de: perfil de carotenoides, teor de açúcares totais e de redutores. Observou-se que na temperatura de 70 °C a perda de água aconteceu de maneira mais acentuada após 4 horas de secagem. Os teores de α -caroteno na temperatura de 50 °C se manteve mais estável do que nas temperaturas de 60 °C, 70°C e durante o armazenamento a embalagem mais adequada e que melhor preservou as características de qualidade estudadas foi a de PEBD transparente. Durante o armazenamento houve clara tendência de redução dos teores de β -caroteno por 70 dias. Concluiu-se que o armazenamento e as embalagens interferiram nos pigmentos carotenóides, contribuindo para diminuição na concentração dos componentes provitamínicos ao longo do tempo de armazenamento, porém nos teores de açúcares totais e redutores da farinha de cenoura não ocorreu grandes alterações.

PALAVRAS-CHAVE: *Daucus carota* L., Cenoura, farinha de cenoura, secagem, perfil

de carotenóides.

ABSTRACT: In recent decades, the world population has been increasing sharply, demanding a better use of available food resources. In minimal carrot processing a loss of 30% of a nutrient rich residue occurs. This research aimed to evaluate three drying temperatures and to follow the storage in four different packages to obtain carrot flour. The effect of three drying temperatures (50 ° C, 60 ° C, and 70 ° C for seven hours) and the shelf life in four packages (high and low density, clear and milky polyethylene) of the pulp were analyzed. obtained from carrot zest for flour production. Aliquots of the materials were removed at time zero and every hour during seven hours of drying and at time zero and, every 10 days of storage, carotenoid profile, total sugar content and reducers were analyzed. It was observed that at 70 ° C the loss of water was more pronounced after 4 hours of drying. The levels of α -carotene at 50 ° C remained more stable than at 60 ° C, 70 ° C and during storage the most appropriate packaging that best preserved the quality characteristics studied was transparent LDPE. mDuring storage there was a clear tendency to reduce the levels of β -carotene for 70 days. It was concluded that storage and packaging interfered with carotenoid pigments, contributing to a decrease in the concentration of provitamin components over the storage time.

KEYWORDS: *Daucus carota* L., Carrot, carrot flour, drying, carotenoid profile.

1 | INTRODUÇÃO

O processamento mínimo de cenoura consiste na remoção das superfícies angulares de pedaços dessa raiz cortados em tamanho padronizado, utilizando-se um equipamento denominado torneadora. Entretanto, a geração de resíduo nesse processo é um entrave tecnológico, pois pelo menos 30% da matéria-prima é convertida em raspas, que é uma importante fonte de β -caroteno. Esse pigmento vegetal, ao ser ingerido pelo organismo humano, se transforma em vitamina A (MORETTI, 2007).

Algumas agroindústrias de processamento mínimo têm utilizado essas raspas na produção de compostos orgânicos que são posteriormente utilizados como adubo, melhorando a estrutura física e química dos solos. Entretanto, essas raspas de cenoura podem ser utilizadas na alimentação humana, após uma pasteurização ou secagem, tornado ainda mais viável a atividade de processamento mínimo no país, além de contribuir para uma melhora nutricional da população brasileira (MORETTI & MACHADO, 2006).

A secagem de hortaliças ocupa uma posição muito representativa na área de desidratação de alimentos. Não há registros sobre a sua origem, mas muitos dos seus métodos têm sido utilizados até os dias presentes constituindo-se, em muitos casos, na base das atuais tecnologias de processamento (TRAVAGLINI, 1981).

Contudo, ocorrem alterações fisiológicas, químicas e enzimáticas, durante o processamento mínimo, e a exposição a maiores temperaturas, que podem resultar em redução da qualidade nutricional destes produtos (FLOROS, 1993; RODRIGUEZ-

AMAYA, et. Al., 2008).

A vida de prateleira das hortaliças minimamente processadas e de seus subprodutos está diretamente relacionada com o processo de embalagem e com as propriedades físicas dos filmes plásticos utilizados, ou seja, as embalagens plásticas, para esses produtos, devem apresentar taxas de permeabilidade aos gases (CO₂ e O₂) e ao vapor d'água específicas para cada produto ou grupo de produtos, de modo a permitir uma melhor qualidade e maior tempo de vida útil ao produto final (PINHEIRO-SANTANA, 1998; MORETTI, et al., 2007).

A utilização de embalagens e de temperaturas adequadas pode manter o produto livre de microorganismos patogênicos, com maior manutenção da sua qualidade e uma maior vida de prateleira. As embalagens atuam como barreira protetora, minimizando a perda de água, reduzindo a taxa respiratória durante o armazenamento, bem como facilitando o transporte, manipulação e a venda dos mesmos (CARNELOSSI et al., 2005).

O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos de diferentes temperaturas e do armazenamento, em diferentes embalagens no perfil de carotenóides, teores de açúcares totais e redutores e matéria seca, na polpa de cenoura para elaboração de farinha de cenoura.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima e preparo do material

Cenouras (*Daucus carota* L.) linhagem 0612435 e cultivar Juliana, oriundas do comércio local de Brasília Após a colheita o material foi transportado para o laboratório de pós-colheita da Embrapa Hortaliças. Em seguida, foram descascadas por abrasão em máquina processadora (modelo PCED, Siemsem Ltda.) e processada em forma de minicenouras, de acordo com Mattos & Moretti (2009).

As raspas centrifugadas foram espalhadas uniformemente em bandejas, levadas para a estufa com circulação forçada de ar, e secas a 50 °C, 60 °C e 70 °C por 7 horas. Retiraram-se alíquotas da amostras no tempo zero e a cada hora de secagem. Para a avaliação do tempo de armazenamento, o material foi desidratado na temperatura de 50 °C durante sete horas. Após a desidratação o material foi moído em um moinho modelo ARBEL, com rotação de 3500 rpm. A farinha foi embalada em quatro embalagens diferentes (polietileno de alta e baixa densidades, com aspecto transparente ou leitoso). Foram adicionados 75 g em cada embalagem. Alíquotas foram retiradas no tempo zero e a cada dez dias, durante 70 dias para a realização das análises.

Matéria seca

A matéria seca da polpa foi realizada por método termogravimétrico a 105 °C, segundo a metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz

(Zenebom e Pascuet, 2005).

Perfil de carotenóides

A análise do perfil de carotenóides foi realizada por extração em acetona, em duplicatas, por cromatografia líquida de alta eficiência, em coluna C18 de acordo com metodologia descrita por Rodrigues-Amaya (2001).

Açúcares totais

Os açúcares solúveis totais foram determinados por método espectrofotométrico descrito por Dubois et al. (1956). As análises foram feitas em triplicata.

Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados por método espectrofotométrico de Somogyi-Nelson (NELSON, 1944; SOMOGYI, 1945).

Análise estatística

O experimento Temperatura – tempo de secagem foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 14 tratamentos arranjados em esquema fatorial 3x7 (3 temperaturas de secagem e sete tempos de avaliação) com 3 repetições.

Para a vida de prateleira da polpa pasteurizada, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 28 tratamentos arranjados em esquema fatorial 1x4x7 (1 temperatura de secagem, 4 embalagens e 7 tempos) com 3 repetições. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de diferença mínima significativa, em que as diferenças entre dois tratamentos maiores que a soma de dois desvios-padrões foram consideradas significativas a 5% de probabilidade (SHAMAILA et al., 1992).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curvas de secagem das raspas

Na figura 1 encontram-se os resultados da curva de secagem das raspas geradas durante o processamento mínimo de cenoura nas três temperaturas (50 °C, 60 °C e 70 °C). Observou-se que na temperatura de 70 °C a perda de água aconteceu maneira mais acentuada após 4 horas de secagem e nas outras duas temperaturas, diferentemente da de 70 °C, isso ocorreu com 5 horas de secagem, quando houve uma estabilização e a umidade manteve-se constante até o final do tempo. O teor de matéria seca no tempo zero era de 87% para os três tratamentos. Detectou-se no final este valor chegou a 13%, considerou-se que com um tempo de sete horas, seria suficiente para a secagem mesmo nestas temperaturas, pois os valores obtidos estão dentro da legislação para o teor de umidade (13%) para farinhas em geral (MAURO et al., 2010).

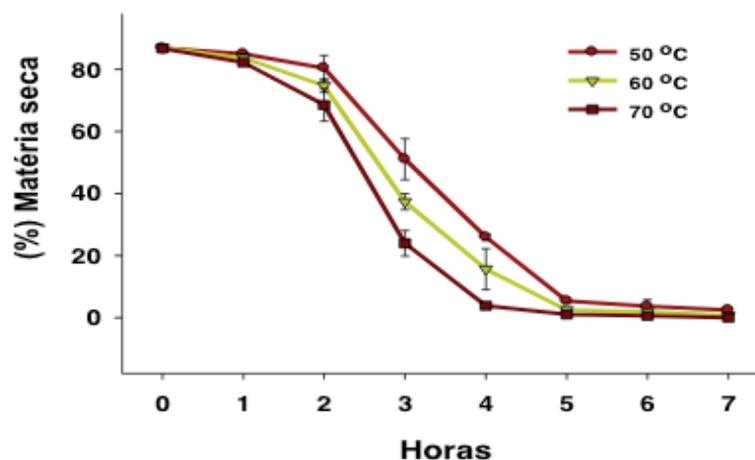


Figura 1. Curva de secagem das raspas de cenoura (50 °C, 60 °C e 70 °C durante 7 horas). Barras verticais representam o desvio-padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

α-caroteno

Os carotenoides estão naturalmente protegidos nos tecidos das plantas. No entanto, quando estes são cortados ou desintegrados ocorre um aumento da exposição dos carotenoides ao oxigênio e ao contato com enzimas que catalisam o processo de oxidação junto com temperaturas mais elevadas podem causar perda destes pigmentos (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

Na análise por CLAE detectou-se que os principais carotenoides presentes nas amostras analisadas foram α-caroteno e β-caroteno.

A concentração de α-caroteno na temperatura de 50 °C se manteve mais estável (FIGURA 2), do que nas outras temperaturas. Para a temperatura de 70 °C a reação de degradação do α-caroteno, ocorreu de uma maneira mais rápida indicando que com a temperatura mais alta degrada mais facilmente este pigmento. No final da secagem nas temperaturas, de 60 °C e 70 °C não ocorreu diferença significativa na diminuição do teor de α-caroteno. Para Rodrigues-Amaya, et al. (2008), as perdas de carotenoides são menores quando os alimentos são processados em micro-ondas a redução dos carotenoides no processamento, pode ocorrer devido ao efeito prejudicial da luz do sol sobre a estabilidade do pigmento carotenoide.

Na temperatura de 50 °C, desde o início da secagem, a degradação ocorreu de forma mais lenta chegando ao final com uma maior concentração deste pigmento, portanto esta foi a temperatura de maior estabilidade para o α-caroteno.

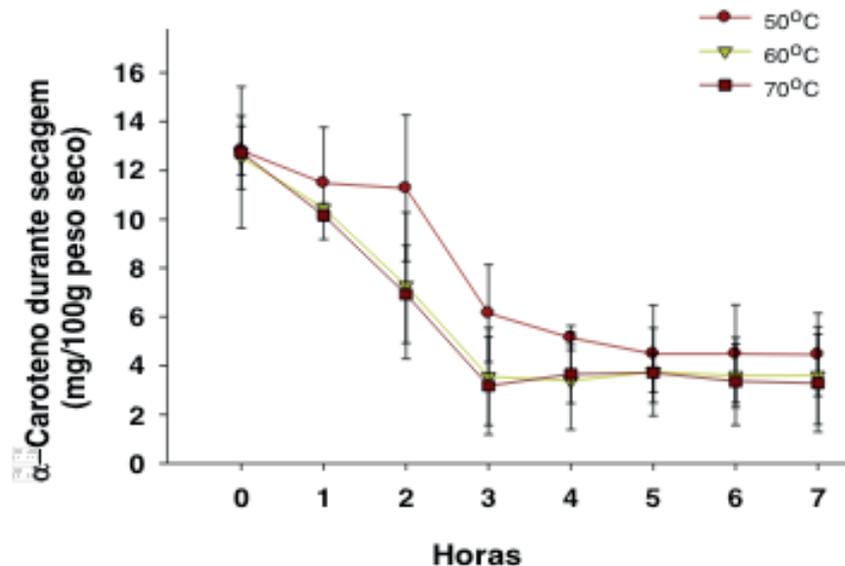


Figura 2. Perfil de α -caroteno durante a secagem das raspas de cenoura nas temperaturas de 50°, 60° e 70°C por sete horas. Barras verticais representam o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

Observou-se uma maior oxidação do α -caroteno na temperatura de 70 °C, esta oxidação forma uma substância indesejada, não possuindo a atividade pró-vitamina A (FIGURA 3).

No acompanhamento das diferentes embalagens durante o armazenamento observou-se que a melhor embalagem para a manutenção de teores de α -caroteno foi a de PEBD transparente (FIGURA 3).

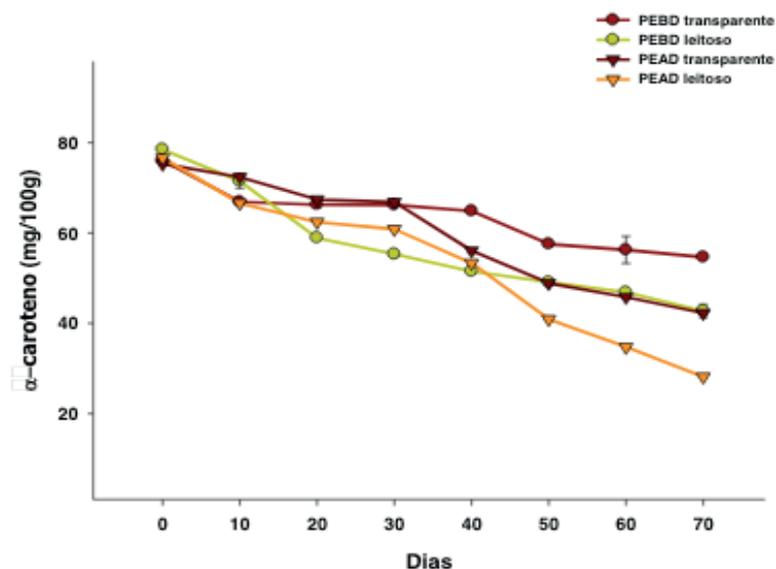


Figura 3. Variação na concentração do α -caroteno da farinha de cenoura, durante 70 dias de armazenamento em quatro embalagens. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF. (MS = matéria seca).

Os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com os estudos realizados por Rodrigues-Amaya (2001) segundo a autora a maior razão de perda dos carotenoides ocorrem durante o processamento e a estocagem de alimentos, devido a

diversos fatores como à luz, calor e ao oxigênio, que provocam uma oxidação, e com isso a estes compostos perdem a função de pró vitamínico A.

β-caroteno

Verificou-se que com o aumento da temperatura ocorreu uma maior degradação de β-caroteno (Figura 4) chegando, em média, a perdas de 56%, 63% e 72% em peso seco, do valor inicial, após as sete horas de secagem, para as temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C, respectivamente, o que refletiu na cor da farinha obtida nas diferentes temperaturas.

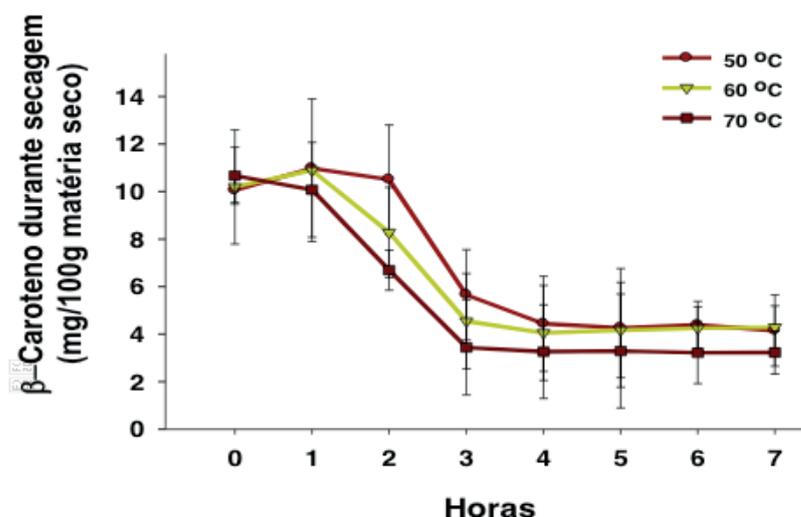


Figura 4. Perfil de β-caroteno (mg/100 g MS) durante a secagem das rasps de cenoura nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C por sete horas. Barras verticais representam o desvio-padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

Ocorreu uma diminuição da concentração do β-caroteno ao longo do tempo de secagem nas 3 temperaturas. A redução maior ocorreu nos teores de β-caroteno na temperatura de 70 °C não havendo diferença para as temperaturas de 50 e 60 °C. Observou-se ainda que nas temperaturas de 50 °C e 60 °C, após 3 horas de secagem, a perda da concentração do β-caroteno ocorreu quase na mesma intensidade. No final das sete horas de secagem, em todas as temperaturas, houve uma estabilização das concentrações dos pigmentos analisados. Todavia, na temperatura de 70 °C, esta perda foi um pouco mais acentuada (FIGURA 5). Segundo Rodriguez-Amaya (1993; 2008), a diminuição de dos pigmentos carotenoides podem ocorrer em razão do tempo de processamento e estágio de maturação da hortalíça.

Houve clara tendência de redução dos teores de β-caroteno durante o armazenamento de farinhas de cenoura por 70 dias (FIGURA 5).

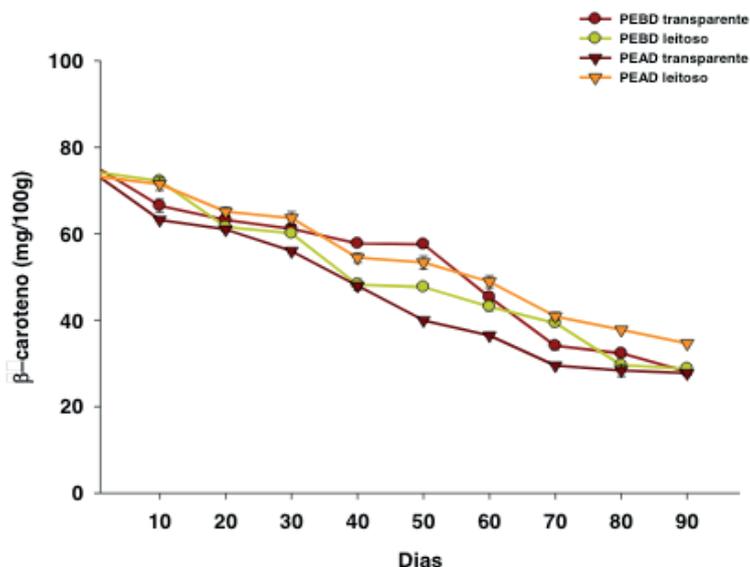


Figura 5. Variação na concentração do β -caroteno da farinha de cenoura, durante armazenamento em quatro embalagens. Barras verticais representam o desvio-padrão da média Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

Quando avaliou-se as diferentes embalagens estudadas verificou-se que, ao final do período de 70 dias de armazenamento, as embalagens de PEAD e PEBD, ambos leitosos, proporcionaram uma maior retenção dos teores de β -caroteno. Acredita-se que essa maior retenção dos teores de β -caroteno nas embalagens leitosas seja devido a uma maior proteção à fotoxidação dos pigmentos conferida por essas embalagens em comparação às embalagens transparentes.

Pode-se observar neste estudo uma fotoxidação dos teores de carotenóides durante os tratamentos avaliados, e de acordo com Rodrigues-Amaya (2001), isso pode ocorrer devido a exposição do produto à luz por um longo período.

Cis- β -caroteno

Entre os pigmentos analisados ocorreu uma diminuição ao longo do tempo, porém com cis- β -caroteno ocorreu o contrário, este componente aumentou ao longo do tempo de armazenamento nas quatro embalagens estudadas, sendo esse aumento mais intenso na embalagem de polietileno de baixa densidade transparente, que possui alta permeabilidade a gases, porém não possui proteção a luz, e estes compostos são formados com a exposição do produto a luz, temperatura alta ou oxigênio (FIGURA 6).

De acordo com Bradbury e Holloway (1988), as perdas de nutrientes durante o cozimento de alimentos, estão associadas, ao tempo de permanência, nível de temperaturas e as características específicas do produto. De acordo com Rodrigues Amaya (2008), a degradação dos pigmentos pode ocorrer devido a reações de oxidação que são fortemente influenciadas quando o alimento é submetido a altas temperaturas.

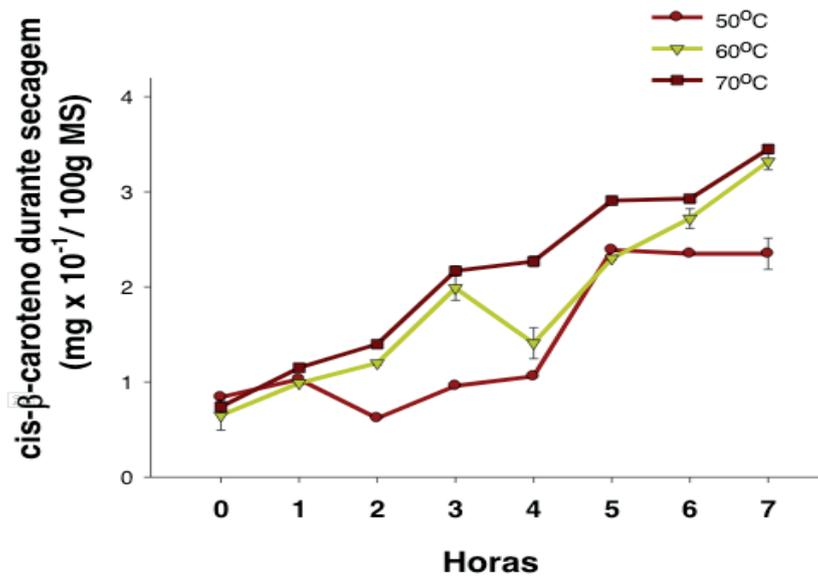


Figura 6. Variação na concentração do cis-β-caroteno da farinha de cenoura, durante a secagem das raspas de cenoura nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C por sete horas. Barras verticais representam o desvio-padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

Foi observado o aparecimento do cis-β-caroteno, em quantidades significativas durante o tempo de armazenamento, indicando claramente que houve uma conformação na isomerização do β-caroteno, que perde a sua atividade de pró vitamínico A (FIGURA 7).

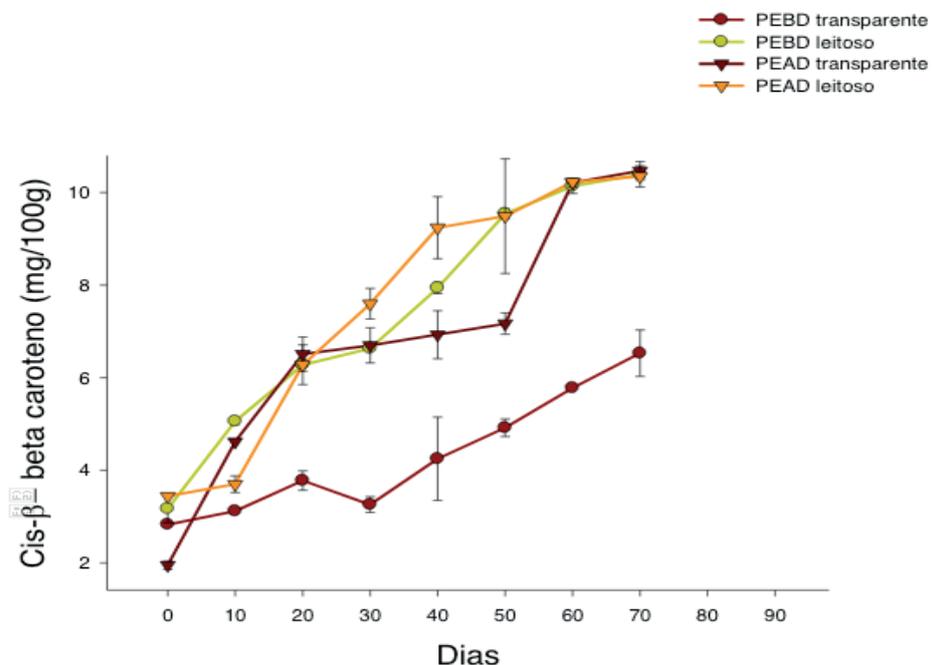


Figura 7. Variação na concentração do cis-β-caroteno da farinha de cenoura, durante armazenamento em quatro embalagens. Barras verticais representam o desvio-padrão da média Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

O estudo da vida de prateleira da farinha é fundamental na determinação da sua qualidade final, pois após passar alguns dias nas gôndolas dos supermercados

é importante saber se houve alguma alteração significativa no produto. Neste estudo foi observado que para melhor preservar o α -caroteno na farinha de cenoura deve-se utilizar uma embalagem de polietileno de baixa densidade transparente, e armazenar por um período de 70 dias, já para o β -caroteno a embalagem que deteve melhor os teores foi a de polietileno de alta densidade leitosa também por um período de 70 dias

Segundo Rodrigues- Amaya, (2001) e Laorko, (2013), o processo de oxidação ocorre com frequência em hortaliças de cor laranja, e está associado a oxidação do β -caroteno que pode se formar durante mesmo a realização da extração destes pigmentos pelo mecanismo de isomerização no qual os trans-carotenoides são convertidos a cis-carotenoides acelerando a oxidação.

Açúcares totais

Observou-se que não houve diferença significativa entre as concentrações de açúcares por todo o período de armazenamento, porém as concentrações das amostras em embalagens de polietileno de baixa densidade transparentes esta diferença permaneceu um pouco menos acentuada (FIGURA 7).

Observou-se, a exemplo do constatado para açúcares redutores (FIGURA 8), que ocorreu uma diminuição dos teores de açúcares totais, para a temperatura de 70 °C, até 4 horas de secagem (FIGURA 5). Tal comportamento indica que a concentração foi aumentando com a diminuição do teor de água após este tempo de secagem. Os resultados obtidos para os açúcares totais indicaram uma diminuição na concentração ao longo do tempo de secagem nas 3 temperaturas até 6 horas depois deste tempo, as reações ocorreram de maneira mais estáveis (FIGURA 8).

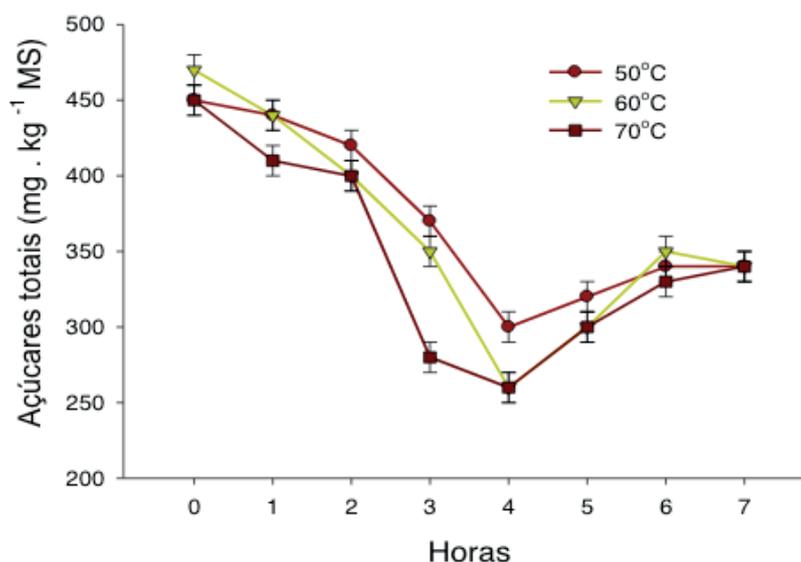


Figura 8. Teores de açúcares totais da farinha de cenoura em três temperaturas de secagem, por sete horas. Barras verticais representam o desvio padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

Ocorreu uma pequena diferença na concentração de açúcares totais na temperatura de 70 °C em relação às demais, até 4 horas de secagem (FIGURA 8).

Os resultados encontrados para as concentrações de açúcares totais, mostram que ocorreu uma pequena diferença durante o tempo de armazenamento nas quatro embalagens esta diminuição não foi significativa durante todo o tempo em nenhuma das embalagens avaliadas (FIGURA 8).

Açúcares redutores

Os resultados apresentados para os açúcares redutores mostram uma pequena diferença de concentração nas três temperaturas de secagem. Ocorreu uma redução da concentração nas primeiras 3 horas de secagem, porém após 4 horas de secagem as reações ocorreram quase na mesma intensidade e se mantiveram constantes até o final do tempo de secagem (FIGURA 9).

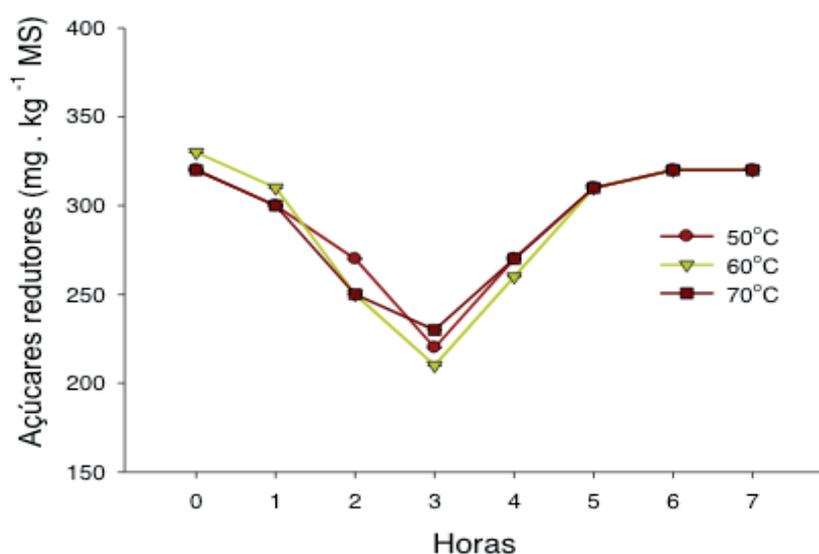


Figura 9. Teores de açúcares redutores da farinha de cenoura em três temperaturas de secagem, durante sete horas. Barras verticais representam o desvio-padrão da média. Embrapa Hortaliças, Brasília-DF.

Constatou-se que os teores de açúcares redutores se mantiveram após o processo de secagem ocorrendo uma queda após três horas de secagem (FIGURA 9).

Observou-se tendência de diminuição dos teores de açúcares totais da farinha de cenoura seca em três diferentes temperaturas nas quatro primeiras horas do processo de secagem. A diminuição dos teores foi mais pronunciada no material seco a 70 °C. Já para os açúcares redutores verificou-se a mesma tendência de redução até a terceira hora do processo de secagem. A partir desse ponto houve elevação da concentração desses compostos.

Em alimentos vegetais estão presentes os açúcares e estes possuem papel importante na caracterização do sabor e aroma por serem responsáveis pela doçura. O teor médio dos açúcares simples em hortaliças é baixo e varia entre 2% e 5%

(CHITARRA & CHITARRA, 2006).

4 | CONCLUSÃO

Nas condições experimentais que foi realizado o presente trabalho, e pelos resultados obtidos, concluiu-se que, as raspas de minicenouras podem ser transformadas em farinha, significando uma maior conservação do produto e um aumento da vida útil. Entre as temperaturas estudadas a indicada seria a de 50 °C por manter no final da secagem uma maior concentração dos pigmentos analisados e não interferir nos teores de açúcares analisados.

Aconselha-se a utilização de polietileno de alta densidade leitoso para embalar a farinha de cenoura, pois, com base nos resultados obtidos neste experimento foi a que melhor preservou o β - caroteno, sendo que na cenoura este pigmento carotenóide é o que possui maior atividade de provitâmico A.

Nas condições em que foi conduzido o presente experimento conclui-se que o armazenamento e as embalagens interferiram nos pigmentos carotenóides, contribuindo para diminuição de suas concentrações, Como nos teores de açúcares totais e redutores da farinha de cenoura não houve diferença significativa durante o período de armazenamento, então seria ideal armazenar a farinha de cenoura por um período de 70 dias.

Os açúcares totais quanto para os redutores que as concentrações finais, independentemente da temperatura de secagem utilizada, foram estatisticamente idênticas. Portanto, considerando-se apenas os teores de açúcares, sugere-se que a secagem de polpa de cenouras na fabricação de farinha seja feita a 50 °C a fim de que haja menos gasto de energia.

REFERÊNCIAS

BRADBURY, H.J. & HOLLOWAY, W.D. **Chemistry of tropical root crops**. ACIAR, Canberra. 1998. 201 p

CARNELOSSI, M.A.G.; SILVA, E.O.; CAMPOS, R.S.; PUSCHMANN, R. **Respostas fisiológicas de folhas de couve minimamente processadas**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, p.215-220. 2005

CHITARRA MIF; CHITARRA AB. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. Lavras: UFLA. 2006. 256p.
FLOROS, J. D. The shelf life of fruits and vegetables. In: Shelf life studies of foods and beverages. London: Elsevier Science Publishers B. V., p. 195-216, 1993.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos de composição dos alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 1985. v. 1.

LAORKO, A.; TONGCHITPAKDEE, S.; YOURAVONG, W. **Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration**. Journal of Food Engineering Essex, v.116,n.2,p-554-561. 2013.

MAURO, A.K. et al. **Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.30, n.3, p.719-728. 2010.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, 2007

MORETTI, C. M.; MACHADO, C. M. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos do processamento mínimo de frutas e hortaliças.** 4, 2006, São Pedro. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. Palestras, Resumos, Fluxogramas e Oficinas... Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. p. 25-32.

MATTOS LM; MORETTI CL; MOURA MA; MALDONADE IR; SILVA EYY. **Produção segura e rastreabilidade de hortaliças.** *Horticultura Brasileira* v. 27 p. 408-413. 2009.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C.; PÁEZ, H. H. & QUEIRÓZ, V. M. V. **Evaluation of total carotenoids, a-andb-carotene in carrots (*Daucus carota* L.) during home processing.** *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 39-44, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOL (Ed.). **Shelf life of foods and beverages-chemical biological, phisical and nutritional aspec.** Amsterdam: Elsevier Sience, 1993. p.547-558.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian on **food carotenoids: factors affecting carotenoid composition.** *Journal of Food Composition and Analysis*, Roma, v. 21, p. 445- 463, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods.** Washington: Internacional Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Handbook for carotenoid analysis.** Washington: HarvestPlus, 2004. 58 p. (HarvestPlus Technical Monograph, 2).

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008.

TRAVAGLINI, D.A. **Curso de alimentos desidratados.** Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, São Paulo– ITAL, 1981.

VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE MODELAGEM COMPUTACIONAL PARAMÉTRICA BIDIMENSIONAL SOB CAMPO DE VENTO UNIFORME

Marcelo Marques

Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil

Fernando Oliveira de Andrade

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

Elaine Patrícia Arantes

Universidade Estadual de Maringá, Umuarama-PR, Brasil

Isabela Arantes Ferreira

Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil

Tobias Bleninger

Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

Alexandre Kolodynskie Guetter

Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

RESUMO: Pelo presente trabalho é validada uma inovadora técnica de modelagem computacional denominada Modelagem Paramétrica Bidimensional (MPB), aplicada pelo modelo ONDACAD, baseada no conceito geométrico de campo de fetch pela qual um modelo numérico de base física é utilizado para parametrizar uma equação capaz de transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante ao gerado por um modelo numérico de base física. Essa hipótese

permite a concepção de um modelo híbrido de simulação, de modo a aproveitar o estágio atual de desenvolvimento dos modelos numéricos base física, viabilizando a concepção de um modelo paramétrico de representação bidimensional inovador por permitir resultados rápidos e condicionado por um número reduzido de variáveis, favorecendo a aplicação em sistemas de previsão confiáveis em tempo real. Essa teoria leva à hipótese que norteia este trabalho, a qual considera que a altura da onda pode ser determinada de modo confiável e ágil exclusivamente com base na geometria do reservatório e no campo de vento incidente. A modelagem numérica dos processos físicos constitui-se atualmente na técnica computacional mais avançada na simulação de fenômenos ondas geradas pelo vento em lagos e reservatórios. O modelo computacional SWAN consiste atualmente no mais difundido modelo numérico de processos físicos da atualidade. Deste modo a validação consiste em submeter uma representação do lago Superior, localizado entre o Canadá e os Estados Unidos da América, sob as mesmas condições de vento, demonstrando a estreita semelhança dos resultados. A verificação da validação dessa técnica para o Lago Superior é realizada para campos de ventos uniformes e persistentes de 10, 15 e 20 ms⁻¹.

VALIDATION OF THE BIDIMENSIONAL PARAMETRIC COMPUTER MODELING TECHNIQUE UNDER UNIFORM WIND FIELD

ABSTRACT: This work validates an innovative computational modeling technique called Bidimensional Parametric Modeling (MPB), applied by ONDACAD model, based on the geometric concept of fetch field by which a numerical model based on physics is used to parameterize an equation capable of transforming a fetch field in a wave field similar to that generated by a numerical model based on physics. This hypothesis allows the conception of a hybrid simulation model, in order to take advantage of the current stage of development of the physical base numerical models, enabling the conception of an innovative two-dimensional parametric model by allowing fast results and conditioned by a small number of variables. , favoring the application in reliable real-time forecasting systems. This theory leads to the hypothesis that guides this work, which considers that the wave height can be reliably and quickly determined solely based on the reservoir geometry and the incident wind field.

Numerical modeling of physical processes is currently the most advanced computational technique for simulating wind-wave phenomena in lakes and reservoirs. The SWAN computational model currently consists of the most widespread numerical model of physical processes today. Thus, the validation consists in submitting a representation of Lake Superior, located between Canada and the United States of America, under the same wind conditions, demonstrating the close similarity of the results. Validation of this technique for Lake Superior is verified for uniform and persistent wind fields of 10, 15 and 20 ms⁻¹.

KEYWORDS: ONDACAD, SWAN, vento

INTRODUÇÃO

A modelagem numérica dos processos físicos constitui-se atualmente na técnica computacional mais confiável de simulação de ondas geradas pelo vento. A técnica simula a transferência de energia na interface da atmosfera com a água e o impacto dos fenômenos dissipativos na amplitude das ondas. No desenvolvimento da modelagem numérica se avançou para a simulação das ondas decorrentes de campos de ventos variáveis no espaço e no tempo, além da inclusão da variabilidade dos campos de pressão e da profundidade. Também houve avanços no desenvolvimento da modelagem das ondas influenciadas pelas marés e pelas forças de Coriolis devido à rotação planetária, e dos mecanismos de interação onda-onda.

Apesar do indiscutível aumento de precisão atingido pelos modelos numéricos de base física, os modelos paramétricos continuam sendo amplamente empregados, principalmente, pela impossibilidade, técnica ou financeira, de utilização de modelos numéricos. Esse fato deve-se a duas características altamente desejáveis em qualquer método de estimativa, presente nos modelos paramétricos: a estruturação por um número reduzido de variáveis e o fornecimento de resultados de forma rápida. Apesar do aumento de robustez que torna os modelos numéricos de base

física mais lentos, requerendo maiores recursos computacionais para assimilação de dados e processamento, a predominância das atenções voltadas ao desenvolvimento desses modelos deve-se, principalmente, à possibilidade de obtenção de resultados bidimensionais confiáveis, automatizados e, dispondo-se de recursos financeiros, em tempo real.

O objetivo é demonstrar que é possível, pela aplicação de uma equação paramétrica adequada, transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante aos gerados por um modelo numérico de base física, sob campo de vento uniforme. A validação dessa técnica de modelagem, denominada Paramétrica Bidimensional, é realizada pela utilização dos modelos ONDACAD e SWAN. O estudo foi aplicado ao lago Superior, entre o Canadá e os Estados Unidos da América.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Intuitivamente parece razoável afirmar que a geometria de um corpo de água influencia o campo de ondas gerado pela ação do vento. Ao observar as proximidades da margem de um corpo de água sob a ação do vento, visto do alto, percebe-se que a rugosidade que se forma na água pelo contato com o vento tende a acompanhar o formato das margens. Logo, algumas regiões do reservatório estão mais sujeitas à ação do vento e, provavelmente, estão mais sujeitas à ocorrência de ondas de maior amplitude. Em águas continentais é verificada a presença de ondas geradas pelo vento, tanto quanto em áreas oceânicas, porém com uma importante diferença de que em águas continentais verifica-se a interferência da margem, a qual afeta diretamente a transferência de energia do vento, atenuando a altura da onda. A onda recebe energia do vento e, em águas interiores de grandes espelhos de água, a conformação das margens constitui-se no principal atenuador da transferência de energia das ondas. Esta influência é quantificada na determinação do fetch pelo método de Saville (1954), um método de natureza geométrica, tratado adiante.

O fetch representa a superfície da água em contato com o vento. Pelo conceito apresentado por Marques (2005) e aperfeiçoado por Marques et al. (2013) e Marques (2013) passa a ser possível representar o fetch no espaço bidimensional. Deste modo, o método que define um campo de fetch pode, em teoria, ser utilizado para expressar o potencial de transferência de energia pelo vento e, conseqüentemente, permitir a obtenção do campo de ondas.

Pelo conceito de campo de fetch foi possível a concepção da técnica de modelagem denominada Paramétrica Bidimensional, pela qual um modelo numérico de base física é utilizado para parametrizar uma equação permitindo a simulação da altura da onda com resultados semelhantes entre os dois métodos.

Essa hipótese permitiria a concepção de um modelo híbrido de simulação, de modo a aproveitar o estágio atual de desenvolvimento computacional viabilizando a concepção de um modelo paramétrico de representação bidimensional.

O resultado de um modelo numérico de terceira geração constitui-se em elemento indispensável nesse processo de correlação da altura significativa da onda com o comprimento do fetch e a intensidade do vento. Essa teoria leva à hipótese que norteia esse trabalho, a qual considera que a altura da onda pode ser determinada de modo confiável e ágil exclusivamente com base na geometria do reservatório e no campo de vento incidente.

ÁREA DE ESTUDO

Os Grandes Lagos são compostos por cinco corpos d'água formado pelo lagos Michigan, Huron, Erie, Ontário e Superior, sendo o último objeto desse estudo e destacado na Figura 1.

O lago Superior é o maior dos cinco Grandes Lagos, e o maior lago de água doce do mundo em extensão territorial. Localiza-se entre o Canadá (província de Ontário) e os Estados Unidos da América (estados de Michigan, Minnesota e Wisconsin).



Figura 1. - Representação dos Grandes Lagos com destaque para o Lago Superior

Com uma área de 82414 km², o lago Superior situa-se na área menos densamente habitada dos cinco Grandes Lagos. Cidades importantes no litoral do Lago Superior são Sault Saint Marie e Thunder Bay, em Ontário, Sault Ste. Marie em Michigan, e Duluth, em Minnesota.

MÉTODO

A representação gráfica do lago Superior foi submetida a simulações pelo modelo ONDACAD (Marques, 2013), permitindo a geração do campo de fetch, e pelo modelo SWAN (Holthuijsen, 2007), viabilizando a geração do campo de ondas.

No processo de simulação, as alturas de ondas foram condicionadas pela longa duração do vento, atingindo-se a condição de campo de ondas limitado pelo fetch. Desse modo a influência da duração do vento foi minimizada.

Por tratar-se de região de águas profundas, conforme Figura 2, prescindiu-se de dados de batimetria no processo de simulação.

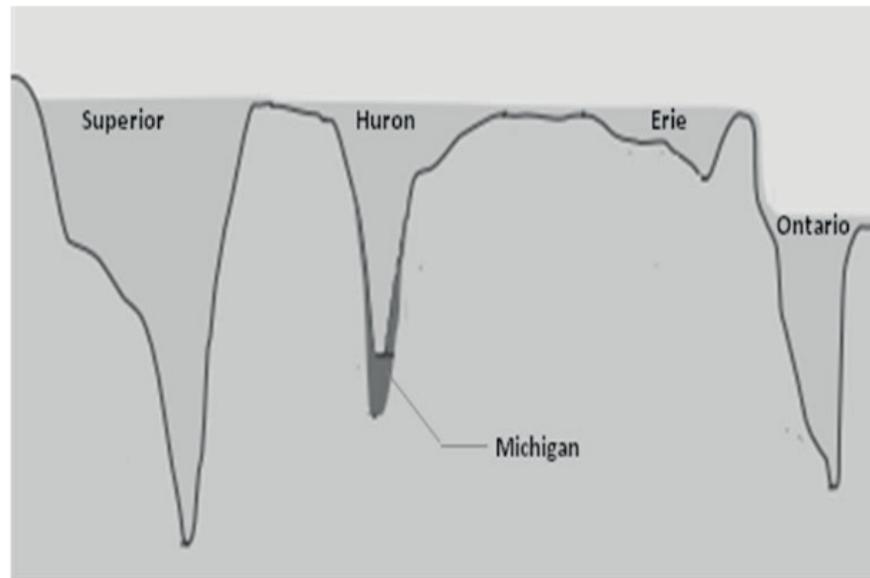


Figura 2. - Perfil dos grandes Lagos representando tratar-se de ambientes em águas profundas para a simulação de ondas geradas pelo vento (adaptado de Wilby, 2011)

Para o processo de validação da técnica de modelagem, decidiu-se pela normalização dos campos de onda e fetch, favorecendo comparações visuais. Após o processo de normalização dos dados é traçado um diagrama de fetch adimensional (gFU^2) versus altura de onda adimensional (gHU^2), conforme Figura 3, de modo que a altura de ondas e o comprimento do fetch são definidos pela seguinte equação:

$$\frac{g\left(\frac{H_s}{H_{m\acute{a}x}}\right)}{U^2} = \alpha \left[\frac{g\left(\frac{F}{F_{m\acute{a}x}}\right)}{U^2} \right]^\beta \quad [1]$$

sendo F_{max} o maior comprimento de fetch no mapa e H_{max} é a maior altura de onda determinada pelo modelo SWAN, ambos referidos à mesma direção.

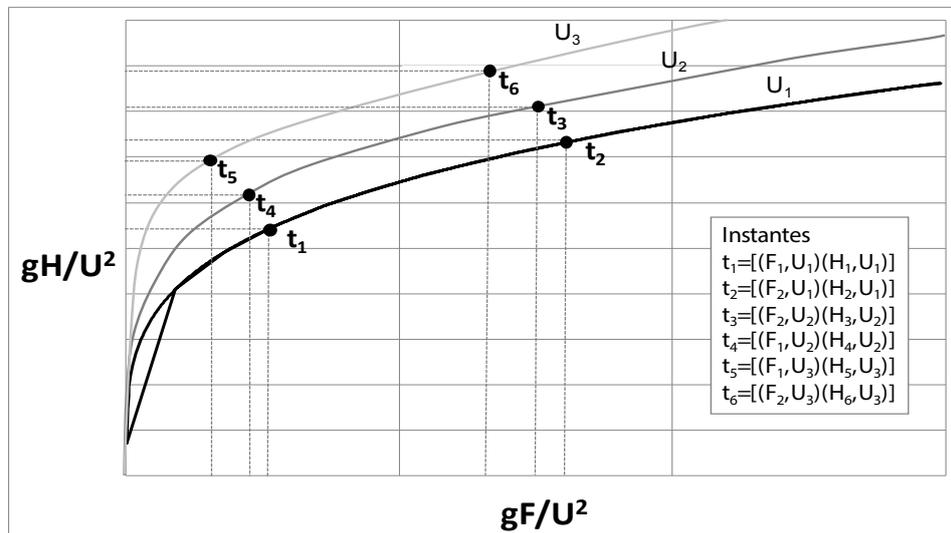


Figura 3. - Diagrama adimensional esquemático construído sob a hipótese de equação paramétrica com coeficientes variáveis com a intensidade do vento

Ao traçar um diagrama de fetch adimensional normalizado pela altura de onda adimensional normalizada, considerou-se a hipótese desenvolvida por Marques et al. (2014), a qual defende que uma equação paramétrica para simulação da altura de ondas deve ter coeficientes variáveis. Condicionando os coeficientes à intensidade do vento, espera-se que seja gerado o agrupamento dos pontos segundo curvas bem definidas, esquematicamente representadas pela Figura 3.

Após determinados os coeficientes, a equação paramétrica obtida é implantada no modelo ONDACAD, a qual permite a transformação do campo de fetch em campo de altura de ondas. A malha numérica dos dois modelos é a mesma, permitindo, portanto, que os quase 15 mil nós coincidam, viabilizando o traçado de um mapa de desvio entre os modelos ONDACAD e SWAN. A relação entre os desvios entre os métodos e a área atingida é feita pela geração de um histograma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lago Superior foi modelado com o modelo SWAN para campos de vento uniforme de 10, 15 e 20 ms^{-1} . A duração do vento foi longa o suficiente para garantir que o campo de ondas fosse limitado pelo fetch.

A comparação preliminar entre um campo normalizado de ondas gerado pelo modelo SWAN e o campo de fetch gerado pelo método de Saville em alta resolução permitiu a obtenção dos mapas mostrados na Figura 4.

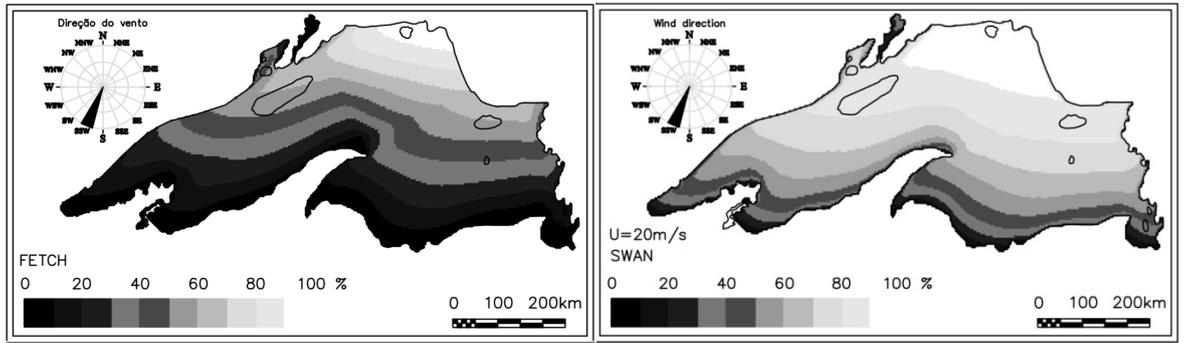


Figura 4 - Campos normalizados de fetch e de alturas de onda para campo de vento de 20 ms⁻¹

Admitindo-se que um campo de ondas seja limitado pelo *fetch*, ao normalizá-lo pela altura máxima da onda é de se esperar que a posição das isolinhas não seja afetada pelas variações na intensidade do vento, já que equações paramétricas desenvolvidas no decorrer dos anos são caracterizadas pela presença de coeficientes constantes. Desse modo, mantida a direção do vento, os mapas de campo de onda normalizados deveriam gerar isolinhas nas mesmas posições para diferentes intensidades de vento. Nessa situação o ajuste a uma curva do tipo potência produziria coeficientes invariáveis com a intensidade do vento.

Ao gerar o diagrama da Figura 5 é revelado um agrupamento de pontos condicionado pela intensidade do vento. Este resultado contundente contradiz a abordagem utilizada historicamente na concepção das equações paramétricas, pela adoção convencional de coeficientes constantes. Isto implica em afirmar que os coeficientes α e β da equação [3] são funções da intensidade do vento, comprovando a hipótese de Marques et al. (2014).

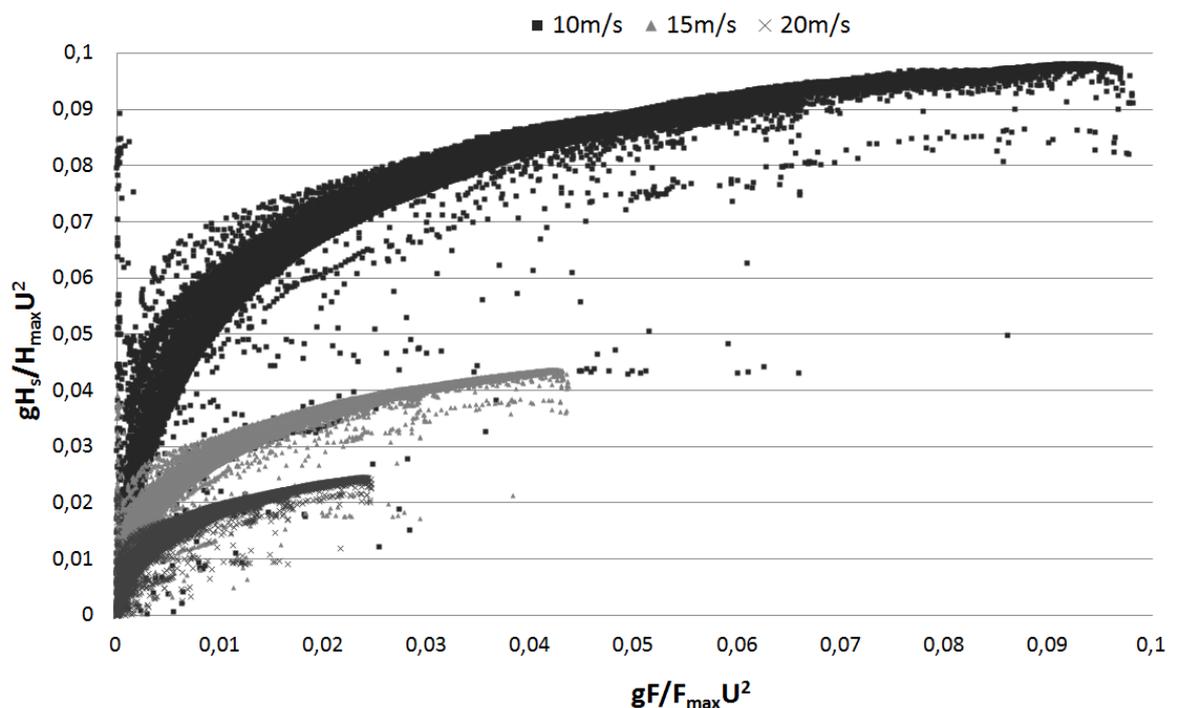


Figura 5. - Representação dos pontos relacionados aos mapas normalizados de fetch ondas

Na busca por uma equação que correlacione os campos de onda e de fetch, decidiu-se ajustar a nuvem de pontos a uma curva do tipo potência de modo a obter os coeficientes da equação [1], através da qual foram obtidos os coeficientes mostrados na Tabela 1. Pela referida tabela é possível notar a dependência dos coeficientes à intensidade do vento.

	U(m/s)		
	10	15	20
α	0,233	0,144	0,105
β	0,324	0,359	0,382

Tabela 1 - Coeficientes da relação entre onda e fetch normalizados

Com base na equação combinada com os coeficientes obtidos, foram gerados mapas normalizados de fetch e altura de ondas, mostrados lado a lado pela Figura 6.

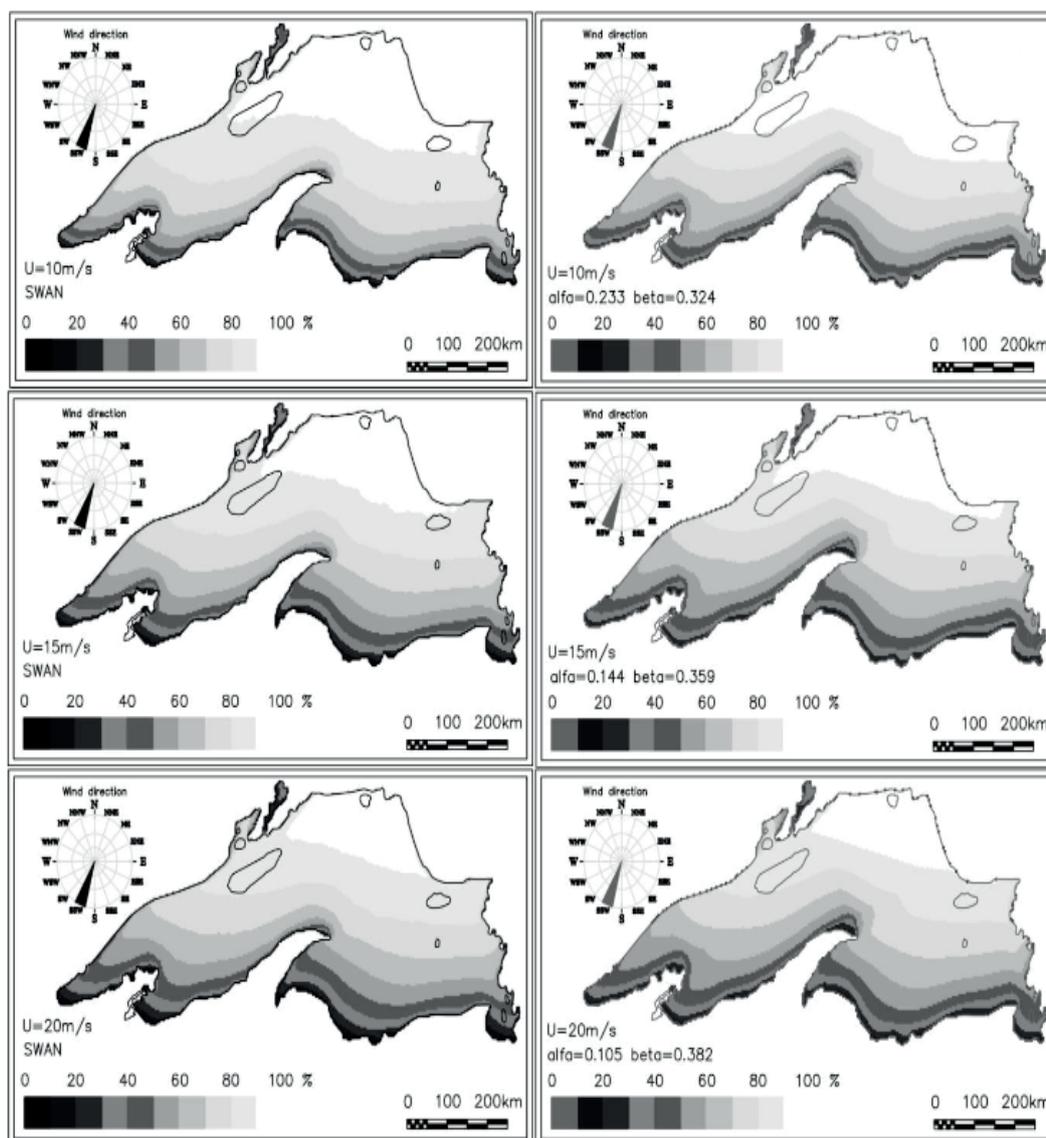


Figura 6. - Mapas normalizados de altura de ondas para ventos de 10, 15 e 20 m/s obtidos pelos modelos SWAN (coluna da esquerda), ONDACCAD (coluna da direita)

Pela semelhança entre as imagens da esquerda e da direita é possível perceber, em termos qualitativos, a semelhança entre os resultados gerados pelos modelos. Uma análise quantitativa é realizada através da geração de um mapa de desvios, considerando o campo de ondas gerados pelo modelo SWAN como representante da realidade física no espaço bidimensional, conforme Figura 7, os quais indicam que: (1) nos pontos mais a sotavento e, portanto, onde são esperadas as maiores alturas de onda, são verificados erros inferiores a 5%; (2) os erros tendem a ser maiores próximos da margem a barlavento. e (3) erros superiores a 50% foram identificados apenas nas regiões côncavas e convexas, próximas da margem a barlavento.

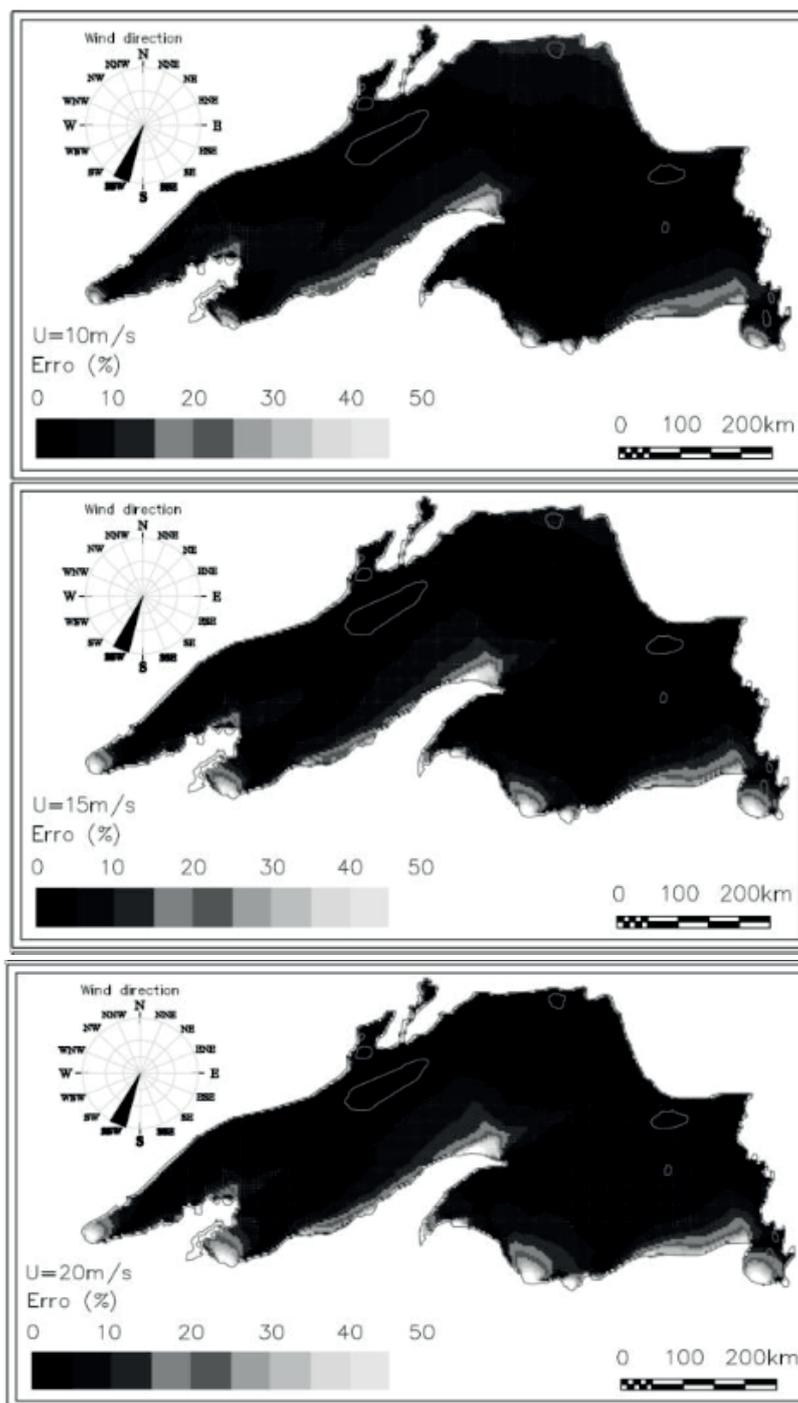


Figura 7. - Mapas de erros relativos para ventos de 10, 15 e 20 ms⁻¹

O histograma da Figura 8 mostra a relação entre a fração da superfície e os respectivos erros, indicando que erros inferiores a 10% dominam 80% da superfície total, enquanto erros superiores a 25% ficaram restritos a 1% da superfície.

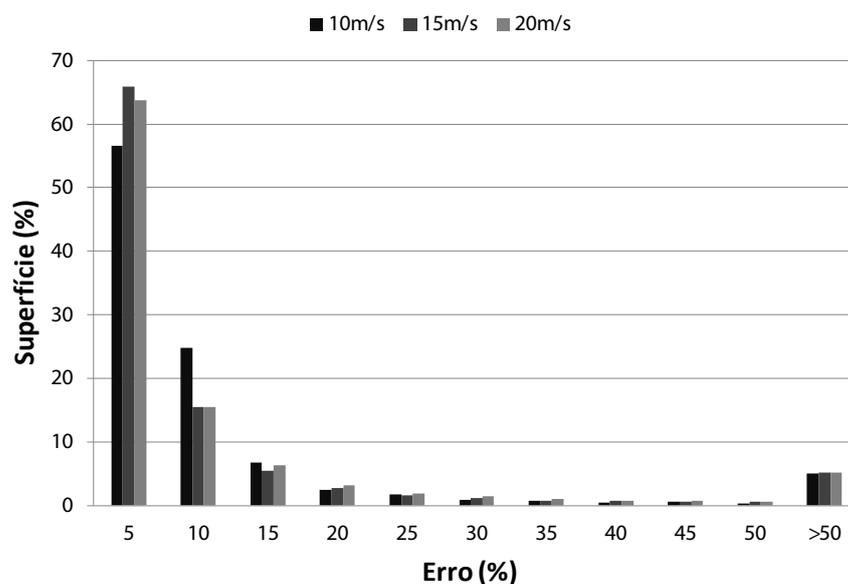


Figura 8. - Histograma dos erros de altura de onda em função da fração da superfície do corpo hídrico

CONCLUSÕES

A demonstração de que é possível, pela aplicação de uma equação paramétrica, transformar um campo de fetch em um campo de ondas semelhante ao gerado por um modelo numérico de base física, valida a técnica de Modelagem Paramétrica Bidimensional para o lago Superior. Na geração do diagrama adimensional, o agrupamento de pontos condicionado à intensidade do vento contradiz a abordagem utilizada historicamente na concepção das equações paramétricas onde é comum a adoção de coeficientes constantes, contribuindo para explicar a divergência entre os resultados gerados pelas diferentes equações paramétricas desenvolvidas até os dias de hoje. Os resultados indicam que a técnica MPB, condicionada pela menor quantidade de variáveis e caracterizada ainda pelo processamento rápido, possui atributos que a candidatam para aplicações em sistemas de previsão de ondas em tempo real.

REFERÊNCIAS

Holthuijsen, L. H. (2007). SWAN, User manual. Delft, U.S.A. Department of Civil Engineering. Delft University of Technology. 124p.

Marques, M. (2005). Sistema automatizado para estimativa de ondas geradas por vento em reservatórios de barragens. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

Marques, M. (2013). Modelagem paramétrica bidimensional para simulação de ondas em águas

continentais. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 219p.

Marques, M. ; Andrade, F. O. ; Botari, A. ; Guetter, A. (2014). Proposta de topologia de uma equação paramétrica para modelagem de ondas baseada na equação do balanço de energia. In: XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Santiago, Chile, Agosto/2014.

Marques, M. ; Andrade, F. O. ; Guetter, A. K. (2013). Conceito do Campo de fetch e sua Aplicação ao reservatório de Itaipu. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, p. 243-253, 2013.

Saville, T. (1954). The effect of fetch width on wave generation. Journal Technical Memorandum, n. 70, 1954.

Wilby, R. L. (2011). Adaptation: Wells of wisdom, Nature Climate Change, 1(6), pp.302-303.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA MALHA VIÁRIA DO ESTADO DA PARAÍBA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS DA CARTOGRAFIA DIGITAL E DO SENSORIAMENTO REMOTO

Edmilson Roque da Silva Junior

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal – Paraíba

Emanoel Ferreira Cardoso

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal – Paraíba

Gilanildo Freires de Almeida

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal – Paraíba

Marcelo Laédson Morato Ferreira

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal – Paraíba

Renan Willer Pinto de Sousa

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal – Paraíba

RESUMO: As constantes modificações no modal rodoviário, através de expansões ou manutenções, requerem a atualizações de bancos de dados existentes, para a elaboração de futuros projetos e estudos. A área de gestão e planejamento de obras de rodovias é beneficiada pela disponibilização de dados georreferenciados, cuja localização está associada a uma posição sobre a superfície terrestre, e se tornou muito útil em diversas áreas de conhecimento pela possibilidade de aquisição de inúmeras informações geográficas. Os programas computacionais do geoprocessamento possuem funções

para geração de mapas, cartas topográficas e plantas, com softwares de baixo custo e fácil leitura. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo a vetorização de rodovias do estado da Paraíba por meio da utilização do software Quantum Gis. Inicialmente, realizou-se a identificação dos municípios paraibanos que saíram do “isolamento asfáltico”, em seguida geraram-se quadrantes referentes a cada região geoadministrativa contendo os respectivos municípios. Para a estipulação das rodovias que foram construídas nos últimos anos utilizou-se imagens de satélite do estado que foram sobrepostas por um arquivo vetorial não atualizado (shapefile). Comparando os arquivos gerados durante o trabalho com os existentes, percebe-se que nos últimos anos a malha rodoviária paraibana cresceu, porém não houve modificações recentes no banco de dados disponíveis pelos órgãos públicos. O estudo ressalta a importância e eficiência das ferramentas de geoprocessamento, gerando materiais necessários, como os arquivos shapes e mapas temáticos com o intuito de serem usados pela gestão dos municípios e estado e beneficiar outros estudos.

PALAVRAS-CHAVE: Dados georreferenciados, geoprocessamento, malha rodoviária.

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE ROAD NETWORK FROM THE STATE OF

PARAÍBA WITH THE USE OF TECHNIQUES AND PROCEDURES OF DIGITAL CARTOGRAPHY AND REMOTE SENSING

ABSTRACT: Constant changes in the road mode, through expansions or maintenance, require the updating of existing databases, for the elaboration of future projects and studies. The road works management and planning area is benefited by the availability of georeferenced data, whose location is associated with a position on the earth's surface, and became very useful in several areas of knowledge because of the possibility of acquiring numerous geographic information. Geoprocessing computer programs have functions for generating maps, topographic charts and plans, with low cost and easy to read software. This way, this work aims to vectorize roads in the state of Paraíba through the use of Quantum Gis software. Initially, the Paraíba cities that emerged from the "asphalt isolation" were identified, then quadrants were generated regarding each geoadministrative region containing the respective cities. For the stipulation of the roads that were built in the last years it was used satellite images of the state that were superimposed by a non-updated vector file (shapefile). Comparing the files generated during the work with the existing ones, it is clear that in the last years the Paraíba road network has grown, but there were no recent modifications to the database available by public agencies. The study highlights the importance and efficiency of geoprocessing tools, generating necessary materials, such as shapes files and thematic maps in order to be used by city and state management and to benefit other studies.

KEYWORDS: Georeferenced data, geoprocessing, road network.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário é o principal modal de escoamento de cargas e tráfego de pessoas em todo território nacional e a grande dependência desse sistema gera a necessidade de mobilidade, isto é, o descongestionamento das vias através da expansão e da manutenção. As falhas no processo de recuperação das rodovias dificultam o rápido escoamento das cargas e prejudica desenvolvimento econômico da nação (RODRIGUES e COLMERO, 2009).

Com o aumento da malha viária, faz-se necessário a manutenção do banco de dados existente, importante fonte de pesquisa para a realização de estudos futuros intrínsecos a rodovia. Dessa forma, o geoprocessamento, surge como uma poderosa ferramenta para a reunião destes dados em ambiente gráfico, associados a coordenadas geográficas, facilitando o processamento e acessibilidade a essas informações, que são primordiais nas diversas áreas de estudo necessários para a gestão e planejamento de obras de rodovias.

A classificação de ambientes baseada em suas múltiplas características e as análises multitemporais de alterações ambientais e sociais, por exemplo, são ofícios indiscutivelmente beneficiados com o geoprocessamento. De maneira mais específica, deseja-se atar a essa importante ferramenta uma análise da malha viária do estado da Paraíba e suas modificações ao longo dos últimos anos (surgimento de novas vias

de tráfego), bem como a atualização dos arquivos vetoriais (arquivos shapefile) que contém as rodovias paraibanas já que, uma vez que a maioria das vias de tráfego é recente, ainda não despontam nesses arquivos vetoriais.

Com a utilização de técnicas e procedimentos da cartografia digital e do sensoriamento remoto, torna-se possível a atualização da malha, atividade essa que pode contribuir de maneira incalculável para a gestão e planejamento tanto de novas vias quanto para a manutenção das mesmas.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O uso do geoprocessamento na administração municipal/estadual

Duarte (2010) afirma que o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) apresenta-se bastante eficaz para possibilitar aos gestores uma visão mais completa e detalhada da área administrada, o que auxilia nas tomadas de decisões.

A possibilidade de visualizar o problema em uma dimensão espacial facilita a tomada de decisão, planejamento, projeto e execução, e o geoprocessamento, como uma ferramenta capaz de unir dados a coordenadas geográficas, torna-se um importante aliado para todas as áreas de administração, municipal ou estadual, agilizando o entendimento sobre os problemas e mostrando as possíveis soluções (FERREIRA, 2013).

Um dos tipos de dados mais importantes para o geoprocessamento são as feições vetoriais, uma representação expressa através de pontos, linhas ou polígonos definidos por um par de coordenadas em ambiente computacional. Segundo PEREIRA e SILVA (2011), a vetorização apresenta-se como eficiente ferramenta para a geração de informações, atribuindo-se dados políticos, sociais, econômicas a coordenadas geográficas.

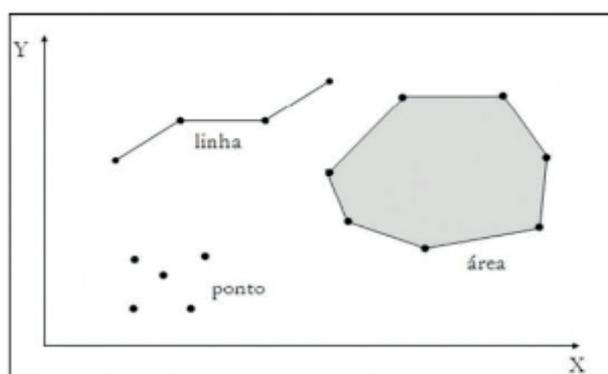


Figura 1 – Exemplo de dado espacial na classe vetorial

Fonte: Infoescola

2.2 A malha rodoviária e a importância da sua conservação

Nos últimos anos, a malha rodoviária do estado da Paraíba passou por um grande processo de expansão, o que acarreta em grandes transformações e traz para o estado o desenvolvimento econômico e social.

A infraestrutura rodoviária estadual representa o patrimônio físico mais importante da Paraíba. Através dela foi assegurada a integração social, cultural, econômica e política do Estado. Por ela é escoada a produção agrícola e industrial e ela é responsável por quase toda a movimentação dos paraibanos (PARAÍBA, 2019).

Atualmente os 223 municípios paraibanos possuem acesso via pavimento asfáltico, todavia, a existência de um grande número de rodovias nem sempre significa boas condições de mobilidade. Por serem recentes, a maioria das vias do estado ainda estão em bom estado de conservação, mas futuramente virá a necessidade de manutenção.



Figura 2 – Trecho rodoviário do estado da Paraíba

Fonte: Revista Nordeste

O estado de conservação das estradas influencia tanto no custo do transporte como na qualidade do produto a ser transportado, trechos de estradas em mal estado de conservação acabam por causar danos aos veículos, às vezes até impossibilitam o tráfego ocasionando a utilização de rotas mais longas, conseqüentemente, com maiores consumos de combustível. O atraso na fase de transporte reduz o tempo de prateleira, e a vibração ocasionada pelas deformações das pistas geram perdas na qualidade dos produtos, impactando no seu preço final (HANASHIRO, 2010).

2.3 Os dados vetoriais no planejamento rodoviário

Em se tratando do planejamento de rodovias, é evidente a importância da existência de informações georreferenciadas ligadas a malha rodoviária para o planejamento de obras de expansão e manutenção.

Segundo Lacerda (2014), a versatilidade na manipulação dos dados georreferenciados (como os dados vetoriais), a possibilidade de operações em plataformas de baixo custo e simplicidade na operação fazem, destes, um recurso bastante interessante, pois permitem que decisões sejam tomadas de forma participativa e sustentável.

Segundo o autor, o uso desses dados em relação a dados tradicionais aumenta a objetividade e possibilita que as decisões sejam tomadas sobre uma base mais técnica, obtendo maior racionalização dos recursos financeiros e dos equipamentos sociais.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, para a atualização dos dados georreferenciados das rodovias estaduais da Paraíba, foi feita a identificação dos municípios paraibanos que saíram do “isolamento asfáltico”. Essa etapa foi realizada com o auxílio do site do Governo do estado - DER/Infraestrutura - “Programa Caminhos da Paraíba” e o mapa geoadministrativo da Paraíba, ilustrada na figura 3.

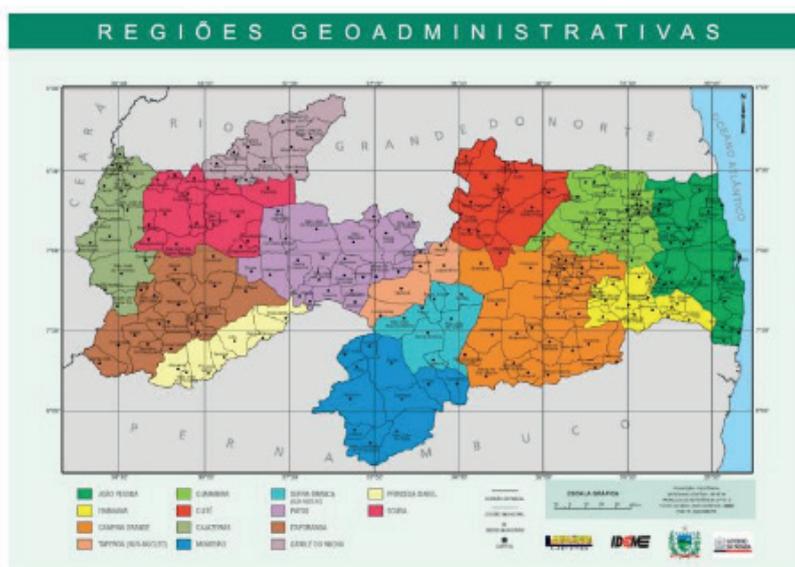


Figura 3 – Regiões Geoadministrativas da Paraíba

Fonte: Governo do Estado da Paraíba

Com o *software* de sistema de informação geográfica Quantum Gis criou-se um arquivo shapefile para cada uma das regiões geoadministrativas, para a demarcação dos municípios identificados pelo Programa Caminhos da Paraíba utilizou-se camadas do tipo ponto e para a delimitação das regiões utilizou-se uma camada do tipo polígono. As camadas das regiões geoadministrativas foram criadas a partir de um arquivo *shape* dos municípios paraibanos disponibilizado no site Geoportal AESA.

Todo o trabalho de atualização e análise da malha rodoviária da Paraíba foi efetivado com a utilização QGis, o processo de vetorização das novas rodovias foi

realizado por região geoadministrativa. A camada com a demarcação dos municípios, juntamente com imagens de satélite presentes no software, foi utilizada para identificar facilmente as novas estradas.

Após encontrar a estrada desejada, foram inseridas duas camadas conforme apresentados na figura 5, a primeira foi a imagem de satélite do *QuickMapServices – MapSurfer.Net – MapSurfer OSM Roads*. As imagens dessa plataforma são mais precisas e não se movimentam quando há o deslocamento de um ponto a outro. A segunda camada foi o arquivo shapefile “Rodovias_Federais” do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a utilização da segunda camada mostra-se necessária pois a maior parte das rodovias estaduais confronta as rodovias federais, esses encontros são importantes pontos de referências para a vetorização.

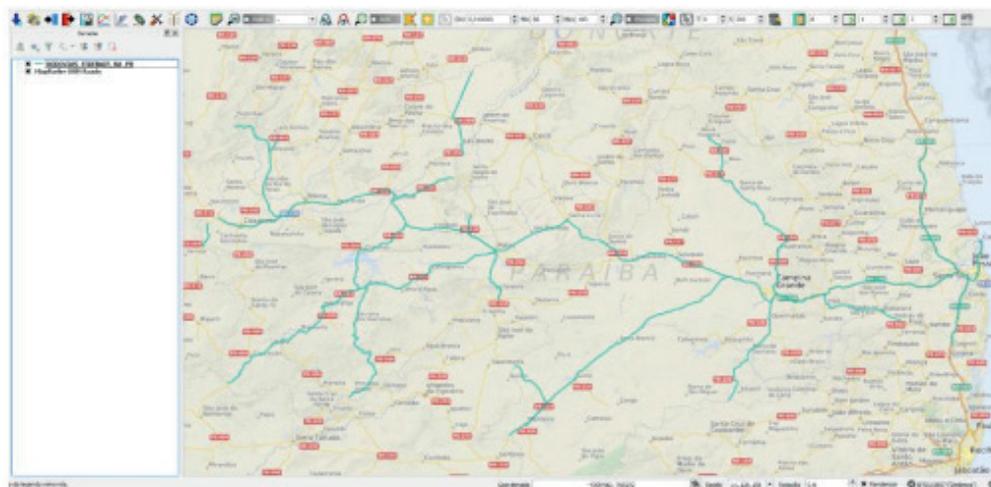


Figura 4 – Imagem do MapSurfer OSM Road sobre o estado da Paraíba sobreposto pelo arquivo vetorial do DNIT.

Fonte: Arquivo Próprio

Foi criada uma camada do tipo vetor, na qual, iniciou-se o processo de vetorização coincidindo com o traçado da nova rodovia. No final, todas as rodovias vetorizadas foram reunidas em um único arquivo shape com as rodovias já existentes no banco de dados, resultando em um arquivo único, resultado em um arquivo vetorial contendo as rodovias federais e estaduais da Paraíba.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

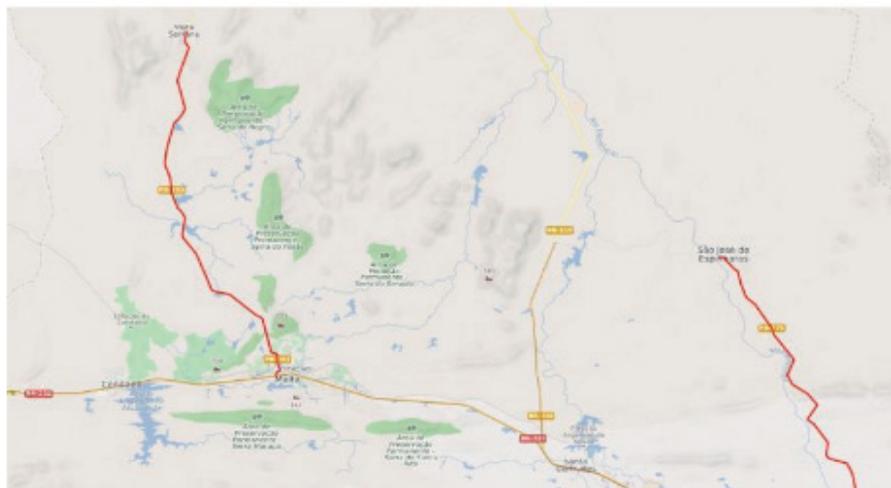


Figura 5 - Vetorização das PB-275 e PB-293 que ligam os municípios de Vista Serrana e São José de Espinharas à BR-230

Fonte: Autoria própria

O processo exemplificado na “figura 6” foi repetido para todos os municípios que receberam as novas vias de tráfego.

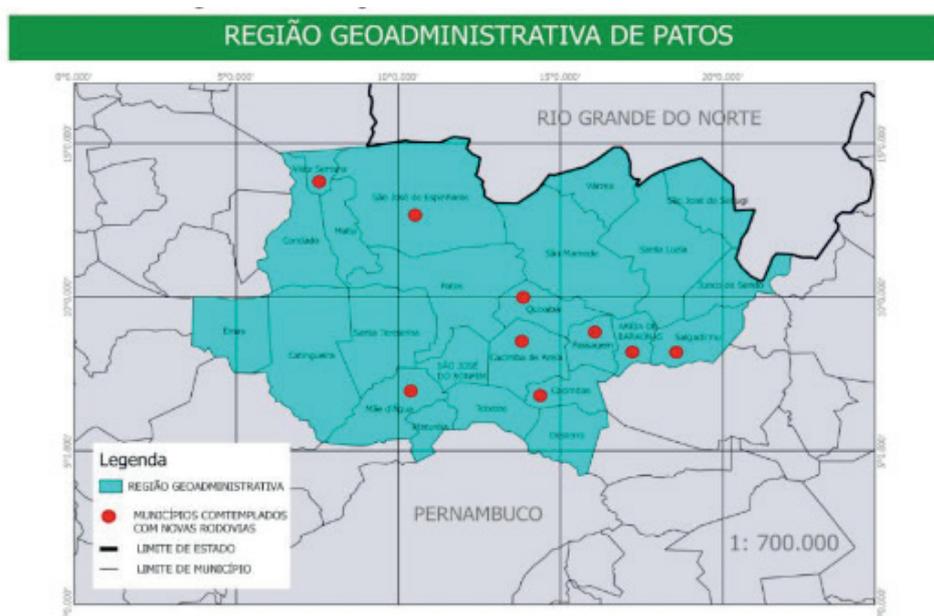


Figura 6 – Região Geoadministrativa de Patos

Fonte: Arquivo Próprio

A Paraíba possui quatorze regiões geoadministrativas. são elas: João Pessoa, Itabaiana, Campina Grande, Taperoá, Guarabira, Cuité, Cajazeiras, Monteiro, Serra branca, Patos, Itaporanga, Catolé do Rocha, Princesa Isabel e Sousa. Das quatorze regiões, duas não tiveram municípios contemplados com novas vias, João pessoa e Princesa Isabel. Abaixo, o mapa principal e um dos quadrantes contendo os municípios

da região geoadministrativa de patos.

Os vetores criados com a utilização das imagens do QuickMapServices também coincidiram e estavam alinhados com as imagens do Google Earth. Houve pequenos desvios, porém, não muito significativos.



Figura 7: Imagem do Google Earth sobreposta por vetores

Fonte: Arquivo Próprio

A finalização do processo de vetorização resultou em um arquivo shapefile contendo as rodovias federais do estado da Paraíba, bem como as rodovias do programa “Caminhos da Paraíba”.

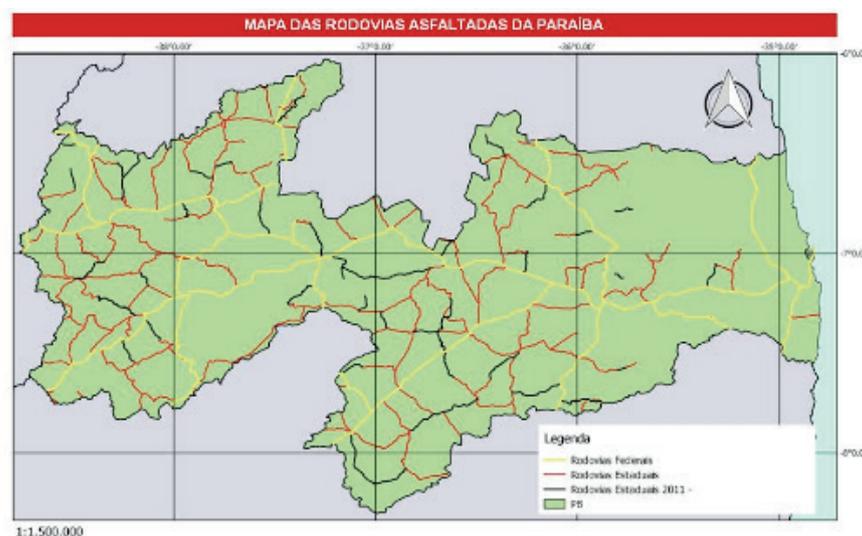


Figura 8 - Mapa das Rodovias asfaltadas da Paraíba

Fonte: arquivo próprio

Na “figura 8” as linhas em preto representam os vetores que foram criados durante o trabalho. É notório que algumas rodovias estão soltas no mapa e sem ligações entre si. Isso se deve ao fato de que nem todas as rodovias do estado foram vetorizadas ou estão dispostas nos arquivos vetoriais que foram utilizados como base durante o processo de vetorização. Ressalvado este ponto, a união do arquivo shape

que contém as rodovias federais do estado com os novos vetores criados, culminou em uma base de dados digital mais ampla e atualizada das rodovias da Paraíba.

5 | CONCLUSÃO

É notória que a criação dos shapefiles é antes de tudo, uma alternativa eficaz, uma vez que os dados em forma de vetores são vistos como a melhor forma de representar elementos do mundo real em arquivos digitais. Os dados vetoriais, à medida que são gerados ou atualizados, podem ser aplicados a diversas finalidades, especialmente no planejamento e na gestão estadual/municipal.

Os vetores em conjunto com imagens de satélite permitem, por exemplo, que os dirigentes, em processos de criação e manutenção de rodovias, escolham trechos mais viáveis, mais curtos e mais econômicos, que diminuam o tempo de deslocamento.

A utilização conjunta dos programas Qgis e OSM roads é uma maneira alternativa e bastante eficiente na criação de informações digitais, apresentando resultados satisfatórios na obtenção de dados georreferenciados, isso por substituir o emprego de técnicas já ultrapassadas.

Entretanto, para que sejam desenvolvidos estudos com resultados mais detalhados, faz-se necessário o conhecimento aprofundado dos programas utilizados, bem como disponibilidade de bancos de dados com informações fundamentais para o desenvolvimento do estudo.

REFERÊNCIAS

DUARTE, R. M. **Geoprocessamento no planejamento urbano**. Mundo Geo. 2010. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2010/12/15/geoprocessamento-no-planejamento-urbano/>>. Acesso em: 09 de agosto de 2019.

FERREIRA, J. R. **SIG municipal – Uma proposta de implementação de SIG em municípios pequenos e médios**. 2013. 72. Monografia (Especialização em geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

HANASHIRO, F. A. **Importância da manutenção e recuperação de estradas vicinais**. 2010. Disponível em: <<http://www.conaidbrasil.com/blog/2011/11/21/apenas-um-teste/>>. Acesso em: 15/08/2017.

LACERDA, C. J. **Análise de dados georreferenciados para se obter a distribuição estatística espacial das vítimas fatais em acidentes de trânsito em Goiânia**. 2014. 44. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produções e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014.

MEDEIROS, A. I. L. **Dados Geográficos**. 2010. Disponível em: <http://www.infoescola.com/geografia/dados-geograficos/>. Acesso em: 15/08/2017

PARAÍBA. **DER completa 73 anos com um patromônio de quase 6 mil km de rodovias**. 2019. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/der-completa-73-anos-com-um-patrimonio-de-quase-6-mil-km-de-rodovias-1>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2019.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. **Geoprocessamento e Urbanismo. Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de Geografia contemporânea**. Rio Claro, v., n.1, p.97-137, 2001.

PORTAL BRASIL ENGENHARIA. **Geoprocessamento e sua importância na engenharia**. 2012. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/palavra-do-leitor/1291-geoprocessamento-e-sua-importancia-na-engenharia>. Acesso em: 14/08/2017.

RODRIGUES, I.M. COLMENERO, J.C. **Diagnóstico da estrutura de distribuição da indústria cervejeira**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 29. Salvador. Anais... Salvador: ENEGEP, 2009.

MAPEAMENTO LITO-ESTRUTURAL DA REGIÃO DE GURJÃO-PB

Thayná Bel Pereira Guimarães

Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Departamento de Geologia, Universidade Federal
de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina

Natanael Felipe Lorenzi de Oliveira

Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Departamento de Geologia, Universidade Federal
de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina

RESUMO: Esse projeto destaca a importância das geotecnologias como propedêutica a novos trabalhos de escopo geológico. Trata-se de um levantamento prévio da geologia da região central do Estado da Paraíba, na cidade de Gurjão com vistas à confecção de um mapa lito-estrutural regional, a partir de análise e processamento de imagens dos sensores remotos Landsat8 e missão SRTM. Sob tal aspecto, o produto final permite uma reinterpretação da geologia da região em relação ao mapa disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) - Unidades Litoestratigráficas 1:1.000.000 do ano de 2004, apontando para maior refinamento e detalhamento de maior escala. Tal detalhamento inclui desde a mudança de alguns dos contatos litológicos pré-existentes, até a desmembramento de uma das Unidades Litoestratigráficas em outras seis.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Geologia, Paraíba.

LITOSTRUCTURAL MAPPING OF THE GURJÃO-PB REGION

ABSTRACT: This project highlights the importance of geotechnologies as a propedeutic for new works of geological scope. This is a previous survey of the geology of the central region of Paraíba State, in the city of Gurjão, with a view to making a regional lithostructural map, based on analysis and image processing of Landsat8 remote sensors and SRTM mission. In this respect, the final product allows a reinterpretation of the geology of the region in relation to the map provided by the Geological Survey of Brazil (CPRM) - Lithostratigraphic Units 1: 1,000,000 from 2004, pointing to greater refinement and greater detail. Such details contain from changing some of the pre-existing lithological contacts to breaking up one of the lithostratigraphic units into six others.

KEYWORDS: Remote Sensing, Geoprocessing, Geology, Paraíba.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de fundamental importância para a compreensão acerca da superfície terrestre.

Para Filho e Crósta (2003, 4p.) “Sensoriamento Remoto agrega tecnologias de sensores imageadores e também não imageadores. Sensores portáteis não imageadores, ou espectrorradiômetros, realizam densa amostragem do espectro eletromagnético (com milhares de bandas espectrais de largura nanométrica), abrangendo os comprimentos de onda do visível (VIS), do infravermelho próximo (NIR), do infravermelho de ondas curtas (SWIR) e do infravermelho termal (TIR). Esses sensores são críticos para o sucesso das aplicações que envolvem a caracterização espectral *in situ* de materiais geológicos e para a simulação da detecção desses alvos por sensores imageadores multiespectrais de baixa resolução espectral (< dezenas de bandas), de alta resolução espectral (>10 bandas) e sensores imageadores hiperespectrais (dezenas a centenas de bandas)”.

Tendo isso em vista, o projeto se utilizou dessa ferramenta para um estudo geológico da área que compreende a região central da Paraíba, a partir de sensores remotos como do satélite Landsat8 e da missão espacial SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

O objetivo central do projeto é a confecção de um mapa geológico lito-estrutural da região em formato de avaliação da disciplina Sensoriamento Remoto do Curso de Geologia, turma 2018, baseados em produtos gerados por meio de dados obtidos do satélite LandSat 8 e do projeto SRTM, pós-processados por técnicas de sensoriamento remoto, interpretados e confrontados como mapa geológico disponibilizado pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

A área estudada, situa-se na região de Gurjão, no estado da Paraíba, a aproximadamente 220km da capital, João Pessoa. O clima é semiárido, e a vegetação predominante é a caatinga. Na (Figura1), a área delimitada em vermelho, podemos observar a área de estudo georreferenciada ($7^{\circ}16'34''S, 36^{\circ}33'04''W/7^{\circ}21'53''S, 36^{\circ}24'54''W$).

Segundo o mapa geológico 1:1.50.000 confeccionado pela CPRM a região de Gurjão é compreendida por rochas metamórficas de protólitos variados e também uma zona de cisalhamento transcorrentes sinistral na porção sul com direção SW-NE.

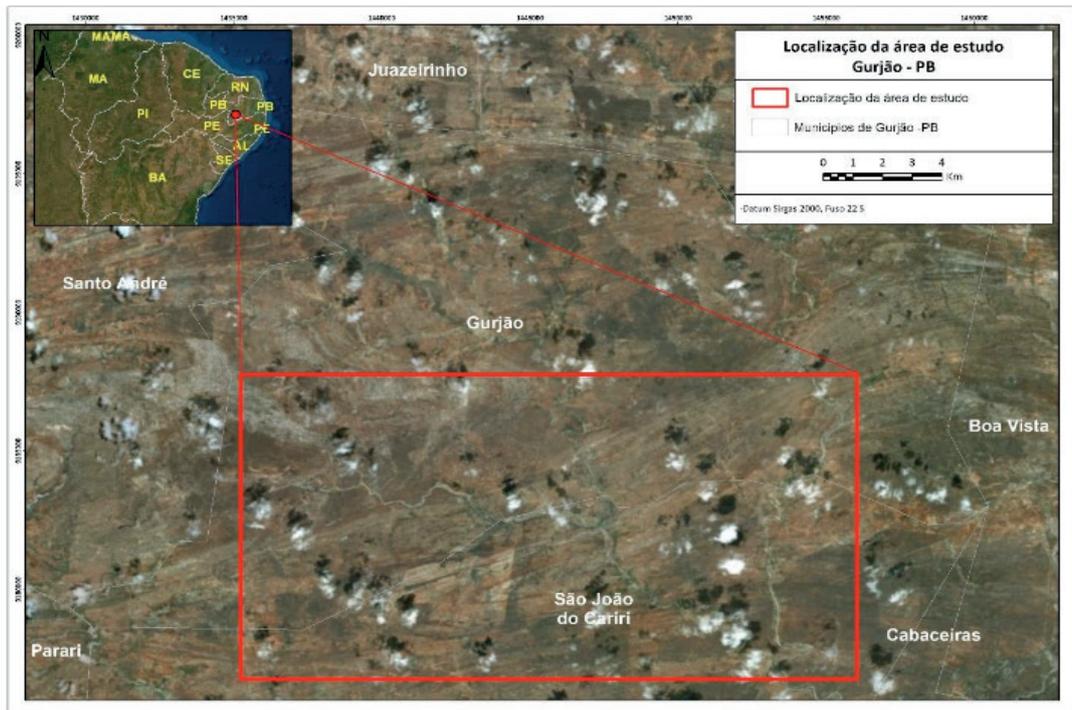


Figura 1 - Caracterização da área.

Fonte: Autores.

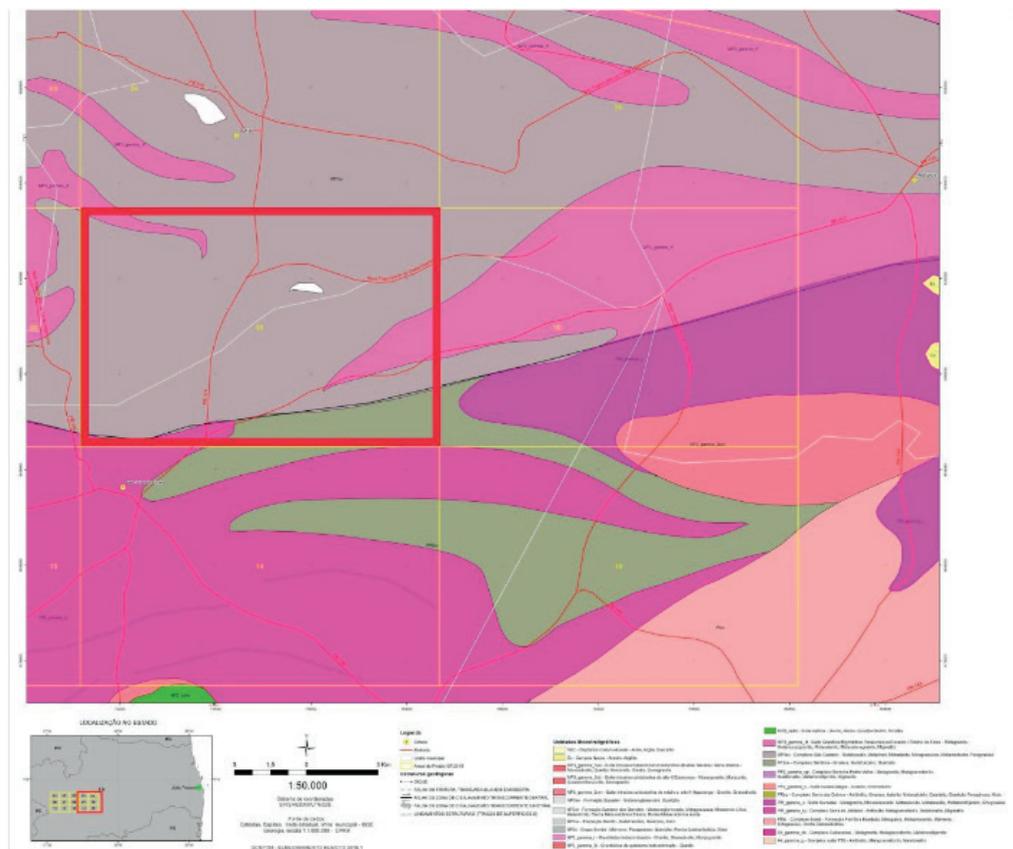


Figura 2 - Mapa Geológico da CPRM, região estudada e arredores.

Fonte: CPRM.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto foram utilizadas das imagens de satélite obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); após verificarmos o banco de imagens disponibilizadas, realizamos o download das bandas do Landsat 8 (USGS/NASA) da órbita 215 e ponto 065, TM de 14/11/2015, com 0,01% de nebulosidade, que abrangem à área de estudo. As bandas 1 (ultra azul), 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho), 5 (IV próximo), 6 (IV de ondas curtas) e 7 (IV de ondas curtas) possuem resolução espacial de 30m e 8 (pancromática) com resolução espacial de 15m e são as mais utilizadas na literatura para a diferenciação de áreas com e sem vegetação. Após o download as imagens foram importadas para o software Leoworks.

Obtemos dados do relevo através de imagens do RADAR STRM (TOPODATA), setor 07s375, também obtida processada pelo Software. Para avaliação final utilizamos o Mapa geológico CPRM da região em escala 1:50.000 e os dados litroestratigráficos da GeoSGB/CPRM (2004), em escala 1:1.000.000.

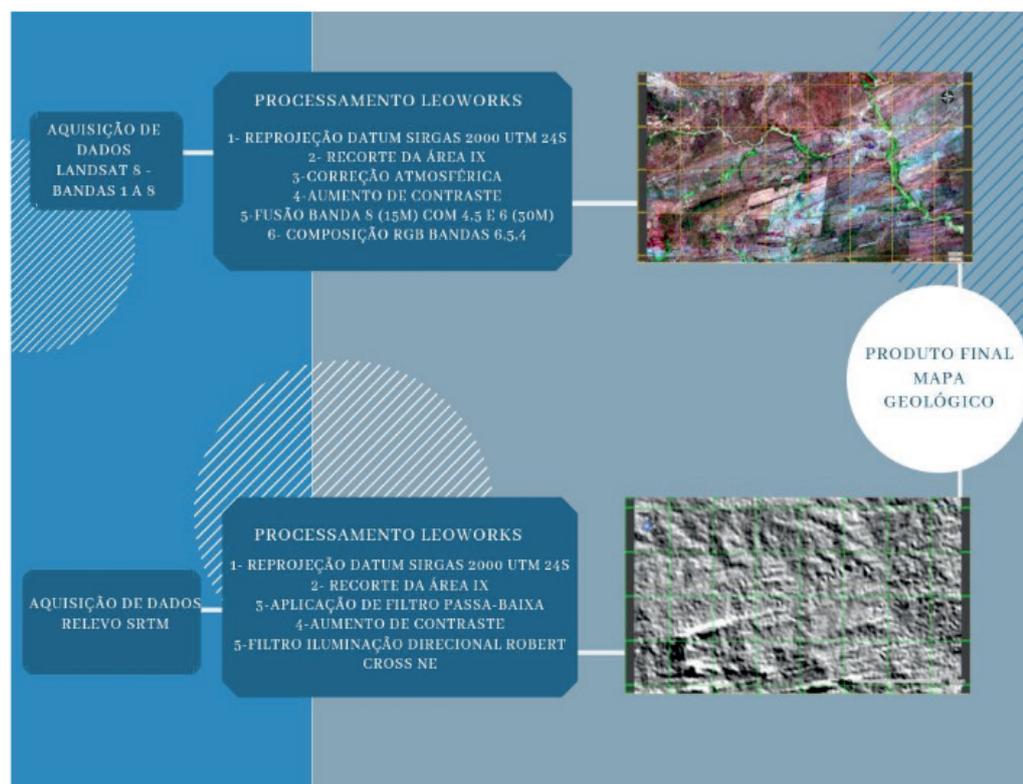


Figura 3 - Fluxograma dos métodos de elaboração do projeto.

Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do produto de composição RGB a partir das bandas 6, 5 e 4, na região central identificamos uma dobra, comum a orientação do eixo em SW NE.

Destacam-se estruturas bandadas, típicas de rochas metamórficas, conforme observado no mapa da CPRM, evidenciadas pela intercalação de cores variando entre

tons de vermelho e azul, que realçam argilominerais e óxidos de ferro respectivamente, estruturas essas destacadas também pela imagem do relevo SRTM com filtro passa baixa e iluminação direcional nordeste.

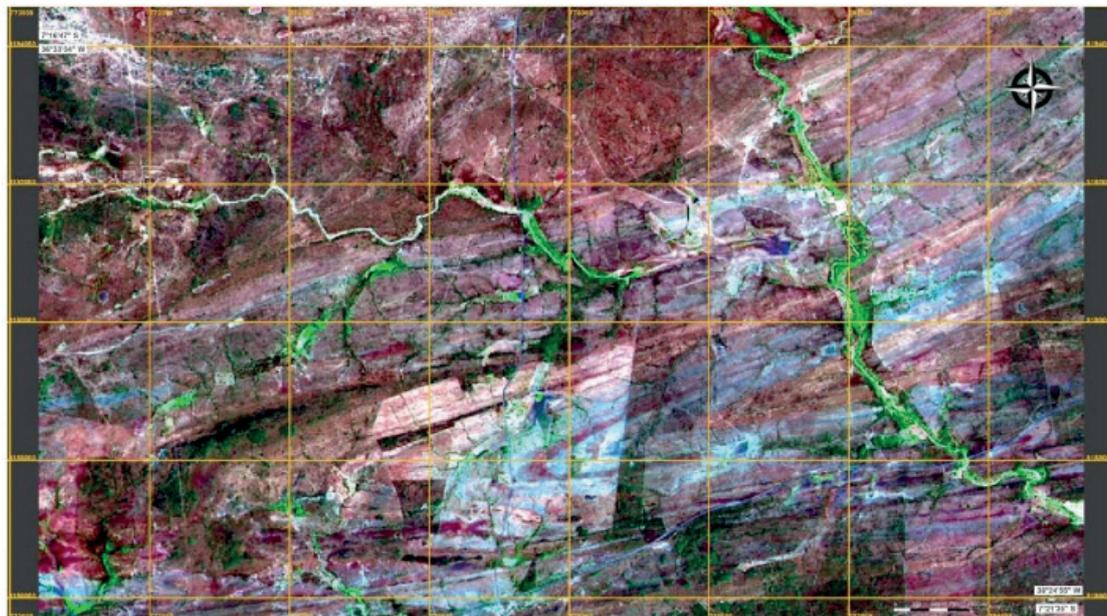


Figura 4 - Produto de composição RGB bandas 6,5 e 4 e fusão banda 8 – Landsat 8.

Fonte: Autores.

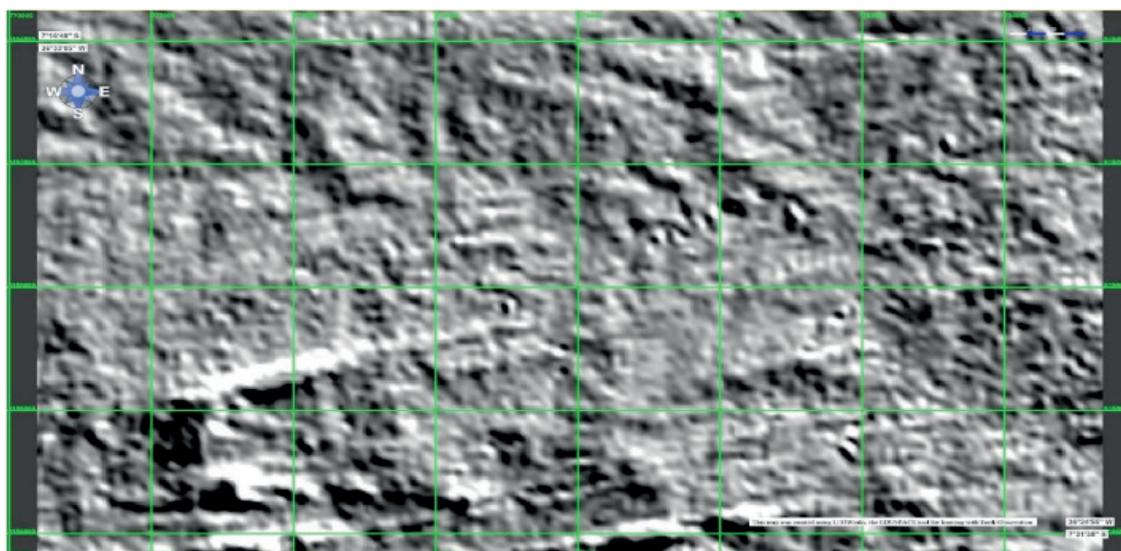


Figura 5 - Produto relevo passa baixa mais filtro direcional NE -SRTM.

Fonte: Autores.

Na porção NW da imagem foi possível inferir e detalhar um novo contorno da Suíte Granítica-Migmatítica Peroluminosa Recanto/Riacho do Forno dado as respostas obtidas pelos sensores do Landsat8.

O ponto mais significativo sugerido por este projeto, consiste na mudança da classificação feita pela CPRM, do Complexo do Mesoproterozóico São Caetano, separando-o em 6 setores distintos. A separação vai de MP3 sc1 a MP3 sc6, conforme

contorno lito-estrutural, inclusive com a supressão do Complexo Serrado Jabitacá da área, e ampliação do Complexo São Caetano, visto que a faixa classificada por MP3 sc 3 aparece na parte central e sudoeste da área de estudo como camada dobrada, isto é, flancos da mesma dobra, indicando mesmos litotipos.

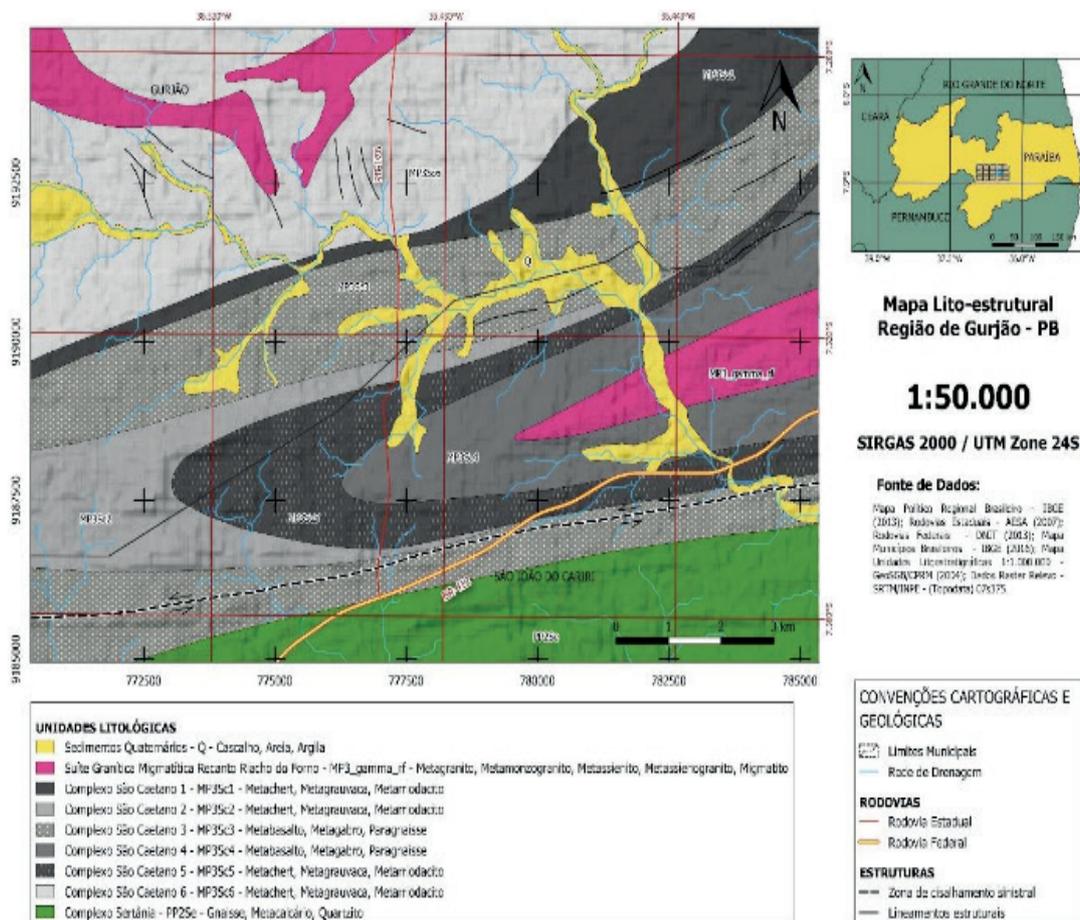


Figura 6 - Produto final – Mapa geológico lito-estrutural da região.

Fonte: Autores.

CONCLUSÃO

Considerando os objetivos deste projeto, pode-se afirmar que os métodos aplicados alcançaram êxito, o produto gerado foi capaz de fornecer detalhamento lito-estrutural da área da região de Gurjão. Sendo assim, fica possível o confronto com o mapa disponibilizado pela CPRM. Através destas interpretações, permitiram a sugestão de novas classificações e contornos a partir dos resultados obtidos pelos produtos trabalhados. Tais mudanças nas classificações dependem de estudo de campo comparados com os produtos obtidos e interpretados.

Assim, durante a confecção e a interpretação deste produto foi possível analisarmos em âmbito geológico a estrutura litoestratigráfica da região de Gurjão, tornando-se necessária a aplicação de Sensoriamento Remoto.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>>, Acesso em: out. 2018.
- BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <<http://geoftp.ibge.gov.br/>>, Acesso em: out. 2018.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa geológico. Rio de Janeiro. Escala: 1:1.000.000. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>, Acesso em: out. 2018.
- FILHO, C.R.S.; CRÓSTA, A. P. **Geotecnologias aplicadas à geologia**. Revista Brasileira de Geociências, Volume 33, 4p, 2003.
- GEOSGB/CPRM. Dados, Informações e Produtos do Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <<http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>>, Acesso em: out. 2018.
- GOVERNO DA PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas - AESA. Disponível em: <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>, Acesso em: out. 2018.
- JENKINS, H. **The official weblog of Henry Jenkins**. Massachusetts, EUA. Disponível em: <<http://henryjenkins.org>>, Acesso em: 08 fev. 2010, 14:13:30.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 266 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE GURJÃO - PB. História de Gurjão. Disponível em: <<http://www.gurjão.pb.gov.br/>>, Acesso em: Acesso em 12 de maio de 2019.
- TOPODATA- SRTM/INPE. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>, Acesso em: out. 2018.

STUDY OF LIGHTNING BIFURCATION AND EFFECT ON RADIATION

Fernando Júnio de Miranda

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) – Departamento De Matemática E Estatística
Diamantina-MG

ABSTRACT: In this work radiation and lightning channel were analyzed. For this, waveforms of electric fields and lightning footage were obtained in the cities of São José dos Campos and Diamantina. The proposals of this work were: 1) comparison between waveforms of electric fields and of their derivatives for different types of return strokes; 2) perform multifractal analysis of waveforms of electric fields and of their derivatives, also for different types of return discharges. The results from the comparisons show that the waveforms of the electric fields and the waveforms of the derivatives of the electric fields of primary return strokes are different from the waveforms of the electric field and the waveforms of the derivatives of the electric fields of non-primary return strokes. This result is in accordance with the literature. In addition, for primary return strokes, no dependence of their waveforms of electric fields and of their derivatives on whether or not the lightning was bifurcated and on the order of the return stroke was found. Multifractal analysis revealed the multifractal character

of the waveforms of the electric fields and of the waveforms of their derivatives. However, the waveforms of the electric fields and the waveforms of the derivatives of the electric fields from primary and non-primary return strokes did not show significant differences between their fractal dimension values.

KEYWORDS: Lightning Radiation, Return Stroke, Bifurcated Channel, Multifractal Spectrum.

ESTUDO DE BIFURCAÇÃO EM RELÂMPAGOS E EFEITO NA RADIAÇÃO

RESUMO: Neste trabalho a radiação e o canal de relâmpagos foram analisados. Para isso, formas de onda de campo elétrico e filmagens de relâmpagos foram obtidas nas cidades de São José dos Campos e Diamantina. As propostas deste trabalho foram: 1) comparação entre formas de onda de campos elétricos e de suas derivadas, para diferentes tipos de descargas de retorno; 2) realização de análise multifractal das formas de onda de campos elétricos e de suas derivadas, também para diferentes tipos de descargas de retorno. Os resultados provenientes das comparações mostram que, as formas de onda dos campos elétricos e as formas de onda das derivadas dos campos elétricos das descargas de retorno primárias são diferentes das formas de onda dos campos

elétricos e das formas de onda das derivadas dos campos elétricos das descargas de retorno não-primárias. Este resultado está em conformidade com a literatura. Além disso, para as descargas de retorno primárias, nenhuma dependência das suas formas de onda dos campos elétricos e das suas formas de onda das derivadas dos campos elétricos com o fato do relâmpago ser bifurcado ou não e com a ordem da descarga de retorno, foi observada. A análise multifractal revelou o caráter multifractal das formas de onda dos campos elétricos e das formas de onda das derivadas dos campos elétricos. Porém, as formas de onda dos campos elétricos e as formas de onda das derivadas dos campos elétricos, provenientes de descargas de retorno primárias e não primárias, não evidenciaram diferenças significativas entre seus valores de dimensão fractal.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação de Relâmpago, Descarga de Retorno, Canal Bifurcado, Espectro Multifractal.

1 | INTRODUCTION

Lightning strikes are electrical discharges that occur within the cloud or between the cloud and the ground. They last about 0.5 seconds and many different electrical processes occur in this short time interval. The most intense electrical discharge, and usually the one visible to the naked eye, is called return stroke or stroke, with typical peak electric current around 35 kA and lasting a few dozens of microseconds. The return stroke emits electromagnetic radiation which is generally used in its study. Figure 1 shows an example of a waveform of the electric field of the radiation emitted by a return stroke. The path taken by the return stroke, the luminous trace usually seen with the naked eye, is called a channel and consists of a plasma at a temperature of about 5,000 K. Lightning bolts that have a single return stroke are called simple lightning. Lightning bolts that have multiple return strokes are called multiple lightning. In multiple lightning a return stroke is characterized by its order of occurrence and can be classified as first return stroke, second return stroke, third return stroke and so on. Return strokes whose order of occurrence is greater than 1 are referred to as subsequent strokes.

When lightning strikes only 1 point on the ground (Figure 2a) it is referred as single channel lightning. However, in some cases, return strokes in a multiple lightning can travel through different channels so that lightning strikes 2 or more points on the ground. This type of lightning is called bifurcated (Figure 2b). In a bifurcated lightning a given bifurcation may occur at the same return stroke, but it may occur that a bifurcation occurs involving return strokes of different orders, with the higher order return stroke usually being considered bifurcated from the lower order return stroke. So, beyond the term “bifurcated lightning” the term “bifurcated return stroke” is also used. Observations of bifurcated lightning have been made since the 1930s, but the pioneers in using video cameras in such observations were WINN et al (1973) and THOMSON et al (1984). Distances between 2 points on the ground struck by bifurcated channels have been

observed ranging from a few hundred meters to a few kilometers (THOTTAPPILLIL et al, 1992). In their work, VALINE AND KRIDER (2002), studying bifurcated and single channel lightning, obtained an average number of channels equal to 1.45, besides noting that 67% of the bifurcations occurred in the second return stroke. In Brazil, FERRO et al (2012) in their study observed that 52% of bifurcation cases occurred on the second return stroke.

The complex nature of lightning channels was observed by MIRANDA and SHARMA (2016). They observed the multifractal character presented by lightning channel and the variation of this character among the various categories of lightning analyzed by them.

In this present work, when a stroke is the first return stroke to travel in a channel, such as, the first order return stroke or a subsequent return stroke which is the first stroke to travel in a given bifurcation, it is referred as primary. The other return strokes are called non-primary.

Besides the use of video cameras, another technique widely used to study lightning is the use of electric field antennas to obtain electric field waveforms from the electromagnetic radiation of lightning. These waveforms are usually analyzed in order to get lightning information. Several characteristics of lightning have been studied through analysis of electric field waveforms of lightning radiation (MIRANDA et al, 2003; MIRANDA, 2004; MIRANDA, 2008; SHARMA et al, 2011).

WEIDMAN and KRIDER (1978) were the first to use the fine waveform structure of the electric fields emitted by return strokes to distinct such discharges as bifurcated or non-bifurcated. However, WILLETT et al. (1995) were the first to use the fine structure of the waveform of the derivatives of the electric fields emitted by return strokes to make such a distinction.

According to WILLETT et al. (1995), the waveform of the derivative of the electric field of the radiation emitted by a primary return stroke is noisy after the instant of the occurrence of the electric field peak value. But, in the case of non-primary return stroke, the waveform of the derivative of the electric field is smooth or much less noisy after the instant of the occurrence of the electric field peak value.

Based on what has been exposed, this work proposed from video images and electric field waveforms of return strokes and their derivatives, to analyze the fine structure of these waveforms and verify the occurrence of bifurcated and non-bifurcated return strokes. It was also proposed to investigate whether these electric field waveforms and their derivatives exhibit multifractal characteristic.

For the implementation of these proposals the return strokes were classified into the following types or classes: first order, subsequent, primary and non-primary. The correspondent lightning discharges were classified into bifurcated or single channel.

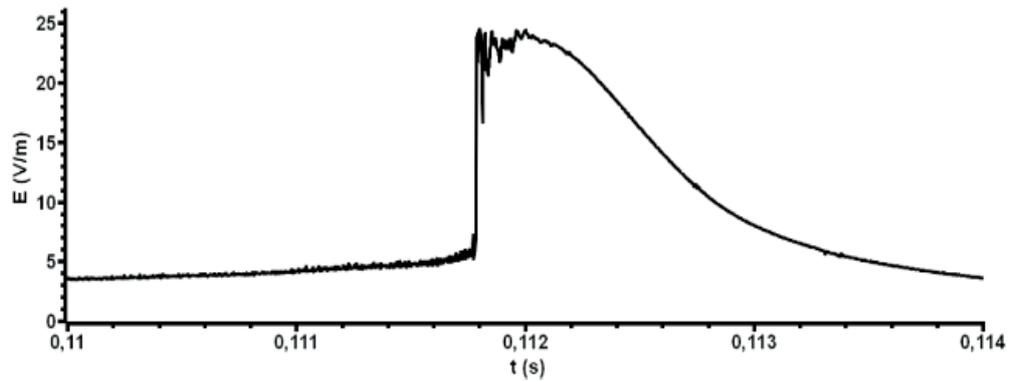


Figure 1 – Example of a waveform of the electric field (E) of the electromagnetic radiation emitted by lightning return stroke.

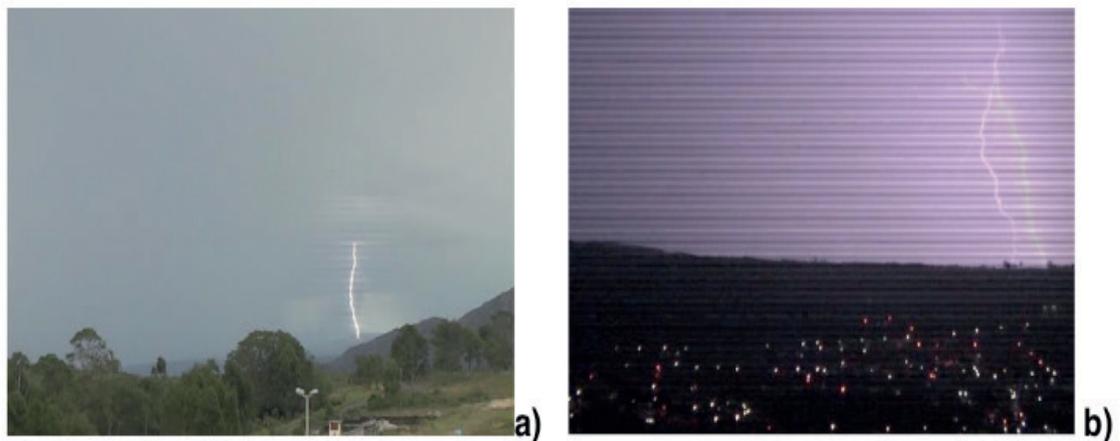


Figure 2 – a) Lightning with a single channel occurred in Diamantina. b) Bifurcated lightning occurred in Diamantina.

2 | METHODOLOGY AND INSTRUMENTATION

The methodology used in this work consisted of the following steps: 1) data acquisition; 2) data processing and analysis; 3) analysis of results and establishment of conclusions. In the first step, waveforms of radiation electric fields and lightning footage were obtained in storms occurred in São José dos Campos and Diamantina. In the second step, the derivatives were numerically calculated from the measured electric field waveforms. Both were correlated and analyzed with the filming performed. In this step, comparisons of electric field waveforms and their derivatives for primary and non-primary return strokes were performed. In addition, multifractal spectra of these waveforms were calculated. The results were also obtained. To perform this step, software was used to visualize time series and filming (frame by frame), as well as algorithms were developed for numerical calculations. In the third step, the results obtained in the second step were analyzed and the conclusions established.

Figure 3 shows the instrumentation used in this work. In Figure 3a, there is the scheme of the electric field waveform acquisition system. It consisted of a plate antenna to detect lightning radiation and send its signal to an electronic circuit to be processed.

The signal was then sent to a digital oscilloscope and sampled at a rate of 800,000 samples per second. A photo of the antenna and the electronic circuit is shown in Figure 3b. The electronic circuit was stored inside the box under the plate antenna and operated at a 70 MHz bandwidth. Figure 3c shows the camcorder used in this work.

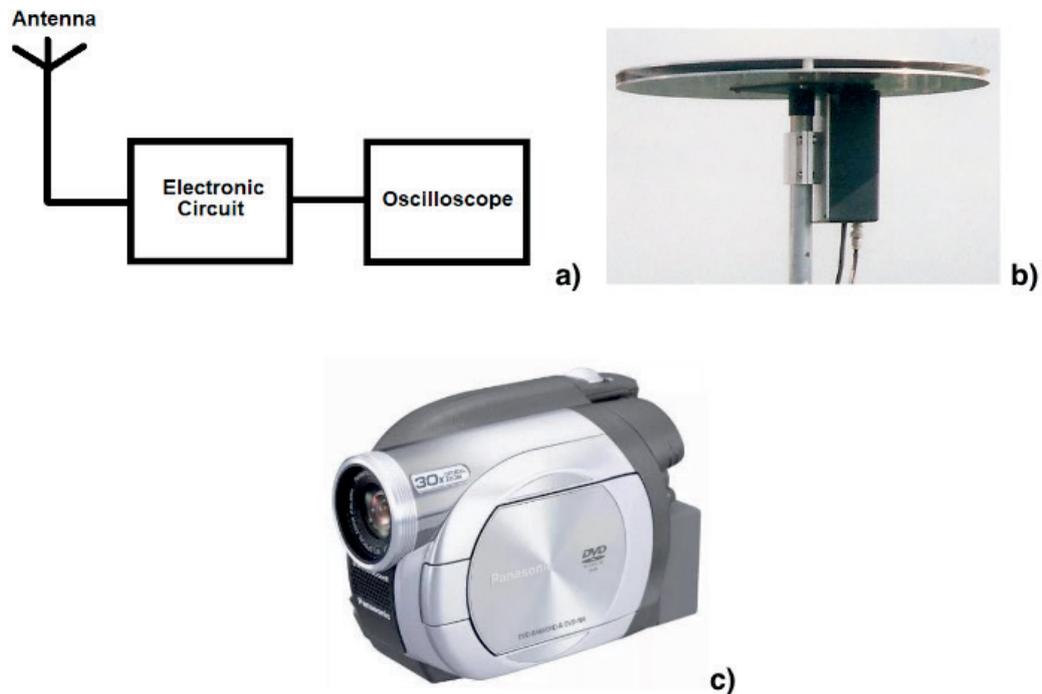


Figure 3 - a) Instrumentation scheme used in the acquisition of electric field waveforms from lightning radiation. b) Electric field sensor (plate antenna) and Processor Circuit; c) Panasonic VDR 300d camcorder.

3 | RESULTS

In this work 4 lightning strikes were analyzed. Of these, 3 were bifurcated and 1 was a single channel lightning. The total amount of return strokes was 19. Of these, 4 were first order primary strokes, 4 were subsequent primary (or bifurcated) strokes and 11 were non-primary strokes.

Figures 4 and 5 show examples of primary and non-primary return strokes observed in this work. The waveform of the electric field (E) in Figure 4a and the waveform of the derivative of this electric field (dE/dt) in Figure 4b were originated from the same subsequent primary return stroke of a bifurcated lightning. Figure 5 shows the same, but for a subsequent non-primary return stroke of the same bifurcated lightning. As shown in Figures 4 and 5, all return strokes analyzed in this work, except those of the single channel lightning, exhibit behaviors similar to those evidenced by WEIDMAN and KRIDER (1978) and WILLET et al (1995), showing a noisy fine structure after the instant of the occurrence of the electric field peak value, in the case of primary strokes (Figure 4) and a smooth fine structure after this instant, in the case of non-primary strokes (Figure 5). According to them, this noisy fine structure in the waveforms of primary return strokes is due to the occurrence of branching and

tortuosity in the channel. In the case of the single channel lightning, it contained 1 first-order primary return stroke and 8 subsequent non-primary return strokes, and all return strokes exhibited similar and relatively noisy fine structure after the instant of the occurrence of the electric field peak values. Waveforms of the electric fields of first order primary strokes and subsequent primary strokes were compared. A similar comparison was performed taking into account the waveforms of the derivatives of these electric fields. Either for the comparisons of the waveforms of the electric fields or for the comparisons of the waveforms of the derivatives of these electric fields, no dissimilarities were exhibited between first order primary strokes and subsequent primary strokes. The similarities observed in these waveforms, for both first order and subsequent primary strokes suggest that the characteristics of these return strokes do not depend on the order of occurrence. The waveform of the electric field of the primary stroke in the single channel lightning was compared to the waveforms of the electric fields of the primary strokes in the bifurcated channels. No dissimilarity was found in these waveforms. The same kind of analysis but taking into account waveforms of the derivatives of the electric fields also did not show dissimilarities. Thus, dependence of primary strokes with the fact of lightning being single channel or bifurcated was not found.

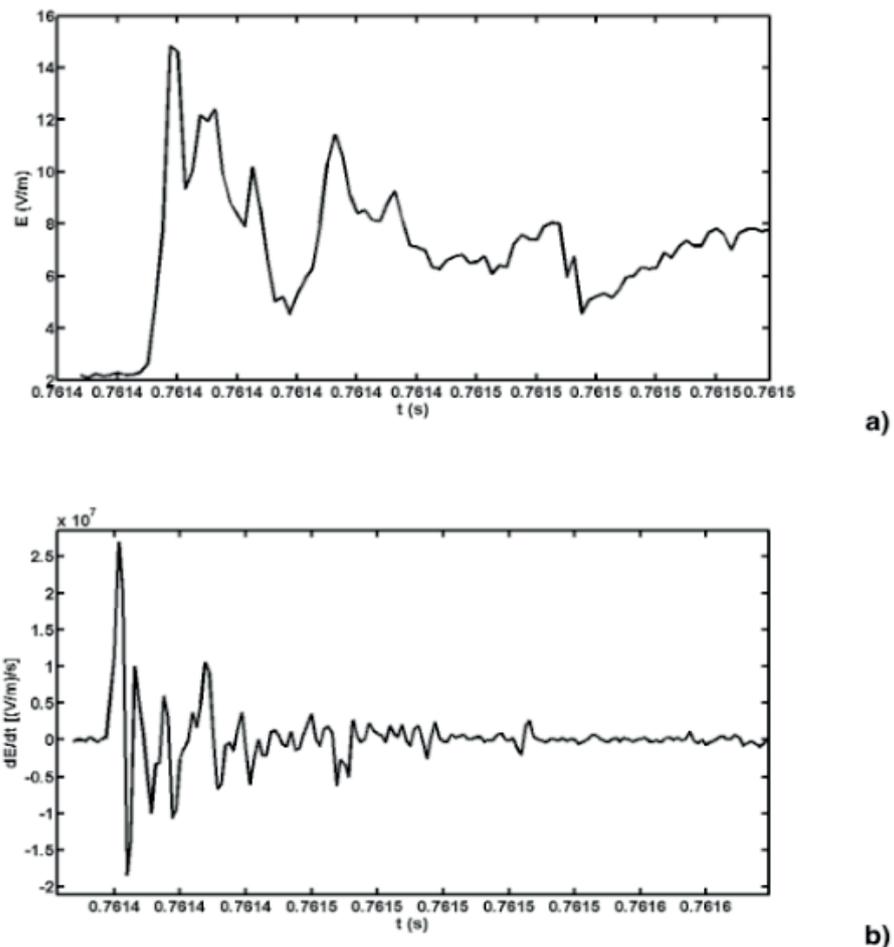


Figure 4 – a) Waveform of electric field (E). b) Waveform of the derivative of the electric field (dE/dt). Both for the same primary return stroke.

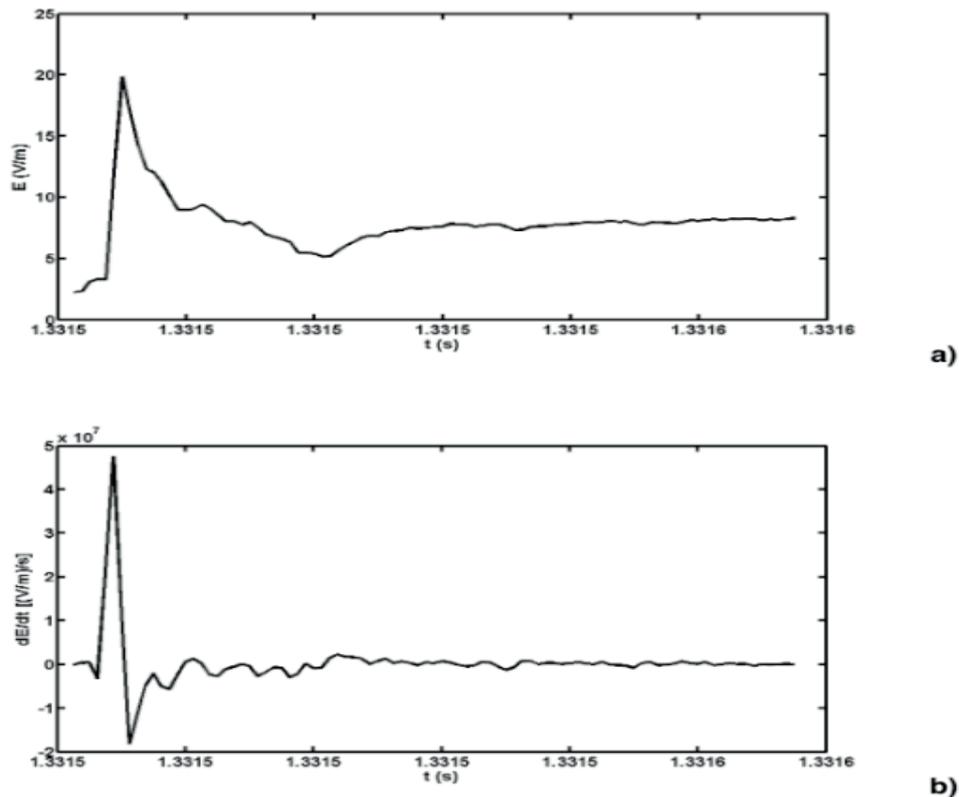
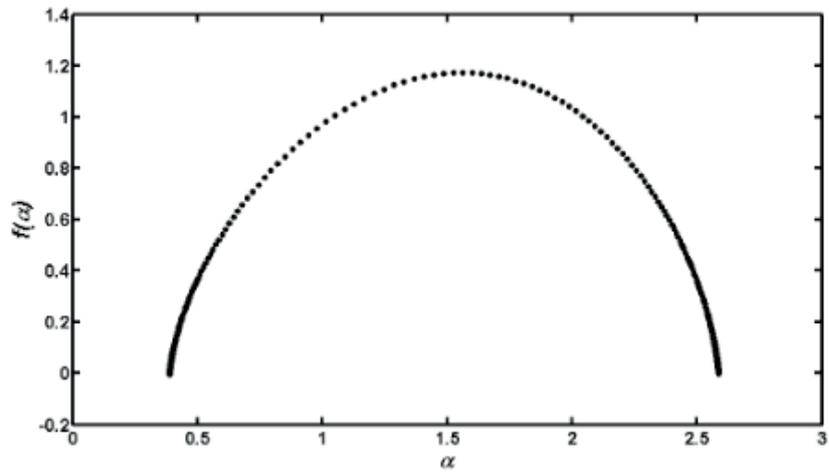
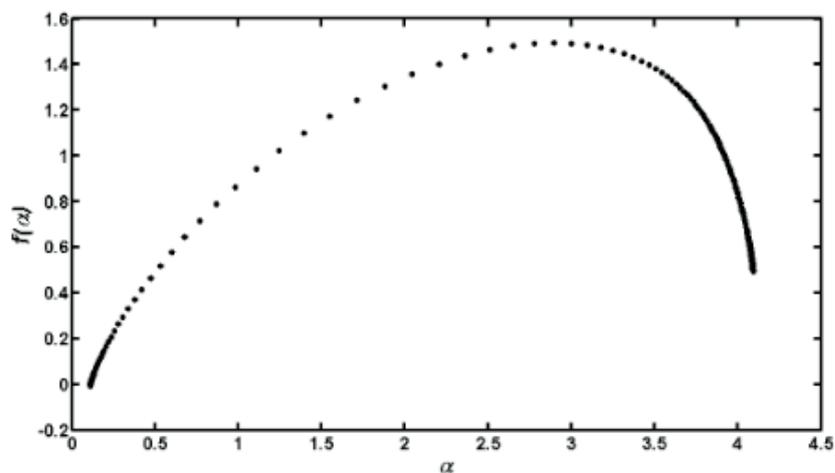


Figure 5 – a) Waveform of electric field (E). b) Waveform of the derivative of the electric field (dE/dt). Both for the same non-primary return stroke.

A multifractal analysis of the waveforms of the electric fields and their respective derivatives was performed. All return strokes which were analyzed exhibited multifractal spectra similar to those shown in Figure 6, suggesting the multifractal character of the waveforms. The spectra in Figures 6a and 6b correspond respectively to the waveforms in Figures 4a and 4b. The multifractal spectrum is a kind of distribution ($f(a)$) of singularities in the signal, arranged in sets of “intensities” (a). When the spectrum of the object has only one point it is a fractal object, and the singularities are in a set with a unique value of fractal dimension. However, in the case of the spectrum containing a lot of points as in Figure 6, singularities are arranged in several sets, each one with a specific value of dimension. In this case, the fractal dimension of the object is defined as the value of $f(a)$ corresponding to the maximum of the spectrum.



a)



b)

Figure 6 – a) Multifractal spectrum of the waveform exhibited in Figure 4a. b) Multifractal spectrum of the waveform exhibited in Figure 4b.

Values of fractal dimensions of the waveforms of the electric fields and of the waveforms of the derivatives of the electric fields were obtained from their multifractal spectra. Table 1 shows the fractal dimension values which were obtained.

Return Stroke Type	Fractal Dimension of the Waveform of the Electric Field	Fractal Dimension of the Waveform of the Derivative of the Electric Field
First Order Primary	1.63±0.23	1.39±0.20
Subsequent Primary	1.25±0.08	1.72±0.16
Non-Primary	1.36±0.08	1.77±0.11

Table 1 - Fractal dimension values of the waveforms of the electric fields and their derivatives for the return strokes types taken into account in this work. The values are presented in the format: Mean ± Standard Error.

From the data presented in Table 1, an inference by eye (CUMMING and FINCH, 2005) suggested no significant difference in the fractal dimension values as a function of the return stroke type. However, caution should be taken when looking to these

results due to the small sizes of the samples (less than 10) used to obtain the results shown in Table 1. An analysis with large samples is recommended.

4 | CONCLUSIONS

Comparisons of waveforms of electric fields of different types of return strokes were performed. The same comparisons were performed using waveforms of the derivatives of these electric fields. From these comparisons it is concluded that: 1) the primary and non-primary return stroke waveforms are not similar and observations from WEIDMAN and KRIDER (1978) and WILLET et al (1995) were confirmed in this work; 2) for the waveforms of the electric fields of primary return strokes and the waveforms of the derivatives of these electric fields, no dependence on the order of occurrence of the primary return stroke was found; 3) it was not evidenced from the characteristics of the waveforms of the electric fields and the waveforms of their derivatives, a dependence of the primary return strokes on whether lightning is single channel or bifurcated; 4) the waveforms of the electric fields and the waveforms of the derivatives of these electric fields exhibited multifractal character for all types of lightning and strokes taken into account in this work. No significant difference was found in the fractal dimension values of the waveforms ($E(t)$, $dE(t)/dt$) of the different types of return strokes considered in this work.

REFERENCES

- CUMMING, G.; FINCH, S. **Inference by Eye. Confidence Intervals and How to Read Pictures of Data**. American Psychologist. Vol. 60, No. 2, 170–180. DOI: 10.1037/0003-066X.60.2.170, 2005.
- FERRO, M. A. S.; SABA, M. M. F.; PINTO JR, O. **Time-intervals between negative lightning strokes and the creation of new ground terminations**. Atmospheric Research. 116. 130–133. 10.1016/j.atmosres.2012.03.010, 2012.
- MIRANDA, F. J.; PINTO JR., O; SABA, M. M. F. **A study of the time interval between return strokes and K-changes of negative cloud-to-ground lightning flashes in Brazil**. Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics, v. 65, issue 3, p. 293-297, Feb., 2003.
- MIRANDA, F. J. **Estudo das características de relâmpagos nuvem-solo negativos através da análise comparativa de observações por múltiplas técnicas** – São José dos Campos: Tese - INPE, 2004. 192p. – (INPE-12181-TDI/975), 2004.
- MIRANDA, F. J. **Wavelet analysis of lightning return stroke**. Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, v. 70. p. 1401-1407. 10.1016/j.jastp.2008.04.008., 2008.
- MIRANDA, F. J.; SHARMA, S. R. **Multifractal analysis of lightning channel for different categories of lightning**. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 145, p. 34-44, 2016.
- SHARMA, S. R.; COORAY, V.; FERNANDO, M.; MIRANDA, F. J. **Temporal features of different lightning events revealed from wavelet transform**. Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, v. 73. p.507-515. 10.1016/j.jastp.2010.11.009, 2011.
- THOMSON, E. M.; GALIB, M. A.; UMAN, M. A.; BEASLEY, W. H.; MASTER, M. J. **Some features of**

stroke occurrence in Florida lightning flashes. Journal of Geophysical Research, v. 89, n. D3, p. 4910-4916, June, 1984.

THOTTAPPILLIL, R.; RAKOV, V. A.; UMAN, M. A.; BEASLEY, W. H.; MASTER, M. J.; SHELUKIN, D. V. **Lightning subsequent-stroke electric field peak greater than the first stroke peak and multiple ground terminations.** Journal of Geophysical Research, v. 97, n. D7, p. 7503-7509, May, 1992.

VALINE, W. C.; KRIDER, E. P. **Statistics and characteristics of cloud-to-ground lightning with multiple ground contacts.** Journal of Geophysical Research, v. 107, n. D20, AAC8 (p.1-11), Oct., 2002.

WEIDMAN, C. D.; KRIDER, E. P. **The fine structure of lightning return stroke waveforms.** Journal of Geophysical Research, v. 83, n. C12, p. 6239-6247, Dec., 1978.

WILLETT, J. C.; LE VINE, D. M.; IDONE, V. P. **Lightning-channel morphology revealed by return-stroke radiation field waveforms.** Journal of Geophysical Research, v. 100, n. D2, p. 2727-2738, Feb., 1995.

WINN W. P.; ALDRIDGE, T. V.; MOORE, C. B. **Video-tape recordings of lightning flashes.** Journal of Geophysical Research, v. 78, n. 21, p. 4515-4519, July, 1973.

ESTIMATIVAS DO PODER EVAPORANTE DO AR PARA OS MUNICÍPIOS DE NOVO REPARTIMENTO E SANTANA DO ARAGUAIA NO ESTADO DO PARÁ

Joycilene Teixeira do Nascimento

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Belém, Pará.

Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Belém, Pará.

Valdeides Marques Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Belém, Pará.

Luane Laíse Oliveira Ribeiro

Universidade Estadual do Oeste do Paraná –
UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, Paraná.

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Belém, Pará.

Joaquim Alves de Lima Júnior

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Capanema, Pará.

Fabio Peixoto Duarte

Universidade Estadual do Pará – UEPA, São
Miguel do Guamá, Pará.

Helene Cristina Aguiar Santos

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Belém, Pará.

Wellington Leal dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco –
UFRPE, Garanhuns, Pernambuco.

Bianca Cavalcante da Silva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”- UNESP, Jaboticabal, São Paulo.

RESUMO: Um dos principais fatores de risco para qualquer atividade agrícola é o clima, sendo que dentre as variáveis climáticas que interferem na produtividade destacam-se a precipitação, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. O presente trabalho teve por objetivo estimar o poder evaporante do ar anual das cidades de Novo Repartimento e Santana do Araguaia e realizar comparações dos métodos de estimativa do poder evaporante, e a sua relação com a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de janeiro e dezembro de 2016, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os cálculos de poder evaporante do ar foi realizado pelo método de Penman-Monteith. Observou-se que houve maiores valores de poder evaporante do ar no período de junho a outubro que corresponde ao período seco do município de Santana do Araguaia. Os dois métodos, poder evaporante do ar pelos dados agrupados e pelo método de dados extremos se apresentaram de maneira semelhantes, não sendo observadas diferenças obstatantes. O poder evaporante nas cidades de Santana do Araguaia e Novo Repartimento foram maiores no período de maio a outubro, que corresponde ao período de seca dessas

ciudades.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, Umidade relativa, Temperatura, Velocidade do vento, evaporação.

AIR EVAPORATING POWER ESTIMATES FOR ARAGUAIA NEW REPARTMENT AND SANTANA MUNICIPALITIES IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: One of the main risk factors for any agricultural activity is climate, and among the climate variables that interfere with productivity are precipitation, air temperature, relative humidity and wind speed. The present work aimed to estimate the annual air evaporating power of the cities of Novo Repartimento and Santana do Araguaia and to make comparisons of the evaporative power estimation methods, and their relationship with temperature, relative humidity and wind speed. The work was developed from meteorological data collected between January and December 2016, with the weather station of the National Institute of Meteorology (INMET). Evaporative air power calculations were performed by the Penman-Monteith method. It was observed that there were higher values of air evaporative power from June to October, which corresponds to the dry period of Santana do Araguaia. The two methods, air evaporation power by the grouped data and the extreme data method were similar, with no obstacle differences observed. The evaporative power in the cities of Santana do Araguaia and Novo Repartimento were higher from May to October, which corresponds to the dry season of these cities.

KEYWORDS: evapotranspiration, Relative humidity, Temperature, Wind speed, Evaporation.

1 | INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um dado de entrada para modelos biofísicos, hidrológicos e climáticos e seu conhecimento oferece um parâmetro consistente do comportamento do ciclo da água, na medida em que representa a “perda” d’água do solo para a atmosfera. Essa visão se aplica, de forma mais específica, à agricultura, permitindo uma gestão eficiente do uso da água quando se pensa nos processos de irrigação. (PROFETA, 2017).

Entre os principais elementos que influenciam a ocorrência da evapotranspiração estão: a disponibilidade de água no solo; presença de vegetação; condição de estabilidade em que a atmosfera se encontra, que está associada ao transporte do vapor; velocidade do vento; radiação disponível; temperatura do ar; déficit de pressão de vapor; precipitação; nebulosidade entre outros (PEREIRA, et al., 2013; AYOADE, 2007).

Segundo Farias, Neumaier e Nepomuceno (2009), um dos principais fatores de risco para qualquer atividade agrícola é o clima, sendo que dentre as variáveis climáticas que interferem na produtividade destacam-se a precipitação, a temperatura do ar, a

umidade relativa do ar e a velocidade do vento. A variabilidade temporal das condições climáticas regionais, notadamente na zona tropical, como é o caso de grande parte do território brasileiro, manifesta-se na forma de forte irregularidade pluviométrica (mensal e sazonal), uma vez que sua distribuição implica em consequências ambientais e socioeconômicas muito relevantes (PEREIRA, et. al 2002).

Conforme Allen et al., (1998) a umidade relativa é obtida através da razão entre a pressão atual e a de saturação sendo a pressão de saturação a pressão na qual ocorre o equilíbrio entre a quantidade de vapor que escapa para a atmosfera e a água que retorna para o reservatório e a pressão atual a pressão que o vapor de água exerce no ar estando ele saturado ou não. A diferença entre a pressão exercida pela quantidade de vapor d'água existente no ar e a pressão máxima que pode ser alcançada, é denominada de déficit de pressão de saturação de vapor d'água no ar. Essa diferença é uma medida do poder evaporante do ar, tendo relação direta com os processos de evaporação, uma vez que depende do gradiente de pressão de vapor entre a superfície evaporante e o ar (VIEIRA, 2009).

O presente trabalho teve por objetivo estimar o poder evaporante do ar anual das cidades de novo repartimento e Santana do Araguaia e realizar comparações dos métodos de estimativa do poder evaporante, e a sua relação com a temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de janeiro e dezembro de 2016, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A quantidade de dias significativos ao longo dessa série histórica foi: 365 dias para os municípios de Novo Repartimento e Santana do Araguaia.

A área do estudo está inserida na região Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião do Araguaia. Santana do Araguaia Localiza-se a uma latitude 9°32'23.98" sul e a uma longitude 50°51'35.54" oeste, estando a uma altitude de 160 metros. Figura 1, tem um clima que está inserida na categoria de equatorial super-úmido, tipo Ami, na classificação de Köppen, o clima encontra-se na faixa de transição para AW. Possui temperatura média anual de 26.20 C, com a média máxima, em torno de 32.00 C e, mínima, 20.40 C. O índice pluviométrico anual está em torno de 2.000 mm, sendo que o período chuvoso ocorre notadamente, de novembro a maio, enquanto de junho a outubro é o período mais seco. É elevada a umidade relativa, apresentando oscilações entre a estação mais chuvosa e a mais seca, sendo que a média real é de 77%. (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).



Figura 1 – Localização geográfica da cidade de Santana do Araguaia – PA

Fonte: Google imagem

O município Novo Repartimento é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se a uma latitude 04°19'50" sul e a uma longitude 49°47'47" oeste, altitude de 75 m, apresenta um clima tropical. Na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa. Só existe uma curta época seca e não é muito eficaz. De acordo com a Köppen e Geiger o clima é classificado como Am. 27.1 °C é a temperatura média. A média anual de pluviosidade é de 2330 mm. (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).



Figura 2 – Localização geográfica da cidade de Novo Repartimento – PA

Fonte: Google imagem

Neste trabalho foram utilizados dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR; %) e velocidade do vento (U; m s⁻¹) coletados as de 1 em uma hora, temperatura máxima (Tmax; °C), temperatura mínima (Tmin; °C), correspondente ao período 2016. Os dados meteorológicos foram utilizados na análise comparativa dos

métodos meteorológicos: Penman-Monteith utilizando dados médios (agrupados) e utilizando o método da FAO, com dados extremos. Para análise do dados foi retirada uma média mensal dos parâmetros, analisados seu comportamento ao longo do ano de 2016.

Método de Penman-Monteith

Ea o poder evaporante do ar em mm d⁻¹ dado por:

$$Ea = f(U) \cdot \Delta e$$

Sendo: Δe o déficit de pressão de vapor em kPa e $f(U)$ dado pelo modelo:

$$f(U) = m(a + b \cdot U)$$

Que, segundo Penman (1948), assume os seguintes valores:

$$f(U) = 2,62(1 + 0,526U)$$

Onde: U é a velocidade do vento a 2,0 m de altura em m s⁻¹, m em mm d⁻¹ kPa⁻¹, a é adimensional e b em s m⁻¹.

O déficit de pressão de vapor foi obtido da seguinte forma:

$$\Delta e = es - ea$$

Onde:

Pressão de saturação de vapor (es) – representa a quantidade de vapor que pode existir em determinada atmosfera como função das temperaturas (T_{méd}, T_{min}, T_{máx}), a pressão de saturação do vapor pode ser calculada (em kPa), conhecendo a temperatura (T em °C)

$$es = 0,611 \cdot 10^{[(7,5 \cdot T)/(237,3 + T)]}$$

Pressão parcial de vapor (ea) – obtida como função da umidade relativa média (UR_{méd}) e da pressão de saturação do vapor (es).

$$ea = (UR \cdot es) / 100$$

Para o método da FAO utilizou-se para o cálculo da pressão de vapor d'água (es) os dados extremos, ou seja a (es) para temperatura máxima e (es) para temperatura mínima, e foi retirada a média desses (es), para utilizar na fórmula do Ea, (poder evaporante do ar.).

$$Es = (est_{max} + est_{min}) / 2$$

O mesmo foi utilizado para a pressão (e), foi utilizado UR_{max} e UR_{min}:

$$e = (((es_{t_{max}} \cdot UR_{max}) + (es_{t_{min}} \cdot UR_{min})) / 200)$$

em que:

U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

T - temperatura média do ar, °C

ea - pressão de saturação do vapor d'água, kPa

es - pressão de saturação do vapor d'água, kPa

T_{max} - temperatura máxima do ar, °C

T_{min} - temperatura mínima do ar, °C

UR_{max} - umidade relativa máxima, %

UR_{min} - umidade relativa mínima, %

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que houve maiores valores de poder evaporante do ar no período de junho a outubro que corresponde ao período seco do município de Santana do Araguaia, o pico máximo de poder evaporante ocorreu nos meses de agosto (8,17 mm dia-1) e (6,39 mm dia-1) e setembro (8,39 mm dia-1) e (7,08 mm dia-1), pelo método dos dados agrupados e pelo método da FAO com dados extremos, respectivamente, menores valores de poder evaporante do ar (Ea) ocorreu nos períodos de novembro a maio, que corresponde ao período chuvoso da região, esse efeito foi observado pelos dois métodos, apresentaram ao longo do ano um padrão semelhante de comportamento.

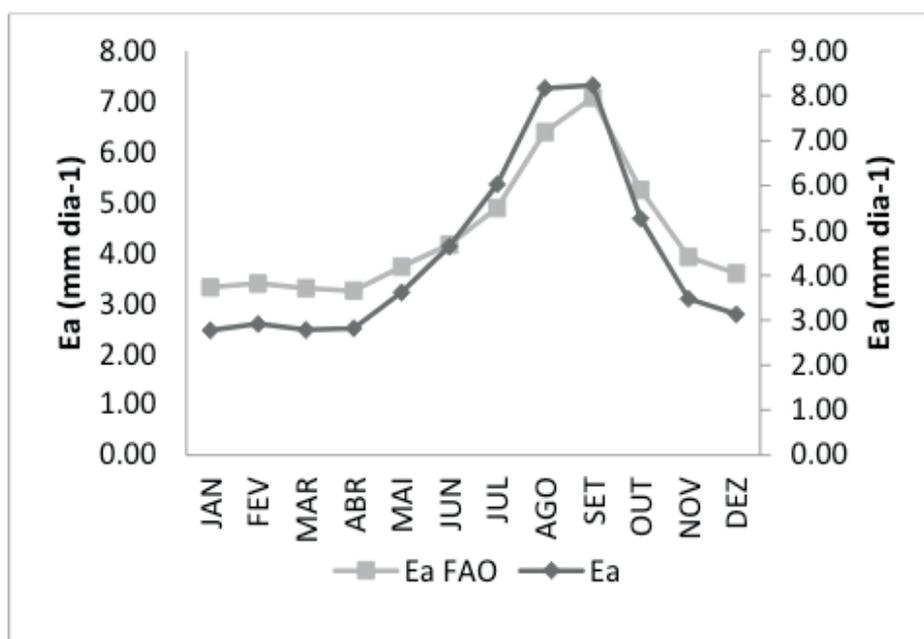


Figura 3. Variação anual do poder evaporante do ar de Santana do Araguaia, PA, 2016, pelo método de dados agrupados e dados extremos FAO.

Nos dois modelos considerados, comportamentos semelhantes foram observados, para umidade do ar, temperatura e velocidade do vento. Além da radiação solar, outras variáveis exercem influência no poder evaporante, destacando-se as temperaturas do ar, umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

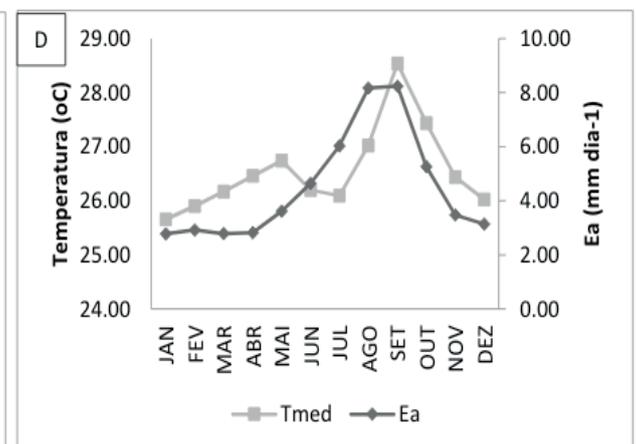
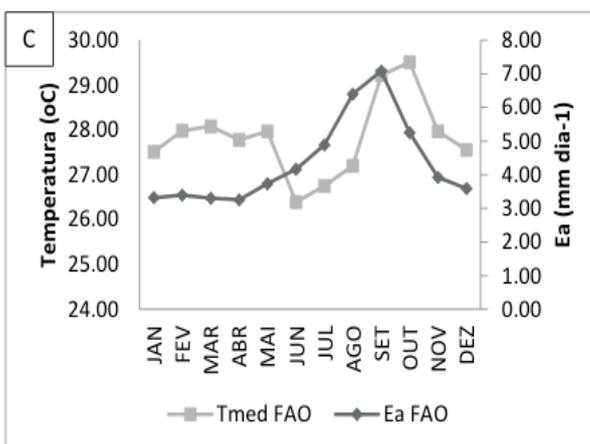
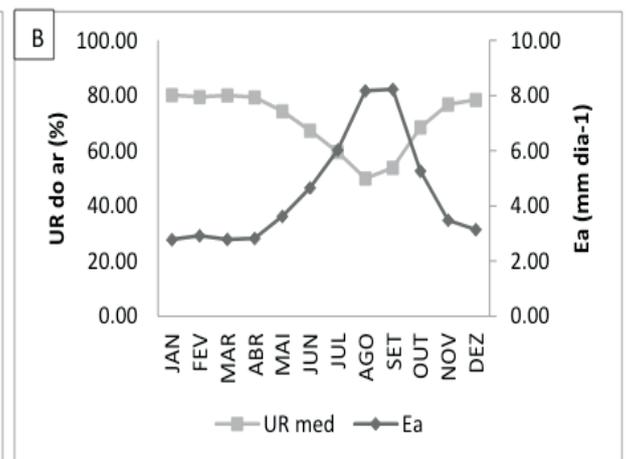
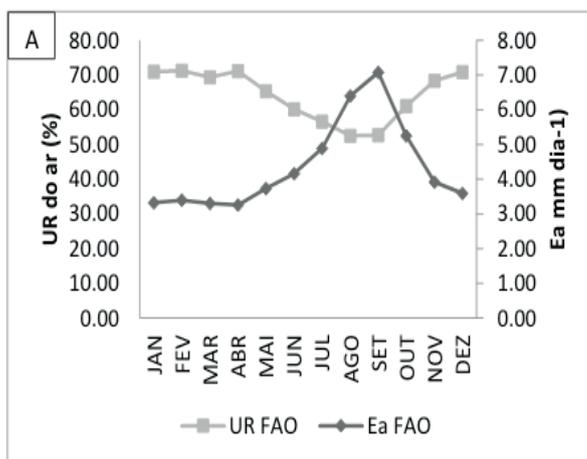
Nas figuras 4 (A e B), nota-se que a relação poder evaporante e umidade relativa do ar são variáveis inversamente proporcionais, a medida com que a umidade relativa do ar aumenta o poder evaporante do ar diminui, pode-se observar que há maiores valores de umidade relativa do ar no período de novembro a abril, que corresponde ao período de intensa chuva da região com menores valores de poder evaporante do ar.

No período de seca da região, de abril a outubro a umidade relativa do ar é menor em comparação com outros meses do ano, enquanto o poder evaporante do ar (Ea) é maior nesse período, com menor umidade relativa do ar (UR) nos meses de agosto (49,91%) pelos métodos de dados agrupados, (52,50%) pelo método dos

dados extremos, sendo o período de maior poder evaporante do ar: agosto (8,17 mm dia-1), (6,39 mm dia-1), pelos métodos de dados agrupados e, FAO, respectivamente.

Nas figuras 4(C e D), demonstra a relação do poder evaporante do ar (E_a) com a temperatura do ar, observa-se que a medida com que aumenta a temperatura, ocorre um aumento do poder evaporante do ar, nos períodos de maiores valores de temperatura de setembro (28,54 oC), (29,22 oC) e outubro (27,44 oC),(29,51 oC), houve um maior valor de poder evaporante, com maior valor no mês de setembro(8,4 mm dia-1),(7,08 mm dia-1), pelos métodos de dados agrupados e método dos dados extremos, FAO, respectivamente. Assim como ressaltado por Almeida (2011) o poder evaporante do ar aumenta de forma exponencial com a temperatura do ar.

Conforme as figuras 4 (E e F), nota-se a relação entre o poder evaporante e a velocidade do vento, pode se observar que quando houve maior velocidade do vento, nos meses de agosto (1,41 m s-1) e setembro (1,41 m s-1) respectivamente para os dois métodos, afetou diretamente no poder evaporante do ar, sendo maior nesse período com (8,17 mm dia-1), (6,39 mm dia-1) em agosto, e setembro (8,24 mm dia-1), (7,08 mm dia-1) pelos métodos de dados agrupados e método dos dados extremos, FAO, respectivamente, esse período corresponde ao período seco da região.



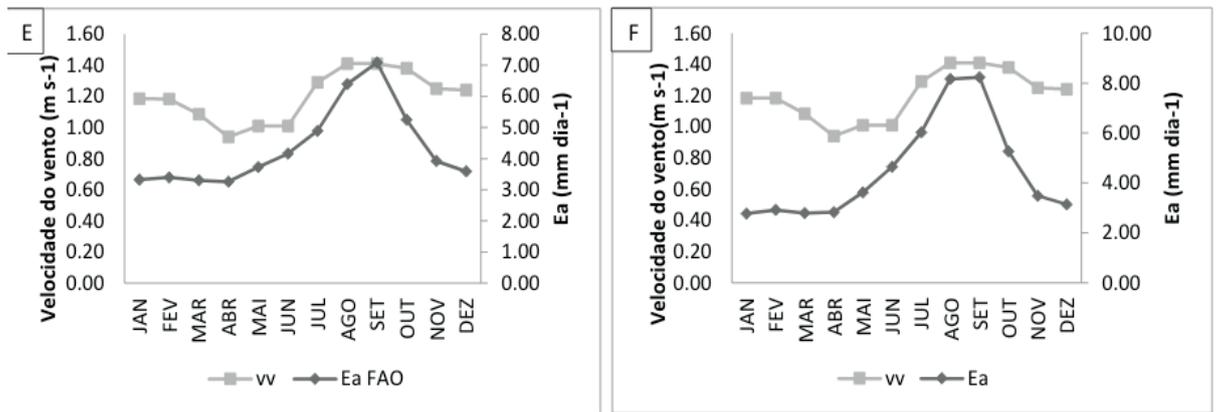


Figura 4. Variação anual do poder evaporante do ar, em função da umidade relativa do ar (%), (A e B), Temperatura (oC), (C e D), velocidade do vento (m s-1), (E e F), dados obtidos pelo método de dados extremos(FAO), e pelo método de dados agrupados. Santana do Araguaia, PA 2016.

Observa-se na figura 5 que os dois métodos em estudo apresentaram tendências semelhantes. O maior poder evaporante do ar foi de junho a novembro, que corresponde ao período seco da região, com maior valor em setembro (4,77 mm dia-1), (4,64 mm dia-1) e outubro (4,72 mm dia-1), (4,76 mm dia-1), pelo método de dados agrupados e pelo método de dados extremos respectivamente, menores valores de poder evaporante do ar foi observado de dezembro a abril, que corresponde ao período de chuva da região.

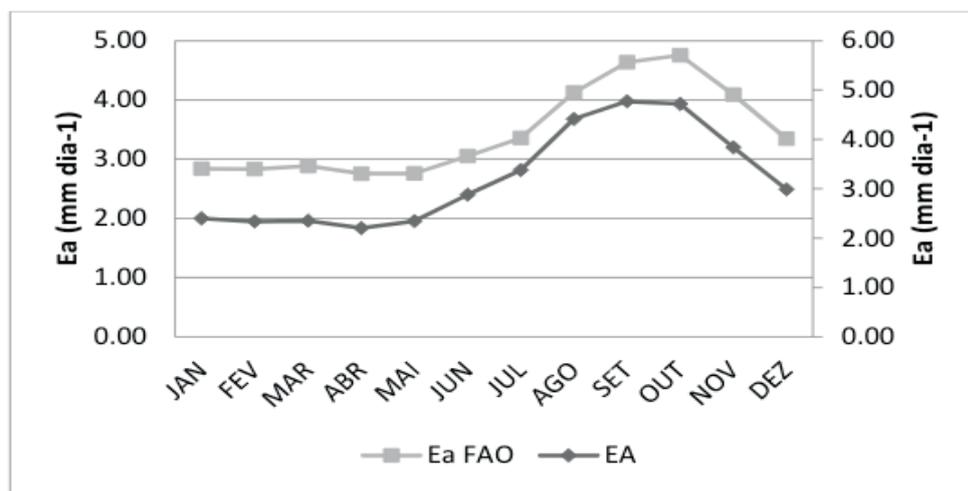


Figura 5. Variação anual do poder evaporante do ar de Novo Repartimento, PA, 2016.

Na figura 6 pode-se observar comportamento semelhante entre os métodos utilizados. Nas figuras 6A e 6B, observa-se que a medida que a umidade relativa do ar diminui o poder evaporante do ar aumenta, esse fato é observado no período de julho a novembro, que corresponde ao período de seca da região de novo repartimento. Os maiores valores de poder evaporante foi observado no meses de setembro (4,77 mm dia-1), (4,64 mm dia-1) e outubro (4,72 mm dia-1), (4,76 mm dia-1), pelo método de dados agrupados e pelo método de dados extremos respectivamente os menores

valores de poder evaporante do ar foram observados de janeiro a maio que corresponde ao período de maiores valores de umidade relativa do ar, provavelmente devido ser o período chuvoso da região.

Nas figuras 6 C e D, observa-se que a medida que a temperatura do ar aumenta o poder evaporante do ar aumenta, maiores valores foram contatados em temperaturas elevadas no período seco da região que corresponde de junho a dezembro.

Nas figuras 6 (E e F), observou--se que a medida que a velocidade do vento aumenta há uma elevação no poder evaporante do ar, com maiores valores de velocidade de vento no período de junho a dezembro e com maiores poder evaporante do ar nesse período, esses período corresponde ao período seco da região.

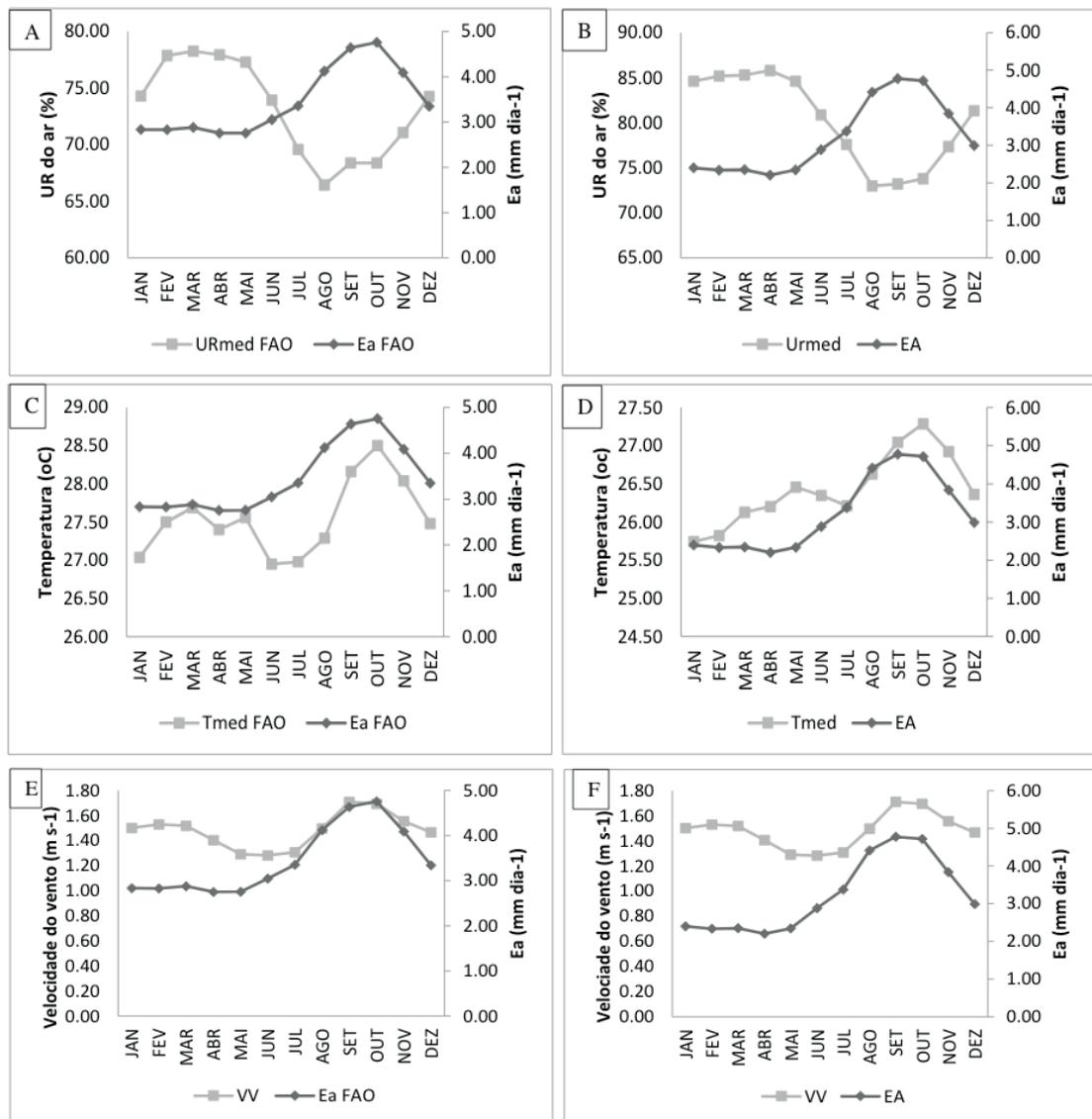


Figura 6. Variação anual do poder evaporante do ar, em função da umidade relativa do ar (%),

(A) e (B), Temperatura (oC), (C) e(D), velocidade do vento (m s-1), (E) e(F), dados obtidos pelo método de dados extremos(FAO), e pelo método de dados agrupados. Novo Repartimento, PA 2016.

Observando a figura 7, percebe-se que o poder evaporante pelos dois métodos utilizados se apresentaram de maneira semelhante nas duas cidades em estudo,

pode-se observar concordância com a sazonalidade do poder evaporante do ar, onde foi afetado pelo clima dessas cidades, em que em épocas secas, com menos chuvas é maior que no período chuvoso. Sendo o período dos meses de maio a outubro os que apresentaram maior poder evaporante do ar, esse período corresponde ao período de menor ocorrência de chuvas, período seco. Resultado semelhantes foram apresentadas por Duarte et al. (2003), que observaram que as condições ambientais contribuem para a diferenciação do poder evaporante durante as estações do ano, fato que se deve aos valores de umidade relativa do ar, radiação disponível, temperatura ambiente e à intensidade dos ventos.

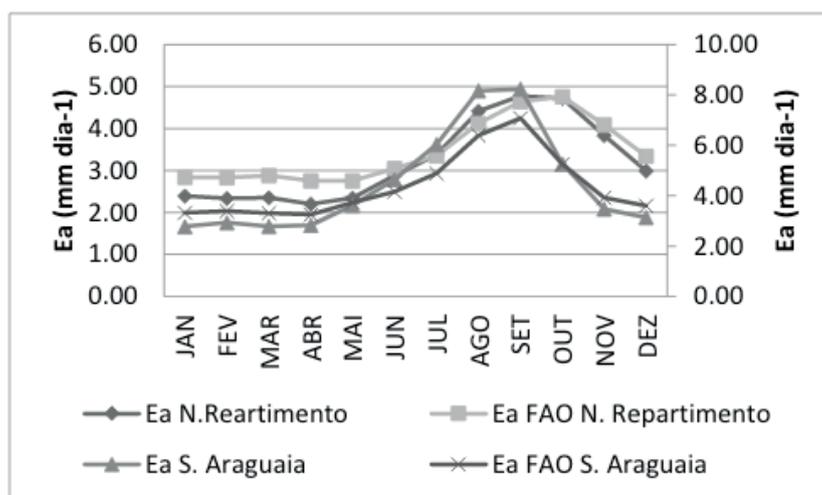


Figura 7. Poder evaporante do ar das cidades de Santana do Araguaia e novo Repartimento, PA, pelos métodos de dados agrupados e método de dados extremos, padrão FAO.

4 | CONCLUSÃO

Os dois métodos, poder evaporante do ar pelos dados agrupados e pelo método de dados extremos se apresentaram de maneira semelhantes, não sendo observadas diferenças obstantes.

O poder evaporante nas cidade de Santana do Araguaia e Novo Repartimento, foi maior no período de maio a outubro, que corresponde ao período de seca dessas cidades.

A variabilidade encontrada nos dados estimados do poder evaporante do ar está diretamente relacionada com as variáveis meteorológicas, a temperatura e a velocidade do vento afetam de maneira positiva o poder evaporante do ar, enquanto que a umidade relativa do ar afeta de maneira negativa.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998.

ALMEIDA, P.R.L, **Relação entre evaporação e poder evaporante do ar**. Campina Grande, PB ,2011.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 12. ed. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 2007. 332 p.

CLIMATE-DATA.ORG; **Clima**: Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43940>>. Acessado em: 08/05/2018.

Duarte, W. O.; Barros, D. L.; Assunção, W. L. Comparação entre as leituras diárias do tanque classe "A" e o evaporímetro de piche, da estação climatológica da UFU. In: **Simpósio Regional de Geografia Perspectivas para o Cerrado no Século XXI**, 2, 2003, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2003, p.6-7.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; MEUMAIER, N.; OYA, T. Ecofisiologia. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). AFarias, J. R. B.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A. L. Soja. In: Monteiro, J. E. B. A. (Org.). Agrometeorologia dos cultivos: **o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 263-277.

PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; VILLA NOVA, N. A. **Evapotranspiração**. Campinas: Fundag, 2013. 323p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002.

PROFETA, A. L., **Estimativa da evapotranspiração real em área de relevo acidentado utilizando o sebal**, Belo Horizonte, Instituto de Geociências da UFMG 2017.

VIEIRA, L. **Meteorologia e climatologia agrícola: notas de aula. 2009**. Disponível em:<<http://www.dea.uem.br/disciplinas/meteorologia/meteorologiaagricola.pdf>>. Acesso em 18 de setembro de 2011.

UTILIZAÇÃO DO MODELO TOPMODEL PARA ANÁLISE TEMPORAL DO SISTEMA CHUVA-VAZÃO NA BACIA DO RIO SÃO MIGUEL

Ciro Couto Bento

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina –MG

Cristiano Christofaro Matosinhos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina –MG

Welberth Pereira Dias

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina –MG

Thiago Martins da Costa

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina –MG

Hernando Baggio

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina –MG

RESUMO: Modelos hidrológicos de chuva-vazão podem contribuir para a tomada de decisão em bacias hidrográficas, permitindo a estimativa de dados de vazão dos cursos d'água a partir de dados de chuva. A bacia do Rio São Miguel, localizada no sudoeste de Minas Gerais contém uma das nascentes do Rio São Francisco, um dos principais cursos d'água do país. O trabalho objetiva calibrar e

validar relação chuva-vazão na bacia do Rio São Miguel a partir do modelo TOPMODEL, em três períodos distintos: entre janeiro de 1988 e março de 2016 (Simulação A); o entre janeiro de 1988 e março de 2009 (Simulação B); entre março de 2009 e março de 2016 (Simulação C). O coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS) foi utilizado para avaliar a eficiência das simulações. O NS da etapa de calibração apresentou valores de 0,62, 0,64 e 0,59 e, na validação, valores de 0,57, 0,65 e 0,072, nas simulações A, B, C, respectivamente. Os resultados gerados indicaram haver uma alteração na dinâmica hidrológica da região, entre 2009 e 2016 (simulação C). A análise de sensibilidade do modelo mostrou que os parâmetros com maior alteração no comportamento ao longo do tempo foram: capacidade máxima de armazenamento de água na zona das raízes (S_{rmax}); decaimento exponencial da transmissividade subterrânea da água com a profundidade (m); velocidade do fluxo de água superficial dentro da bacia (vr). Os resultados indicam que o TOPMODEL apresenta grande potencial para avaliação de potenciais efeitos de interferências antrópicas na bacia estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Ambiental, Bacia do Rio São Francisco, Processos hidrodinâmicos

USING THE TOPMODEL MODEL FOR TEMPORAL ANALYSIS OF THE RAINFALL-FLOW SYSTEM IN THE SÃO MIGUEL RIVER BASIN

ABSTRACT: Abstract: Hydrological rainfall-flow models can contribute to river basin decision making, allowing the estimation of watercourse flow data from rainfall data. The São Miguel River basin, located in the southwest of Minas Gerais, contains one of the springs of the São Francisco River, one of the country's main rivers. The aim of this study is to calibrate and validate rain-flow relationship in the São Miguel River basin using the TOPMODEL model, in three distinct periods: between January 1988 and March 2016 (Simulation A); between January 1988 and March 2009 (Simulation B); between March 2009 and March 2016 (Simulation C). The Nash-Sutcliffe (NS) coefficient was used to evaluate the efficiency of simulations. The NS of the calibration step presented values of 0.62, 0.64 and 0.59 and, in validation, values of 0.57, 0.65 and 0.072, in simulations A, B, C, respectively. The results generated indicated a change in the hydrological dynamics of the region between 2009 and 2016 (simulation C). Sensitivity analysis of the model showed that the parameters with the greatest change in behavior over time were: the root zone available water capacity (S_{rmax}); the soil hydraulic conductivity decay parameter (m); velocity of surface water flow (v_r). The results indicate that TOPMODEL has great potential to evaluate the potential effects of anthropic interference in the basin studied

KEYWORDS: Environmental Modeling; São Francisco River Basin; Hydrodynamic Processes.

1 | INTRODUÇÃO

A água vem assumindo um papel de recurso natural primordial para o desenvolvimento da vida humana. Contudo, o uso desse recurso sem planejamento pode gerar diversos problemas, principalmente em regiões de escassez ou em áreas fortemente impactadas pela atividade humana (LIBÂNIO, 2010). Assim, é imperativo o entendimento dos diversos fenômenos físicos ambientais envolvidos no regime de água.

A modelagem numérica computacional tem sido uma importante ferramenta para representar os processos hidrodinâmicos, permitindo avaliar e prever comportamentos de bacias hidrográficas. Sua utilização garante uma maior eficácia e economia monetária nos estudos dos potenciais impactos ambientais associados às mudanças climáticas ou alterações decorrentes do uso da terra (HOLLANDA et al., 2015; IGLESIAS et al., 2018).

Neste cenário, trabalhos de modelagem da relação chuva-vazão em bacias hidrográficas apresentam grande relevância, auxiliando o estudo e mapeamento do procedimento da água dentro das bacias hidrográficas. O monitoramento da chuva, apesar de suas dificuldades, apresenta menor complexidade do que o monitoramento da vazão e, conseqüentemente, apresenta uma distribuição espacial mais ampla,

incluindo a utilização de satélites que cobrem grande parte do planeta (LIANG; LI; WANG, 2012; YONG BIN et al., 2010). Assim, os modelos hidrológicos de chuva-vazão podem contribuir para a tomada de decisão em bacias onde há limitação de dados, permitindo a extrapolação das informações no espaço e no tempo, sobretudo para cenários futuros (BEVEN, 2011).

O Rio São Francisco é um dos mais importantes cursos de água natural do Brasil, tendo suas águas utilizadas para diversas atividades antrópicas, bem como para preservação da natureza. Neste contexto, o Rio São Miguel apresenta grande relevância por ser uma das nascentes do Rio São Francisco, e uma importante fonte de abastecimento de municípios da região. Um dos modelos desenvolvidos mais utilizado pela comunidade técnica e científica é o modelo TOPMODEL (Topography Based Hydrological Model) (BEVEN; KIRKBY, 1979), que tem como característica básica a utilização da topografia no processo de simulação dos escoamentos de água a partir dos eventos de chuva. Os atrativos na aplicação do TOPMODEL incluem a simplicidade do modelo, que exige poucos dados e parâmetros de entrada no processo de simulação, além de estrutura desenvolvida a partir de parâmetros que correspondam à representação espacial e interpretação física dos processos hidrológicos (BEVEN; KIRKBY, 1979).

Esse trabalho objetiva avaliar a aplicabilidade do modelo hidrológico TOPMODEL na bacia do Rio São Miguel e comparar o desempenho do modelo em períodos distintos, a fim de avaliar seu potencial de detecção de alterações no regime chuva-vazão da bacia.

2 | 2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia do rio São Miguel está localizada na porção sudoeste do estado de Minas Gerais, na região do Alto São Francisco. Compreende parte do território dos municípios de Pains e Arcos, e ainda pequenas áreas dos municípios de Formiga, Iguatama e Córrego Fundo (Figura 1).

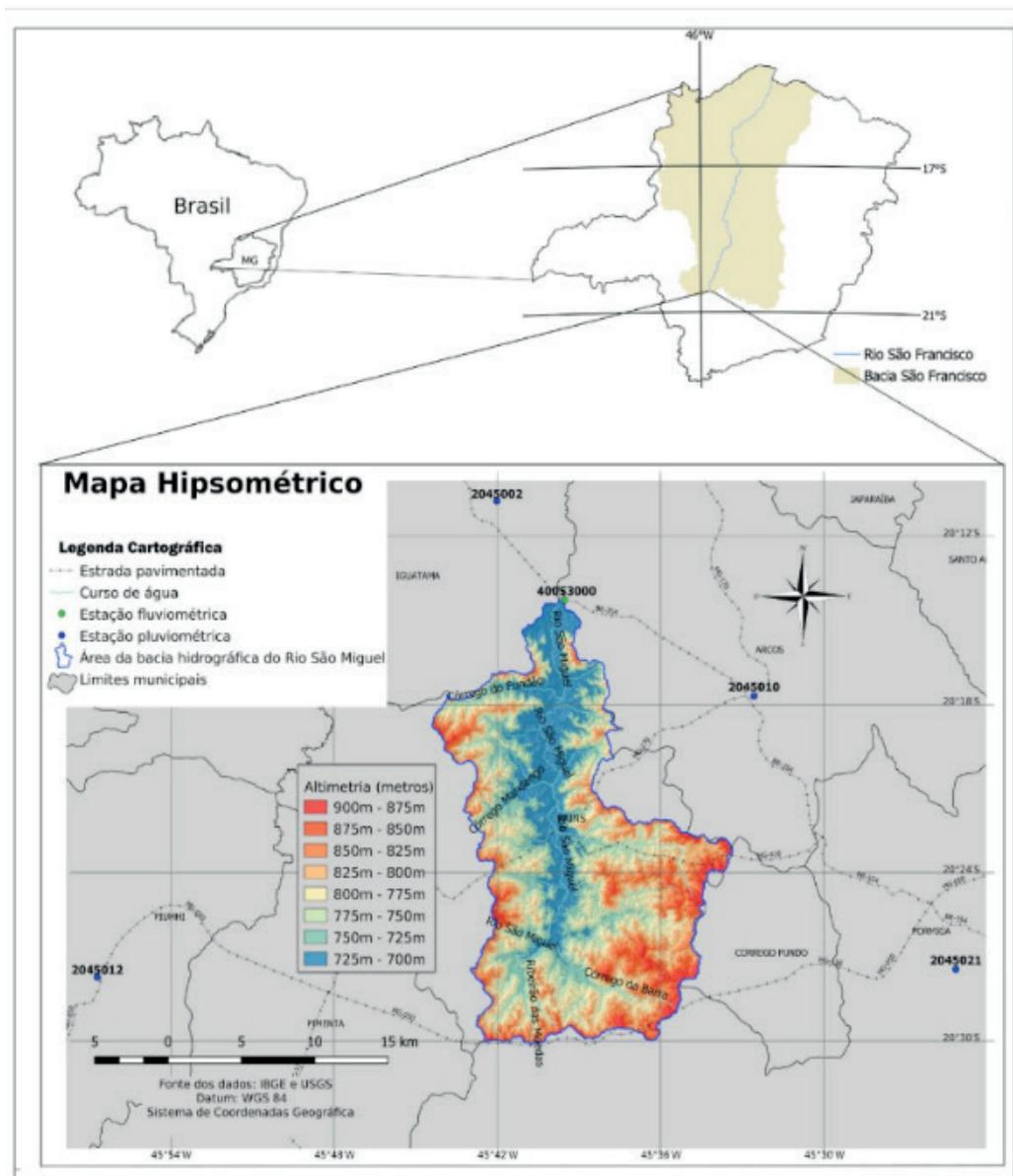


Figura 1: Hipsometria da bacia estudada com localização geral da área de estudo e estações de medições, fluviométricas e pluviométricas.

A área de estudo encontra-se inserida na alta vertente da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, compreendida entre os paralelos $20^{\circ}10'$ e $20^{\circ}29'$ de latitude sul, e os meridianos de $45^{\circ}30'$ e $45^{\circ}45'$ de longitude oeste. Abrange uma área de drenagem de aproximadamente 525 km^2 e possui um canal fluvial de aproximadamente 50 km de extensão. A direção do curso d'água se desenvolve no sentido aproximado de sul para norte tendo como principais contribuintes o Córrego da Barra; Córrego Mandengo; Córrego do fundo; Ribeirão das Moedas (figura 1).

O tipo climático da região no sistema de classificação de Köppen-Geiger é o Cwa, clima temperado brando com verão quente e úmido e inverno seco (MENEGASSE; GONÇALVES; FANTINEL, 2002). A temperatura média anual é de $22,2^{\circ}\text{C}$, sendo julho o mês mais frio, com temperatura média de $18,2^{\circ}\text{C}$ e mínimas que podem chegar a 9°C , e fevereiro o mais quente, com a média de $24,5^{\circ}\text{C}$ e máximas que podem superar 30°C . A precipitação acumulada média anual é de 1434 mm, Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET, 2010) (Figura 2).

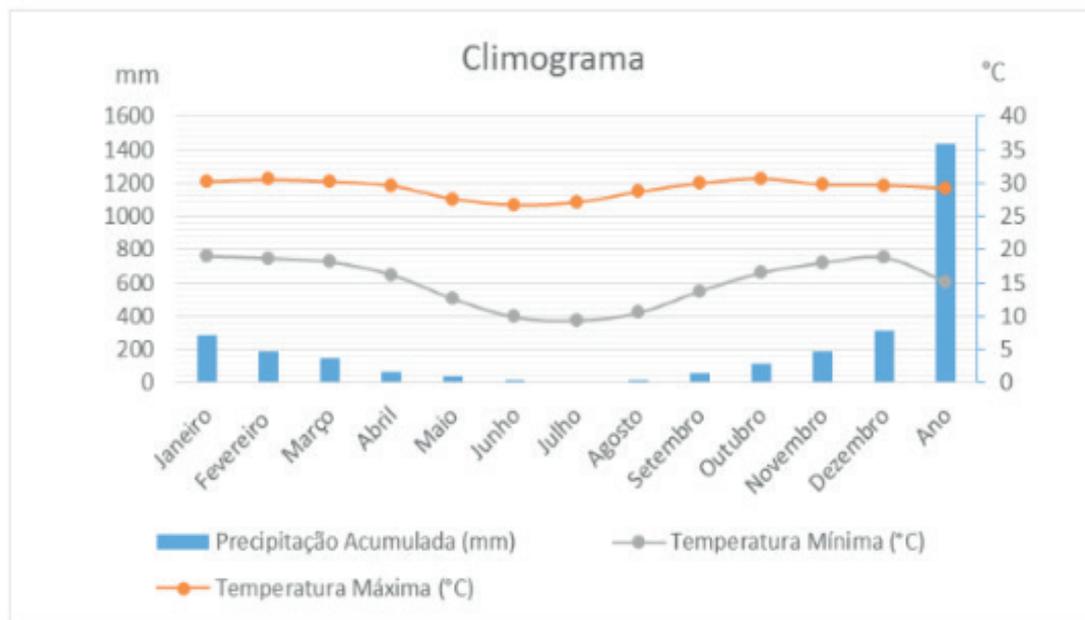


Figura 2: Climograma, apresentados as temperaturas e a pluviosidade. Fonte: Dados do INMET de 1981 a 2010 coletado nas estações Bambuí e Bom Despacho

2.2 Contexto geológico e geomorfológico

Do ponto de vista geotectônico, a área em estudo encontra-se no extremo sudoeste do Cráton São Francisco. As litologias presentes na bacia são as rochas do Complexo Granito-Gnáissico arqueano e calcário e margas do Grupo Bambuí neoproterozóico além de sedimentos cenozoicos principalmente de origem fluvial (RIBEIRO et al., 2008) (Figura 3).

Na maior parte da bacia do Rio São Miguel (cerca de 80%), predomina-se um relevo cárstico, definido pela dissolução de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (MENEGASSE; GONÇALVES; FANTINEL, 2002). Apenas o extremo leste da área é dominado pelo embasamento cristalino. A paisagem cárstica se destaca pelas feições morfológicas desenvolvidas sobre as rochas carbonáticas como paredões, torres, mesetas, verrugas, lapiás, dolinas, uvalas, poliés, vales cegos, drenagem subterrânea, sumidouros, ressurgências abismos e cavernas. Assim sendo as águas superficiais distribuem-se por uma rede hidrográfica tipicamente pouco densa, sendo favorecida pela infiltração direta nas fissuras dos calcários e nas feições de absorção cársticas (sumidouros, simas, dentre outros.) (MENEGASSE; GONÇALVES; FANTINEL, 2002).

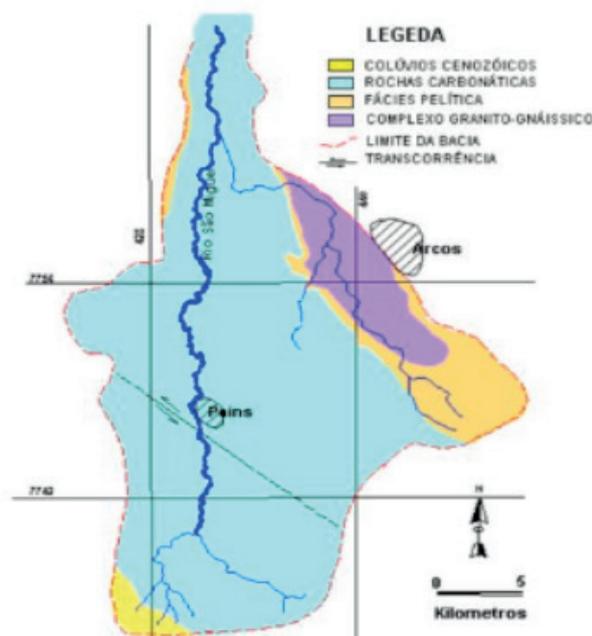


Figura 3: Mapa geológico da Bacia do Rio São Miguel. (MENEGASSE; GONÇALVES; FANTINEL, 2002).

2.3 Etapas da simulação

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas distintas: levantamento e preparação dos dados de entrada, e processo de simulação propriamente dito.

2.3.1 Preparação dos dados de entrada

Para aplicação do TOPMODEL são requeridas, como dados de entrada: Índice Topográfico (Topographic Index -TI), precipitação acumulada, evapotranspiração e vazão observada.

Os dados de precipitação acumulada e vazão do Rio São Miguel foram obtidos junto à Agência Nacional das Águas (ANA, 2018). Sendo utilizados os dados de uma estação fluviométrica (40053000) e de quatro estações pluviométricas (2045002, 2045010, 2045012, 2045021) (

Figura 1). A precipitação da bacia foi estimada a partir da média ponderada das estações pluviométricas pelo método do Polígono de Voronoi.

A evapotranspiração foi calculada pelo método de Priestley-Taylor (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972), sendo utilizados dados de temperatura mínimas e máximas; velocidade média do vento e evaporação média, disponíveis em estações meteorológicas do INMET (2018) localizadas em Bom Despacho (83533) e Bambuí (83582). As médias ponderadas dos dados das duas estações foram calculadas a partir do Polígono de Voronoi. Os dados de precipitação e evapotranspiração do período estudado são apresentados na Figura 4.

O TI é o dado de entrada que reproduz a influência das características topografias de uma área em um sistema hidrogeológico. Um modelo digital de elevação (DEM)

da bacia do Rio São Miguel, gerado a partir de imagens ASTER, com resolução de 30 metros, United States Geological Survey (USGS, 2018), foi utilizado para calcular o índice topográfico.

O índice relaciona a inclinação da declividade topográfica com a área de contribuição segundo a equação:

$$TI = \ln(\alpha/\tan(\beta))$$

Sendo α é a área de drenagem à montante de um certo ponto do DEM e β a declividade do determinado local (MENDICINO; SOLE, 1997; SILVA; KOBIYAMA, 2007) by means of the hydrological behaviour of an experimental basin in southern Italy. For a significant number of flood events recorded at the basin outlet, the performance of TOPMODEL for different spatial distributions of the topographic index, $\ln(\alpha/\tan \beta$. Assim, quanto maior o valor para TI, maior o potencial de armazenar água no ponto em questão da bacia.

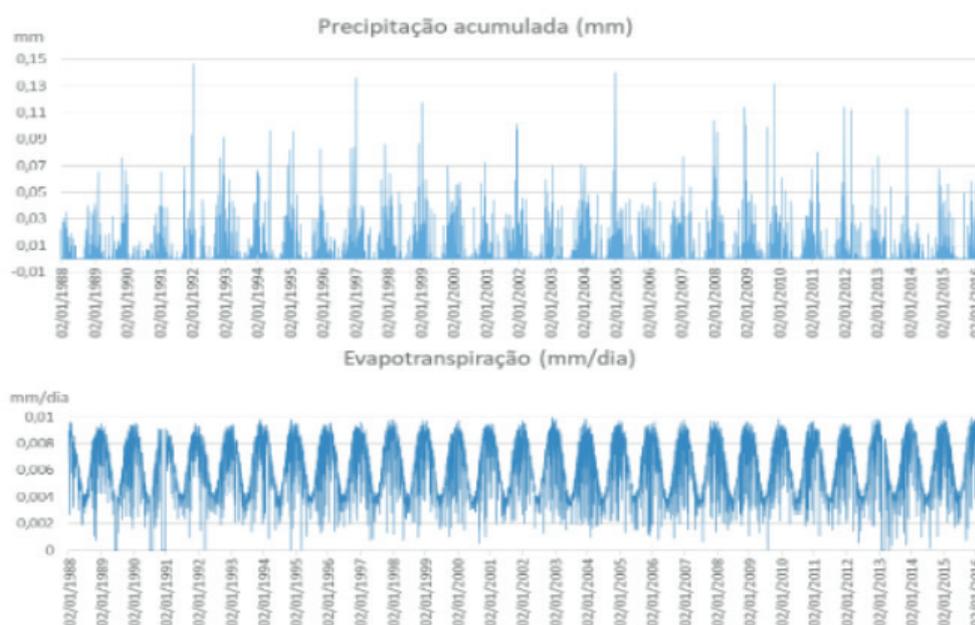


Figura 4: Dados de precipitação acumulada, evapotranspiração e vazão, entre o período de 02 de janeiro de 1988 e 31 de março de 2016 na região da bacia do rio São Miguel.

2.3.2 Simulação

A simulação foi executada em dois estágios: calibração e validação. Com o intuito de estudar eventuais anomalias de mudanças de padrões na simulação, foram realizadas três simulações do sistema chuva-vazão considerando períodos distintos. A primeira simulação (A) utilizou todos os dados obtidos, abrangendo o período entre o dia 02 de janeiro de 1988 até o dia 31 de março de 2016. A segunda simulação (B) utilizou dos dados iniciais, entre o dia 02 de janeiro de 1988 e o dia 01 de março de 2009. A terceira simulação (C) utilizou dados entre os dias 01 de março de 2009 e 31 de março de 2016. Cada simulação utilizou a primeira metade dos dados de entrada do período para a calibração e a segunda metade para a validação.

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (NS) foi utilizado para avaliar a

eficiência do modelo, sendo calculado a partir da equação:

$$NS = 1 - NS = 1 - \frac{\sum(Q_{obs} - Q_{mod})^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q})^2}$$

Sendo Q_{obs} a vazão observada; Q_{mod} a vazão simulada pelo modelo; \bar{Q} é a média das vazões observadas no período da simulação.

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe pode variar de $-\infty$ a 1, com o resultado 1 representando a modelagem perfeita. Considera-se o intervalo de valores de NS entre 0,7 a 0,8 como um bom ajuste (KRYSANOVA; MÜLLER-WOHLFEIL; BECKER, 1998).

A calibração foi feita a partir da associação de análise de Monte Carlo e análise de sensibilidade (VON SPERLING, 2014). O modelo TOPMODEL considera nove parâmetros de entrada para serem calibrados: Condutividade hidráulica na superfície do solo (K_0); capacidade máxima de armazenamento de água na zona das raízes (S_{rmax}); capacidade inicial de armazenamento de água na zona de raiz (S_{r0}); fluxo de água subterrâneo por unidade de área (qs_0); decaimento exponencial da transmissividade subterrânea da água com a profundidade (m); logaritmo neperiano da transmissividade efetiva do solo saturado ($\ln(T_0)$); Movimentação capilar (CD); Retardo de tempo da zona não saturada (dt); velocidade do fluxo de água superficial dentro da bacia (vr) (GIL MORALES; TOBÓN MARÍN, 2016; SILVA; KOBAYAMA, 2007).

A partir de faixas de intervalos iniciais de cada parâmetro representados por uma distribuição uniforme (Tabela 1), foram geradas aleatoriamente 15000 possibilidades de conjunto de todos os parâmetros. Os valores de NS foram analisados em relação às 15000 combinações de parâmetros. Verifica-se os parâmetros que apresentam maior influência nos resultados a partir do teste de correlação de Spearman entre cada valor dos parâmetros e os NS respectivamente gerados. Após cada simulação os intervalos dos valores dos parâmetros foram ajustados até a análise de sensibilidade apontar que nenhum parâmetro tenha efeito sobre a eficácia do modelo maior que 10%.

Valores Iniciais dos Parâmetros Modelados			
	Unidade de medida	Valor Máximo	Valor Mínimo
qs0	m	0	0,0004
ln(T_0)	m ² /h	0,001	2
m		0,1	0,2
Sr0	m	0	0,00001
Srmax	m	0	0,01
td	h/m	0	50
vr	m/h	100	3600
K0	m/h	0	2
CD	m	0	5

dt	h	24	24
----	---	----	----

Tabela 1: Intervalo inicial dos parâmetros

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índice topográfico

A topografia do terreno tem forte influência no comportamento hídrico da bacia, sendo que no TOPMODEL o TI é o dado de entrada que representa tais acidentes geográficos. Na Figura 5 é possível ver a espacialização dos dados de TI e um histograma dos valores.

Os valores máximo e mínimo do TI são de 21,41 e 2,99, sendo o valor médio de 6,06. Os valores mais altos para o índice topográfico estão linearmente concentrados, associados a locais com topografia de declive mais suave, delimitando bem o local do fluxo do rio. Cerca de 85% do terreno apresenta valores de índice topográfico entre 4 e 8, indicando uma topografia mais inclinada, com maior velocidade de fluxo superficial e menor potencial de saturação (GIL MORALES; TOBÓN MARÍN, 2016).

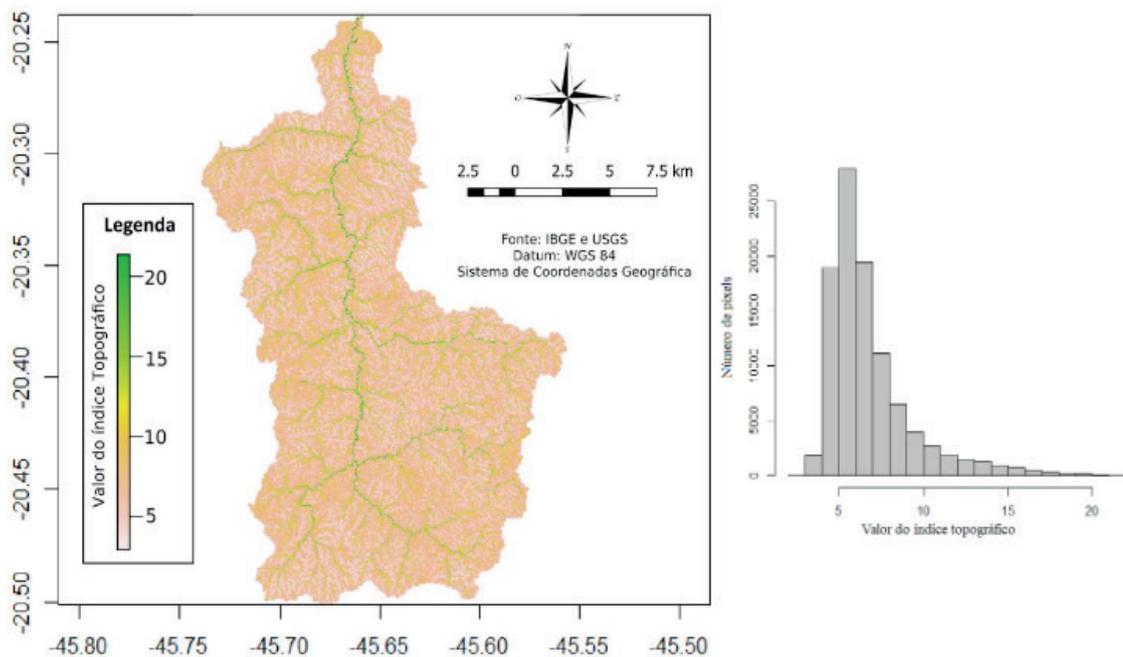


Figura 5: Distribuição espacial do índice topográfico na bacia do Rio São Miguel e histograma com os valores de TI da área de estudo.

3.2 Calibração e validação

Os melhores valores dos parâmetros encontrados na calibração das três simulações são apresentados na tabela 2. Os valores dos parâmetros m , S_{rmax} e vr apresentam maior variação por período de tempo, principalmente quando se compara a Simulação A e a C. Essas diferenças indicam a possibilidade de ocorrência de alterações no sistema chuva-vazão na bacia ao longo do tempo.

Apesar das inúmeras variáveis presentes em um sistema chuva-vazão que podem

estar associadas às modificações comportamentais dos parâmetros, deve-se destacar os diversos efeitos de alterações no processo de infiltração e na velocidade das águas superficiais, como plausíveis explicações para a variação entre as simulações A e C.

Outra explicação viável para o observado poderia estar relacionada à ocorrência de regime de chuva atípico na região. Contudo, o regime de chuva, apesar de mostrar oscilações, não apresenta um grande evento atípico que possa justificar a alteração nos parâmetros simulados (Figura 4). Além disso, uma grande alteração no padrão de regime hídrico deveria resultar em alterações em quase todos os parâmetros modelados, o que não foi verificado.

Valores dos Parâmetros Modelados						
	Simulação A (02/01/1988 - 31/03/2016)		Simulação B (02/01/1988 - 01/03/2009)		Simulação C (01/03/2009 - 31/03/2016)	
	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Mínimo
qs0	0,000001	0,00006	0,000001	0,00006	0,000001	0,00006
ln(To)	0,01	0,2	0,01	0,2	0,01	0,22
m	0,084	0,14	0,091	0,144	0,076	0,1
Sr0	0	0,0001	0	0,0001	0	0,0001
Srmax	0,04	0,07	0,04	0,067	0,026	0,055
td	0	50	0	50	0	50
vr	425	950	505	900	530	1300
K0	0	2	0,1	2	0	2
CD	0	5	0	5	0	5

Tabela 2: Quadro com os valores dos parâmetros modelados nas três simulações.

Os dados do NS das três simulações, são apresentados na tabela 3. Novamente as simulações A e B apresentam valores similares, enquanto a Simulação C apresenta valores menores para o NS, especialmente na etapa de validação. Assim, verifica-se outro indicativo de alteração da dinâmica hidrológica na bacia no período entre 2009 e 2016, principalmente entre 2013 e 2016.

	Valores calculados para NS	
	NS Calibração	NS Validação
Simulação A	0.624009	0.5791481
Simulação B	0.6406249	0.6558191
Simulação C	0.5942964	0.0726161

Tabela 3: Dados para NS das três simulações

Na Figura 6, percebe-se visualmente a menor eficiência do modelo chuva-vazão no período relativo à Simulação C. Nota-se ainda que a ineficiência dos resultados está diretamente relacionada ao tempo, indicando que a alteração na dinâmica hidrológica ocorreu em anos mais recentes, principalmente depois de 2013.

De uma forma geral, os gráficos das três simulações demonstram uma

subestimação dos picos de vazão e superestimação das vazões mínimas, indicando alto resíduo na modelagem. Essa dificuldade do TOPMODEL de ajustar a vazão modelada no pico e nos mínimos também é observada em trabalhos semelhante em outras áreas (GIL MORALES; TOBÓN MARÍN, 2016).

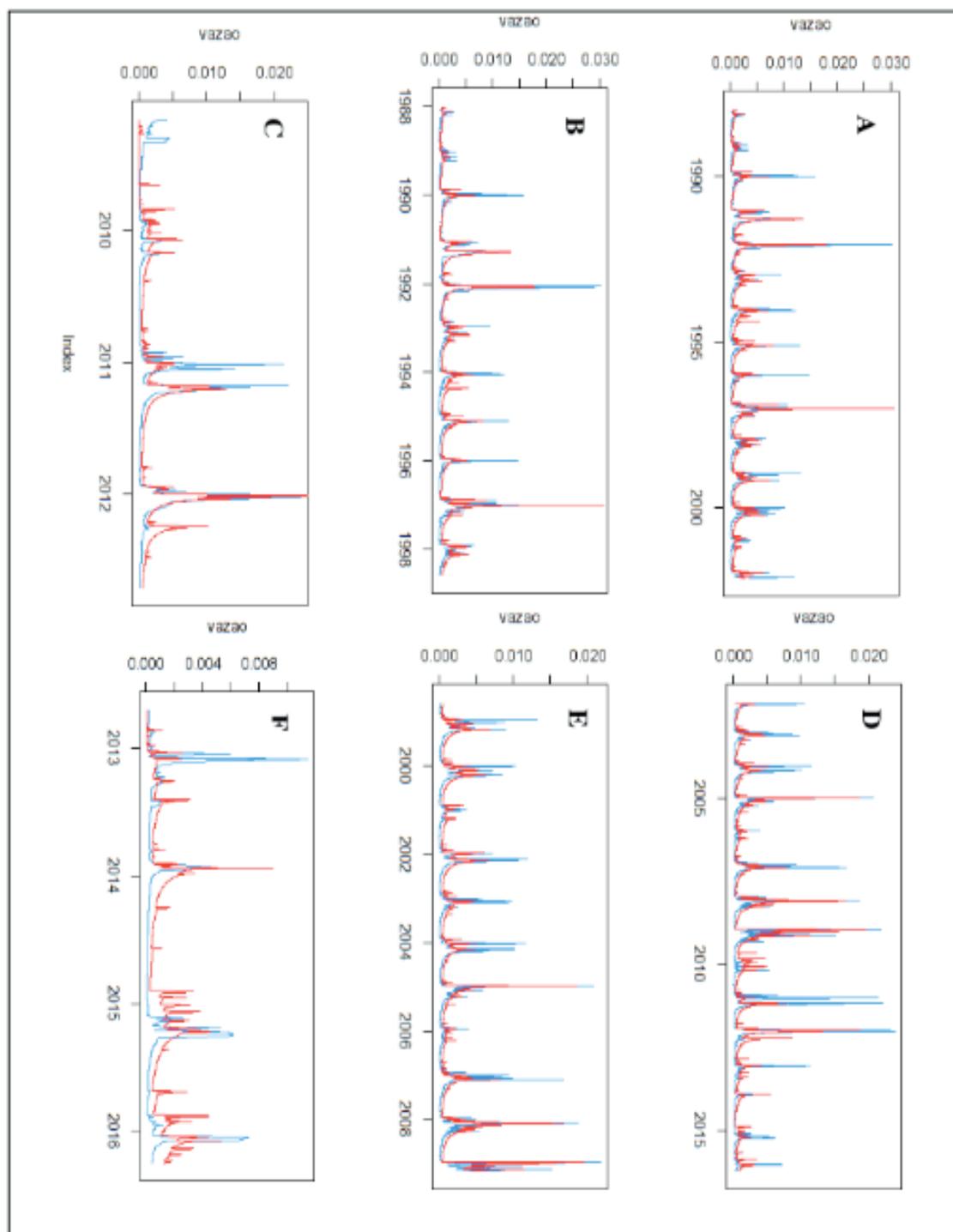


Figura 6: Gráficos de período temporal x Vazão real e Vazão simulada. Os gráficos “A”, “B” e “C” são das calibrações, respectivamente Simulação A, B e C, e os “D”, “E” e “F” são das validações, novamente, Simulação A, B e C. Linha azul representa a vazão real e linha vermelha representa vazão modelada.

De acordo com os resultados, as simulações A e B apresentam gráficos semelhantes entre si e resultados melhores do que a Simulação C. Contudo, de modo geral as três situações apresentaram ajustes insatisfatórios, com valores de NS abaixo

do recomendado por Krysanova, que considera o intervalo de valores para NS entre 0,7 a 0,8 como indicativos de um bom ajuste.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para justificar a ineficiência do modelo. Como a localização das estações pluviométrica fora da área da bacia do Rio São Miguel, gerando imprecisão nos valores de precipitação acumulada.

Uma hipótese plausível para o baixo sucesso do modelo pode estar relacionado à dificuldade de se modelar sistemas hídricos em ambientes cársticos. A litologia prioritária encontrada na área de estudo consiste em calcários ou margas da sequência estratigráfica Grupo Bambuí, no qual é comum a formação de sumidouros, condutos freáticos de grandes proporções, salões de abatimento. Ou seja, feições endocársticas que aprisionam ou desviam drasticamente o fluxo hídrico, dificultando assim a modelagem do sistema chuva-vazão deste ambiente. Os valores obtidos nos parâmetros ajudam a interpretar a região como propicia a formar grandes reservatórios de água no lençol freático coniventes com ambientes cársticos, uma vez que, os valores dos parâmetros m e S_{rmax} são altos, enquanto que os valores relativos à condutividade subterrânea são baixos (GIL MORALES; TOBÓN MARÍN, 2016).

4 | CONCLUSÃO

O modelo TOPMODEL não atingiu a faixa de eficiência plenamente satisfatória para a simulação da relação chuva-vazão na Bacia de São Miguel para os períodos estudados, o que pode estar relacionado às características geológicas da região. Respostas mais conclusivas requerem um estudo mais amplo envolvendo trabalhos de campo para fins de ajuste dos parâmetros de entrada.

Os resultados comparativos das simulações realizadas ao longo do tempo evidenciam que a bacia do Rio São Miguel passou por alterações no seu regime hídrico nos períodos mais recentes. Essas alterações podem estar relacionadas à atuação antrópica na área, fenômeno natural que interferiu no sistema chuva-vazão da bacia ou problemas na coleta dos dados de entrada nos últimos anos. Estudos subsequentes devem avaliar o peso desses fatores nas alterações verificadas no sistema chuva-vazão da bacia.

5 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERENCIAS

BEVEN, K. J. **Rainfall-Runoff Modelling: The Primer**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. **Hydrological**

Sciences Bulletin, v. 24, n. 1, p. 43–69, mar. 1979.

GIL MORALES, E. G.; TOBÓN MARÍN, C. Hydrological modelling with TOPMODEL of Chingaza páramo, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 69, n. 2, 18 jul. 2016.

HOLLANDA, M. P. et al. Avaliação do TOPMODEL na estimativa do escoamento superficial em microbacia hidrográfica em diferentes usos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 489–496, maio 2015.

IGLESIAS, I. et al. Simulação de níveis de cheia no estuário do rio Douro, antes e após a construção dos molhes. **Revista Recursos Hídricos**, v. 39, n. 1, p. 21–30, 1 mar. 2018.

KRYSANOVA, V.; MÜLLER-WOHLFEIL, D.-I.; BECKER, A. Development and test of a spatially distributed hydrological/water quality model for mesoscale watersheds. **Ecological Modelling**, v. 106, n. 2, p. 261–289, 1 mar. 1998.

LIANG, S.; LI, X.; WANG, J. (EDS.). Chapter 17 - Precipitation. In: **Advanced Remote Sensing**. Boston: Academic Press, 2012. p. 533–556.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas, SP: Átomo, 2010.

MENDICINO, G.; SOLE, A. The information content theory for the estimation of the topographic index distribution used in TOPMODEL. **Hydrological Processes**, v. 11, n. 9, p. 1099–1114, 1997.

MENEGASSE, L. N.; GONÇALVES, J. M.; FANTINEL, L. M. DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NA PROVÍNCIA CÁRSTICA DE ARCOS-PAINS-DORESÓPOLIS, ALTO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS, BRASIL. **Águas Subterrâneas**, v. 16, n. 1, 9 dez. 2002.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. **Monthly Weather Review**, v. 100, n. 2, p. 81–92, 1 fev. 1972.

RIBEIRO, A. et al. **Geologia da Folha Piumhi SF.23-V-B-II: Sistema de Informações Geográficas (SIG)**, 2008.

SILVA, R. V. DA; KOBAYAMA, M. TOPMODEL: TEORIA INTEGRADA E REVISÃO. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 14, n. 0, 2007.

SUN, W. et al. Calibrating a hydrological model in a regional river of the Qinghai–Tibet plateau using river water width determined from high spatial resolution satellite images. **Remote Sensing of Environment**, v. 214, p. 100–114, 1 set. 2018.

VON SPERLING, M. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte - MG: Editora UFMG, 2014. v. 7

YONG BIN et al. Hydrologic evaluation of Multisatellite Precipitation Analysis standard precipitation products in basins beyond its inclined latitude band: A case study in Laohahe basin, China. **Water Resources Research**, v. 46, n. 7, 30 jul. 2010.

STRENGTH PREDICTION OF ADHESIVELY-BONDED JOINTS WITH COHESIVE LAWS ESTIMATED BY THE DIRECT METHOD

Ulisses Tiago Ferreira Carvalho

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto – Portugal

Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto – Portugal

ABSTRACT: Cohesive Zone Models (CZM) are a powerful tool for the design of bonded structures, but they require careful estimation of the cohesive laws for reliable results. This work experimentally evaluates by the J-integral/direct method the tensile and shear CZM laws of three adhesives with distinct ductility. Additionally, by the direct method, the precise shape of the cohesive law in tension and shear of the adhesives is defined. The Double-Cantilever Beam (DCB) and End-Notched Flexure (ENF) specimens were considered to obtain the tensile and shear CZM laws of the adhesives, respectively. After obtaining the tensile and shear CZM laws, triangular, exponential and trapezoidal CZM laws were built to reproduce their behaviour. Validation of these CZM laws was undertaken with a mixed-mode geometry (double-lap joint) considering the same three adhesives and varying overlap lengths (LO). The strength prediction by this technique revealed accurate predictions for a given CZM law shape, depending on the adhesive ductility,

although all CZM law shapes were moderately accurate.

KEYWORDS: Adhesive joint; Structural adhesive; Cohesive zone models; Strength prediction.

PREVISÃO DE RESISTÊNCIA DE JUNTAS ADESIVAS COM LEIS COESIVAS ESTIMADAS PELO MÉTODO DIRETO

RESUMO: Os modelos de dano coesivo (MDC) são uma ferramenta poderosa para o projeto de ligações adesivas, mas requerem uma estimativa cuidadosa das leis coesivas para obter resultados precisos. Este trabalho avalia experimentalmente, pelo método do integral J/ método direto, as leis coesivas à tração e corte de três adesivos com ductilidade distinta. Além disso, pelo método direto, é definida a forma precisa da lei coesiva em tensão e corte dos adesivos. Foram utilizados provetes Double-Cantilever Beam (DCB) e End-Notched Flexure (ENF) para a obtenção das leis coesivas de tração e corte dos adesivos, respetivamente. Após a obtenção destas leis coesivas, foram construídas leis aproximadas triangulares, exponenciais e trapezoidais para reproduzir o seu comportamento. A validação destas leis coesivas foi realizada com uma geometria de modo misto (junta de sobreposição dupla) considerando os mesmos três adesivos e comprimentos de sobreposição (LO) variáveis.

A previsão da resistência por esta técnica revelou resultados precisos para uma determinada forma de lei coesiva, dependendo da ductilidade do adesivo, embora todas as formas de leis coesivas fossem moderadamente precisas.

PALAVRAS-CHAVE: Junta adesiva; Adesivo estrutural; Modelos de dano coesivo; Previsão de resistência.

1 | INTRODUCTION

There is a countless number of joint configurations addressed in the literature, although the most common are single-lap, double-lap and scarf joints (Li et al., 2015). The availability of accurate and straight-forward predictive methods is thus mandatory for the safe design of bonded joints. Although several techniques have been proposed for many decades, beginning with the theoretical analysis of Volkersen (1938), the Continuum mechanics criteria coupled to a Finite Element Analysis (FEA), Linear Elastic Fracture Mechanics (LEFM) or the CZM. CZM been refined ever since were initially proposed some decades ago, to become nowadays a very powerful technique for damage growth and strength prediction of structures, including the analysis of wood failure (Campilho et al., 2010), composite delaminations (Alfano e Crisfield, 2001; Jiang et al., 2007) and bonded joint analysis (Goyal et al., 2008; Campilho et al., 2011), for which this technique is particularly suited (Fernandes et al., 2015). While CZM is a powerful technique to predict the strength of bonded joints, some premises must be accounted for to ensure reliable results: the adhesive should be characterized under identical geometrical conditions in which the resulting laws will be used in the simulations, and the stipulated CZM law shape should be consistent with the adhesive's behaviour (Campilho et al., 2008).

Different techniques are nowadays available for the definition of the cohesive parameters (GIC, GIIC, t_n^0 and t_s^0), such as the property identification technique, the direct method and the inverse method. The direct method, which is the purpose of this work, gives the precise shape of the CZM laws of a specific material or interface, since these are estimated from the experimental data of fracture tests such as the DCB or ENF (Pandya e Williams, 2000). This is done by differentiation of the tensile strain energy release rate, GI, for tension, or the shear strain energy release rate, GII, for shear, with respect to the relative opening of the crack (δn for tension or δs for shear). Nonetheless, it is usual to convert the obtained shape to an approximated parameterized shape for introduction in the FEA software. For an accurate measurement of the required parameters such as δn or δs , physical sensors (Ji et al., 2010) or image correlation methods (Han e Siegmund, 2012; Valoroso et al., 2013) can be used. The validity of the direct approach can be checked by numerically replicating the tensile or shear fracture tests with identical dimensions and with the experimentally obtained CZM laws as input for the adhesive layer's behaviour, followed by comparing the obtained P- δ curves with the original ones from the experiments (Valoroso et al., 2013). However, complete

validation of the CZM laws should include testing the pure mode CZM laws in a mixed-mode geometry, although to the authors' knowledge such works are not available in the literature, being these works limited to pure-mode verifications.

This work experimentally evaluates by the J-integral/direct method the tensile and shear CZM laws of three adhesives with distinct ductility. Additionally, by the direct method, the precise shape of the cohesive law in tension and shear of the adhesives is defined. The DCB and ENF specimens were considered to obtain the tensile and shear CZM laws of the adhesives, respectively. After obtaining the tensile and shear CZM laws, triangular, exponential and trapezoidal CZM laws were built to reproduce their behaviour. Validation of these CZM laws was undertaken with a mixed-mode geometry (double-lap joint) considering the same three adhesives and varying L_0 values.

2 | EXPERIMENTAL WORK

2.1 Materials

For the DCB, ENF and double-lap specimens, the high strength and ductile aluminium alloy AA6082 T651 was chosen for the adherends. The tensile mechanical properties of this material were obtained in the work of Campilho et al. (2011). The experimental testing programme included three structural adhesives: the brittle epoxy Araldite® AV138, the ductile epoxy Araldite® 2015 and the ductile polyurethane Sikaforce® 7752. In this manner, different material behaviours are tested. These adhesives were previously characterized regarding the mechanical and toughness properties (Campilho et al., 2011; Campilho, Banea, et al., 2013; Faneco et al., 2015). Bulk specimens were tested in a servo-hydraulic machine to obtain Young's modulus (E), σ_y , σ_f and ϵ_f . The DCB test was selected to obtain GIC and the ENF test was used for GIIC. The collected data of the adhesives is summarized in Table 1.

Property	AV138	2015	7752
Young's modulus, E [GPa]	4.9±0.8	1.9±0.2	0.5±0.1
Poisson's ratio, ν	0.35 a	0.33 a	0.30 a
Tensile yield stress, σ_y [MPa]	36.5±2.5	12.6±0.6	3.2±0.5
Tensile failure strength, σ_f [MPa]	39.5±3.2	21.6±1.6	11.5±0.3
Tensile failure strain, ϵ_f [%]	1.2±0.1	4.8±0.8	19.2±1.4
Shear modulus, G [GPa]	1.6±0.01	0.6±0.2	0.2±0.01
Shear yield stress, τ_y [MPa]	25.1±0.3	14.6±1.3	5.2±1.1
Shear failure strength, τ_f [MPa]	30.2±0.4	17.9±1.8	10.2±0.6
Shear failure strain, γ_f [%]	7.8±0.7	43.9±3.4	54.8±6.4
Toughness in tension, GIC [N/mm]	0.20 b	0.4±0.02	2.4±0.2
Toughness in shear, GIIC [N/mm]	0.38 b	4.7±0.3	5.4±0.5

a manufacturer's data
b estimated in Campilho et al. (2011)

Table 1. Properties of the adhesives Araldite® AV138, Araldite® 2015 and Sikaforce® 7752 (Campilho et al., 2011; Campilho, Banea, et al., 2013; Faneco et al., 2015).

2.2 Joint Geometries

Fig. 1 shows the geometry and characteristic dimensions of the DCB (a) and ENF specimens (b). The chosen values for the dimensions are: total length $L=140$ mm (DCB) or mid-span $L=100$ mm (ENF), initial crack length $a_0 \approx 50$ mm, adherend thickness $t_p=3$ mm, $t_A=0.2$ mm and width $B=25$ mm. Fig. 2 describes the double-lap joints' geometry for validation of the obtained CZM laws, whose dimensions were the following: length between grips $L_T=170$ mm, $t_p=3$ mm, $t_A=0.2$ mm, $L_O=12,5, 25, 37.5$ and 50 mm and $B=25$ mm (not represented in the figure).

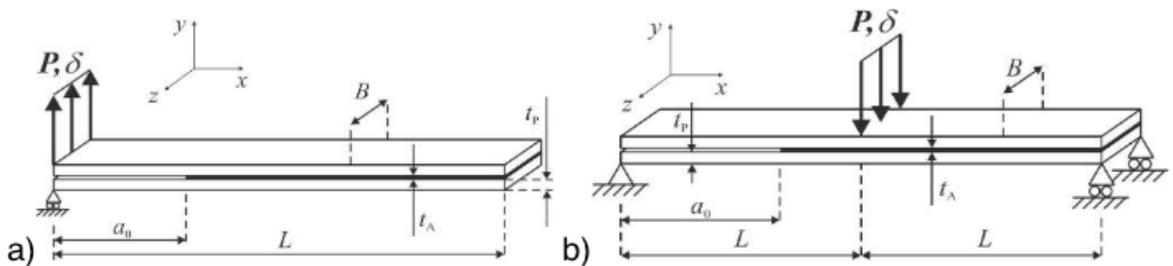


Fig.1 - DCB (a) and ENF (b) specimens for fracture characterization of thin adhesive bonds.

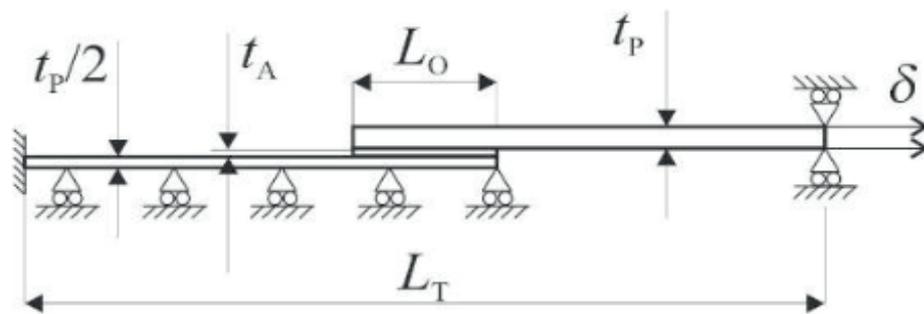


Fig.2 - Double-lap joint specimens for validation of the obtained CZM laws.

All joint configurations were fabricated and tested at room temperature. Joint tests were carried out in a Shimadzu AG-X 100 electro-mechanical testing machine with a 100 kN load cell. To apply the optical methods used in the DCB and ENF tests, images were recorded by an 18 MPixel digital camera with no zoom and fixed focal distance to approximately 100 mm, which enabled obtaining the values of a , δ_n , δ_s and adherends rotation at the specimen's loading point, θ_0 , this last parameter required in the DCB tests for application of the J-integral.

2.3 Direct method for cohesive law estimation

Based on the fundamental expression for J (Rice, 1968), it is possible to derive an expression for GI (Eq.1) applied to the DCB specimen from the concept of energetic force and also the beam theory, as follows (Zhu et al., 2009)

$$G_I = 12 \frac{(P_v a)^2}{E_x t_p^3} + P_v \theta_0 \quad \text{or} \quad G_I = P_v \theta_p, \quad (1)$$

where P_u represents the applied load per unit width at the adherends' edges and E_x is the adherends' value of E in the longitudinal direction. A schematic representation of δ_n , θ_0 and θ_p , required by this method, is given in Fig. 3.

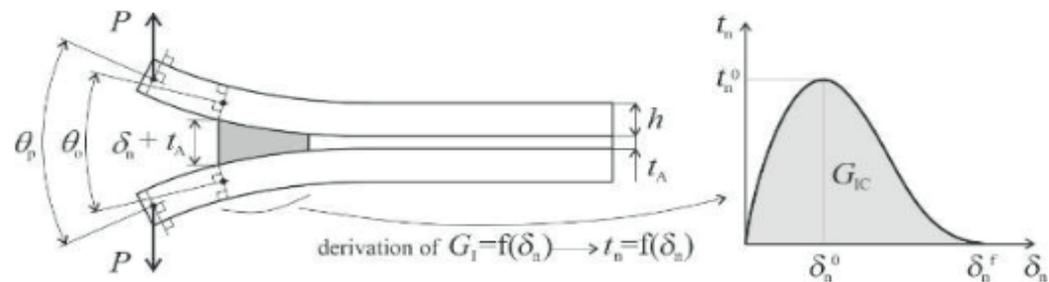


Fig.3 - DCB specimen under loading, with description of the analysis parameters, and estimation of the cohesive law.

In this figure, δ_n^0 is the relative displacement at t_n^0 , and δ_n^f is the tensile failure displacement. The $t_n(\delta_n)$ or tensile CZM law is obtained by differentiation of equation (1) with respect to δ_n . More details about this technique applied to the DCB specimen can be found in reference (Campilho, Moura, et al., 2013). A developed algorithm to measure θ_0 and δ_n was used (Campilho et al., 2014), based on digital image correlation and tracking reference points in the scales that follow crack growth during the test.

An identical procedure, i.e., based on the direct method, was used to evaluate GIIc and shear CZM law by the ENF test (Zhu et al., 2009; Campilho, Moura, et al., 2013), involving the concurrent measurement of the J-integral and δ_s . The GII expression (Eq.2) for the ENF specimen gives (Leffler et al., 2007)

$$G_{II} = \frac{9}{16} \frac{(P_v a)^2}{E_x t_p^3} + \frac{3 P_v \delta_s}{8 t_p}. \quad (2)$$

The t_s - δ_s curve (or shear CZM law) can then be assessed by differentiation of the G_{II} - δ_s curve. Full details regarding the description of the direct method applied to the ENF specimen, as well as the algorithm to estimate δ_s in every picture of a test, can be found in the work of Leitão et al. (2016).

3 | NUMERICAL ANALYSIS

3.1 Conditions of the numerical analysis

Geometrically non-linear analyses were considered for the double-lap joint models. The adherends were modelled as elasto-plastic continuum bodies and the adhesive was fully represented by a single layer of cohesive elements, i.e., by the continuum CZM approach (Campilho, Banea, et al., 2013). The models are two-dimensional, considering CPE4 plane-strain elements of Abaqus®. Apart from this, horizontal

symmetry was applied to the double-lap joints. Fig. 4 shows a representative mesh for the CZM strength prediction analysis for a double-lap joint with $L_o=25$ mm. The FEA mesh included edge grading horizontally from the overlap inner portion towards the overlap edges, and vertically towards the adhesive layer, to increase the simulation speed, although keeping acceptable results. The joints were clamped at one edge and a vertical restraint and tensile displacement was applied at the opposite edge (Campilho et al., 2012).

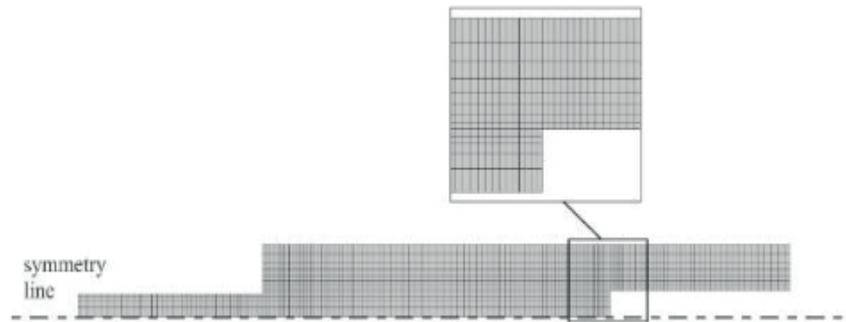


Fig.4 - Mesh detail for the LO=25 mm double-lap joint (CZM failure analysis).

3.2 CZM implementation in the FEA analysis

CZM are typically founded on a relationship between t_n/t_s and δ_n/δ_s that connects homologous nodes of the cohesive elements, to simulate the elastic behaviour up to t_n^0 (tension) or t_s^0 (shear) and subsequent material degradation up to final failure (Turon et al., 2007). In this work, the triangular, trapezoidal and linear-exponential shapes were evaluated to model the tensile and shear behaviour of the adhesive layer. Fig. 5 schematically represents these three CZM shapes with the associated nomenclature for both tensile and shear loadings (δ_s^0 the relative displacement at t_s^0 , δ_s^f is the shear failure displacement, and d_{ns} and d_{ss} are the tensile and shear stress softening onset displacements of the trapezoidal CZM law, respectively). The definition of δ_n^s and δ_s^s is carried out by making $G_I=G_{IC}$ for tension or $G_{II}=G_{IIC}$ for shear (Turon et al., 2007).

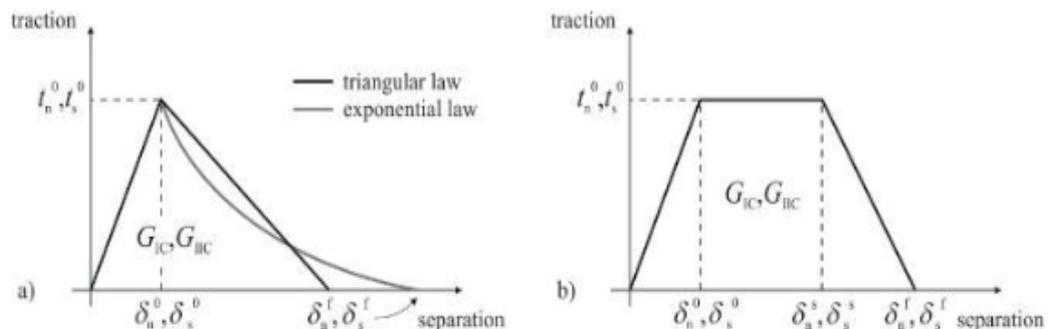


Fig.5 - CZM laws with triangular, linear-exponential and trapezoidal shapes available in Abaqus®.

Due to the unavailability in Abaqus® of mode coupling for the trapezoidal

and exponential CZM laws, uncoupled loading modes were considered in all CZM simulations. This is supported by the findings of a previous work (Campilho, Banea, et al., 2013), in which it was found for composite single-lap joints that the results between mode-coupled and uncoupled predictions are virtually identical.

4 | RESULTS

4.1 GIC and GIIC evaluation by the fracture tests

All DCB and ENF specimens revealed a cohesive failure of the adhesive layer. The G_I - δ_n and G_{II} - δ_s curves were estimated from the direct method described in Section 2.3 using equations (1) and (2), respectively. Fig. 6 and Fig. 7 shows typical curves for the three adhesives and the DCB and ENF tests respectively, overlapped by polynomial approximation curves to apply the differentiation procedure leading to the definition of the respective CZM laws.

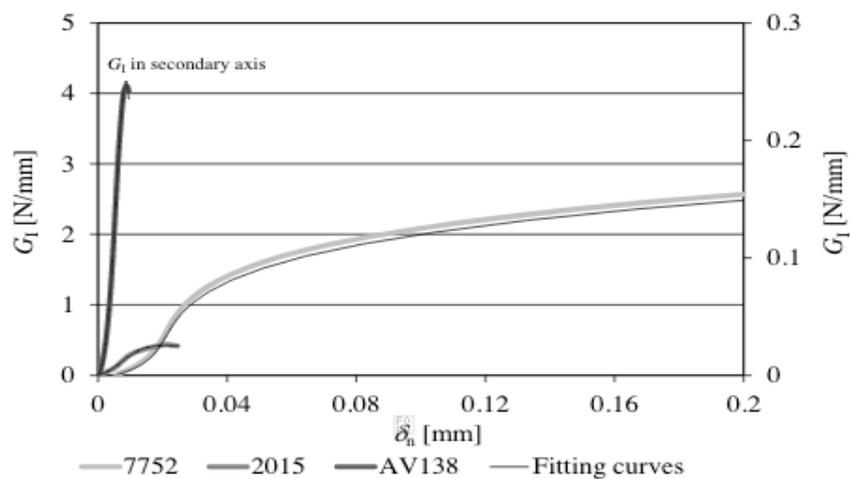


Fig.6 - Plot of G_I - δ_n for a specimen of each tested adhesive: raw curve and polynomial approximations.

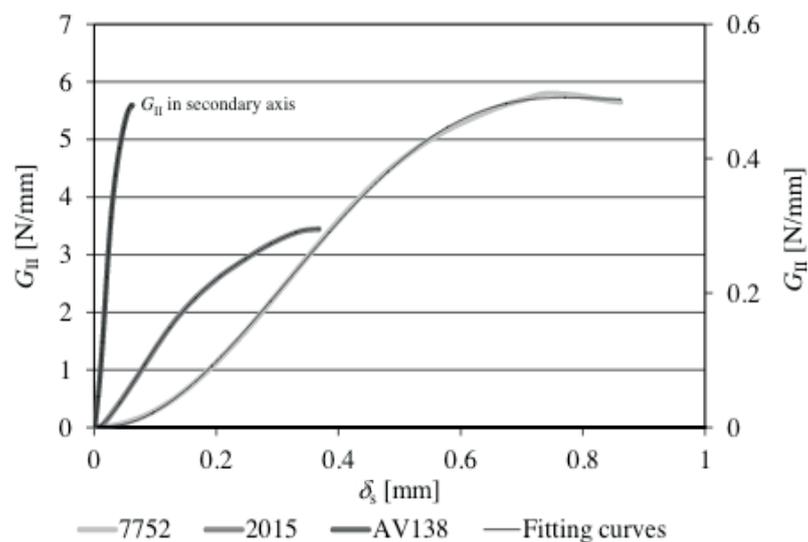


Fig.7 - Plot of G_{II} - δ_s for a specimen of each tested adhesive: raw curve and polynomial approximations.

In agreement with previous works (Jiang et al., 2007), three different stages can be identified in the $G_I-\delta_n$ and $G_{II}-\delta_s$ curves: (1) slow increase of G_I/G_{II} with δ_n/δ_s , (2) steady increase of G_I/G_{II} and (3) the curve tends to a steady-state value of G_I/G_{II} . The different behaviour between the three adhesives is clearly visible. The curves for each adhesive highly differ in terms of GIC/GIIC measurement and corresponding value of δ_n/δ_s , which corresponds to failure in the CZM law. GIC and GIIC are found by the steady-state values of GIC and GIIC in the respective curve and are attained at crack initiation (Ji et al., 2010). Table 2 reviews the GIC and GIIC values obtained by the J-integral for the three adhesives.

Adhesive	Araldite® AV138		Araldite® 2015		Sikaforce® 7752	
Specimen	GIC	GIIC	GIC	GIIC	GIC	GIIC
1	0.224	0.552	0.437	3.444	3.420	-
2	0.252	0.732	0.434	-	3.903	5067
3	0.231	0.676	0.494	2.873	3.842	6050
4	0.329	-	0.456	3.298	4.183	5360
5	0.237	0.566	0.665	3.123	-	6.07
6	0.197	0.533	0.712	3.140	3.502	5173
7	-	0.523	-	3.08	-	5790
8	-	0.479	-	2.901	-	6160
Average	0.245	0.580	0.533	3.123	3.770	5667
Deviation	0.045	0.09	0.123	0.203	0.278	0.459

Table 2. Values of GIC and GIIC [N/mm] for the three adhesives obtained by J-Integral technique (Azevedo et al., 2015; Campilho et al., 2015; Constante et al., 2015).

Fig. 8 presents a comparison between representative $t_n-\delta_n$ (a) and $t_s-\delta_s$ (b) curves for each of the adhesives (corresponding to the $G_I-\delta_n$ and $G_{II}-\delta_s$ curves of Fig. 6 and 7, respectively). Both tensile and shear CZM laws show that the Araldite®AV138 is bestfit by a triangular CZM law because of its brittle behaviour, whilst the Araldite®2015 and Sikaforce®7752 are modelled with trapezoidal CZM laws which, in this case, provide the best approximation on account of the plasticization endured after the initial elastic part of the curves. The different behaviour of these three adhesives under tension is consistent with the properties of the adhesives reported in Table 1, namely δ_n and GIC(tensile CZM laws) and the shear failure strain, δ_s , and GIIC(shear CZM laws). The deviation in the CZM parameters showed a reduced scatter between CZM laws of the same adhesive.

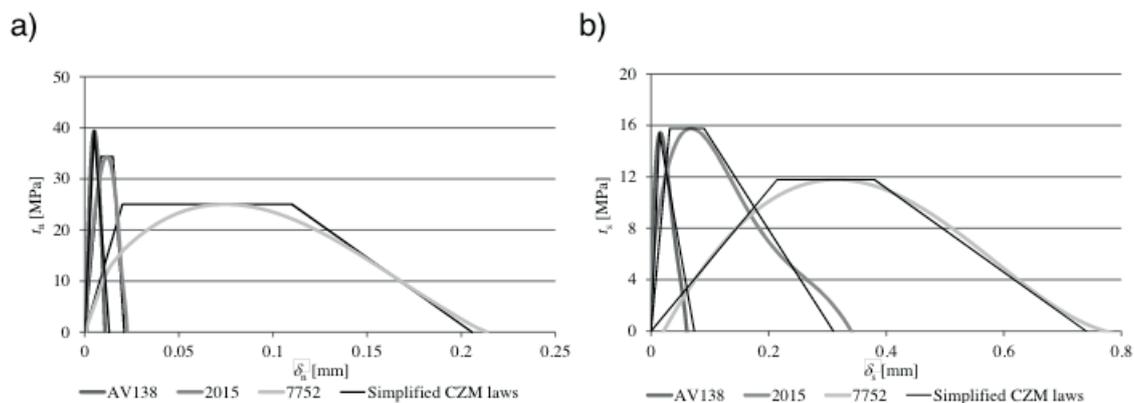


Fig.8 - Comparison of representative tn-dn (a) and ts-ds (b) curves for each of the adhesives.

4.2 Strength prediction

The average values of tensile and shear CZM parameters were used to build triangular, trapezoidal and linear-exponential tensile and shear CZM laws for each of the three adhesives. These laws were subsequently input in numerical simulations of double-lap joints respecting the principles depicted in Section 3.1 as a validation of the obtained CZM laws by the J-integral/direct method. Fig. 9 compares the experimental and numerical maximum load (P_m) values as function of LO for the three CZM laws and the adhesives Araldite® AV138 (a), Araldite® 2015 (b) and Sikaforce® 7752.

For the joints bonded with the Araldite® AV138, the best results are obtained by the triangular CZM law, followed by the trapezoidal CZM law, while the linear-exponential CZM law clearly under estimates P_m . These results are justified by the brittleness of the adhesive, which was attested by the properties depicted in Table 1 and tensile and shear CZM laws represented in Fig. 8. The average absolute error (considering the four LO values) is 0.56% for the triangular CZM law, 1.17% for the trapezoidal CZM law and 2.79% for the linear-exponential CZM law. The largest % errors always occur for LO=12.5 mm, disregarding the CZM law type. Differently to this adhesive, for the joints bonded with the Araldite® 2015, the best predictions were attained with the trapezoidal CZM law, which is consistent with the moderate degree of ductility of this adhesive. The triangular and especially the linear-exponential CZM laws under predict the experiments. The average deviations of absolute values, considering all LO values, are 2.00% (triangular law), 1.03% (trapezoidal law) and 2.76% (linear-exponential law). For this particular adhesive, it was found that, from LO=37.5 mm, P_m is ruled by the adherends' yielding/tensile net failure rather than the adhesive.

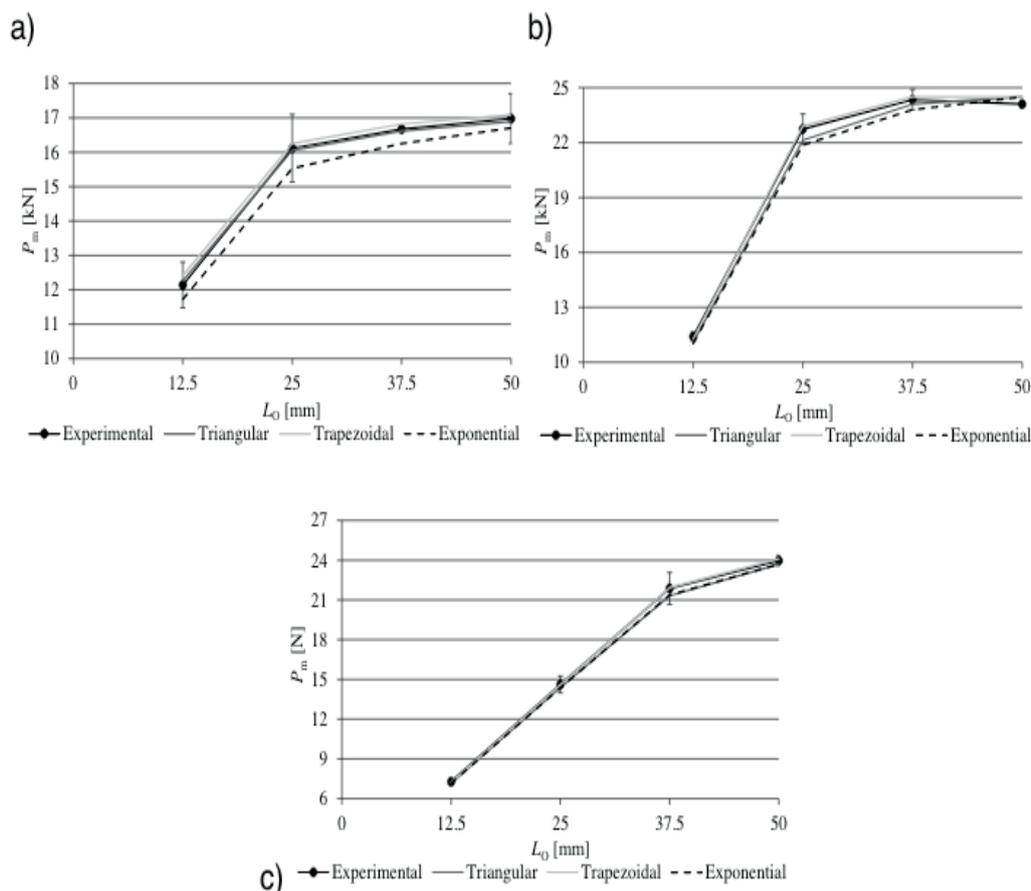


Fig. 9 - Comparison between the experimental and numerical P_m values as function of L_O for the three CZM laws and the adhesives Araldite® AV138 (a), Araldite® 2015 (b) and Sikaforce® 7752 (c).

Because of the high ductility of the Sikaforce® 7752, for the joints bonded with this adhesive the trapezoidal CZM law gives the best approximation, while the triangular and linear-exponential CZM laws present identical under predictions. The average % deviations of absolute values of each adhesive are 1.73% (triangular law), 0.36% (trapezoidal law) and 1.73% (linear-exponential law). For $L_O=50$ mm, P_m is governed by the adherends' yielding or tensile net failure. Globally, for the tested geometrical conditions, no significant errors would be made by using an improper CZM law, i.e., a CZM law that is not the best fit to the tensile and shear CZM laws of the respective adhesive obtained by the direct method. However, this is the result of two factors: (1) the range of L_O values used in this work is relatively limited and (2) for all adhesives, tensile adherend failure or at least adherends plasticization affected the P_m results such that, for the higher P_m values, the joints' failure was no longer ruled by the adhesive but by the adherend's yielding. In fact, in a previous work (Campilho, Banea, et al., 2013) considering triangular and trapezoidal CZM shapes to model single-lap joints with L_O values up to 80 mm revealed that higher L_O values in joints with non-yielding composite adherends can give differences of over 10% compared to the experiments if the CZM law does not closely follow the adhesive's behaviour. Thus, depending on the required accuracy for the results, the choice of the correct CZM law type may be of importance.

5 | CONCLUSIONS

The main objective of this work was the assessment of different CZM shapes in predicting the behaviour of a mixed-mode joint geometry bonded with adhesives of distinct ductility, after estimating the tensile and shear CZM laws of the adhesives by the direct method. The DCB and ENF specimens were considered to obtain the tensile and shear CZM laws of the adhesives, respectively. The obtained CZM laws were highly consistent for each loading/adhesive combination. In both loading modes, the Araldite® AV138 was best modelled by a triangular CZM law due to its brittleness, while the ductile Araldite® 2015 and Sikaforce® 7752 showed a better fit with trapezoidal CZM laws. Validation of these CZM laws was undertaken with a mixed-mode geometry (double-lap joint) considering the same three adhesives and varying L_0 values. Previous to the analysis, the double-lap joints' strength revealed to be highly dependent on the adhesive type. Actually, the Araldite® AV138 showed a similar P_m value to the Araldite® 2015 for $L_0 = 12.5$ mm, but it was unable to increase P_m with L_0 by a significant amount on account of being very brittle (oppositely to the Araldite® 2015). The joints bonded with the Sikaforce® 7752 showed a much smaller P_m value for $L_0 = 12.5$ mm because of the smaller strengths, but the ductility of this adhesive enabled to increase P_m with L_0 in a practically linear relation. All P_m - L_0 curves for the three adhesives were affected by the inner adherend's failure or at least plasticization for the higher L_0 values. Regarding the P_m comparison between the experiments and numerical predictions, the deviations were small for all CZM laws, although the best results closely followed the previously mentioned agreement regarding the experimental and approximated CZM laws. Thus, for the tested geometrical conditions, no significant errors would be made by using an improper CZM law. However, it should be noted that, depending on the geometry of the joints and adherends' behaviour, the error of using a non-consistent CZM law shape to the behaviour of the adhesive to be simulated can result in non-negligible deviations to the real joints' behaviour.

REFERENCES

- ALFANO, G.; CRISFIELD, M. A. Finite element interface models for the delamination analysis of laminated composites: mechanical and computational issues. **International Journal for Numerical Methods in Engineering**, v. 50, n. 7, p. 1701-1736, 2001. ISSN 1097-0207. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1002/nme.93> >.
- AZEVEDO, J. C. S. et al. Cohesive law estimation of adhesive joints in mode II condition. **Theoretical and Applied Fracture Mechanics**, v. 80, p. 143-154, 2015.
- CAMPILHO, R. D. S. G. et al. Modelling of single-lap joints using cohesive zone models: Effect of the cohesive parameters on the output of the simulations. **The Journal of Adhesion**, v. 88, n. 4-6, p. 513-533, 2012/04/01 2012. ISSN 0021-8464. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/00218464.2012.660834> >. Acesso em: 2015/01/21.
- _____. Modelling adhesive joints with cohesive zone models: effect of the cohesive law shape of the adhesive layer. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 44, p. 48-56, 7// 2013. ISSN

0143-7496. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749613000353> >.

CAMPILHO, R. D. S. G. et al. Strength prediction of single- and double-lap joints by standard and extended finite element modelling. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 31, n. 5, p. 363-372, 7// 2011. ISSN 0143-7496. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749611000273> >.

CAMPILHO, R. D. S. G.; DE MOURA, M. F. S. F.; DOMINGUES, J. J. M. S. Using a cohesive damage model to predict the tensile behaviour of CFRP single-strap repairs. **International Journal of Solids and Structures**, v. 45, n. 5, p. 1497-1512, 3/1/ 2008. ISSN 0020-7683. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002076830700412X> >.

CAMPILHO, R. D. S. G. et al. Adherend thickness effect on the tensile fracture toughness of a structural adhesive using an optical data acquisition method. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 53, p. 15-22, 9// 2014. ISSN 0143-7496. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749614000165> >.

_____. Adhesive thickness effects of a ductile adhesive by optical measurement techniques. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 57, p. 125-132, 3// 2015. ISSN 0143-7496. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749614002097> >.

CAMPILHO, R. D. S. G. et al. Fracture toughness determination of adhesive and co-cured joints in natural fibre composites. **Composites Part B: Engineering**, v. 50, p. 120-126, 7// 2013. ISSN 1359-8368. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836813000437> >.

CAMPILHO, R. D. S. G. et al. Adhesively Bonded Repair Proposal for Wood Members Damaged by Horizontal Shear Using Carbon-Epoxy Patches. **The Journal of Adhesion**, v. 86, n. 5-6, p. 649-670, 2010/06/16 2010. ISSN 0021-8464. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/00218464.2010.484318> >.

CONSTANTE, C. J.; CAMPILHO, R. D. S. G.; MOURA, D. C. Tensile fracture characterization of adhesive joints by standard and optical techniques. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 136, p. 292-304, 3// 2015. ISSN 0013-7944. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013794415000508> >.

FANECO, T. M. S. et al. Strength and fracture characterization of a novel polyurethane adhesive for the automotive industry. **Journal of Testing and Evaluation**, v. Submitted, 2015.

FERNANDES, T. A. B. et al. Adhesive selection for single lap bonded joints: Experimentation and advanced techniques for strength prediction. **The Journal of Adhesion**, v. 91, n. 10-11, p. 841-862, 2015/10/03 2015. ISSN 0021-8464. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/00218464.2014.994703> >. Acesso em: 2015/08/29.

GOYAL, V. K.; JOHNSON, E. R.; GOYAL, V. K. Predictive strength-fracture model for composite bonded joints. **Composite Structures**, v. 82, n. 3, p. 434-446, 2// 2008. ISSN 0263-8223. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822307000268> >.

HAN, J.; SIEGMUND, T. Cohesive zone model characterization of the adhesive Hysol EA-9394. **Journal of Adhesion Science and Technology**, v. 26, n. 8-9, p. 1033-1052, 2012/05/01 2012. ISSN 0169-4243. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1163/016942410X550003> >. Acesso em: 2015/08/25.

Jl, G. et al. Effects of adhesive thickness on global and local Mode-I interfacial fracture of bonded joints. **International Journal of Solids and Structures**, v. 47, n. 18-19, p. 2445-2458, 9// 2010. ISSN 0020-7683. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768310001769> >.

JIANG, W.-G. et al. A concise interface constitutive law for analysis of delamination and splitting in composite materials and its application to scaled notched tensile specimens. **International**

Journal for Numerical Methods in Engineering, v. 69, n. 9, p. 1982-1995, 2007. ISSN 1097-0207. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1002/nme.1842> >.

LEFFLER, K.; ALFREDSSON, K. S.; STIGH, U. Shear behaviour of adhesive layers. **International Journal of Solids and Structures**, v. 44, n. 2, p. 530-545, 1/15/ 2007. ISSN 0020-7683. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768306001466> >.

LEITÃO, A. C. C.; CAMPILHO, R. D. S. G.; MOURA, D. C. Shear Characterization of Adhesive Layers by Advanced Optical Techniques. **Experimental Mechanics**, v. 56, p. 493-506, 2015/12/02 2016. ISSN 0014-4851. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s11340-015-0111-4> >.

LI, J. et al. Experimental study of adhesively bonded CFRP joints subjected to tensile loads. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 57, p. 95-104, 3// 2015. ISSN 0143-7496. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014374961400205X> >.

PANDYA, K. C.; WILLIAMS, J. G. Measurement of cohesive zone parameters in tough polyethylene. **Polymer Engineering & Science**, v. 40, n. 8, p. 1765-1776, 2000. ISSN 1548-2634. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1002/pen.11308> >.

RICE, J. R. A path independent integral and the approximate analysis of strain concentration by notches and cracks. **Journal of Applied Mechanics**, v. 35, n. 2, p. 379-386, 1968. ISSN 0021-8936. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1115/1.3601206> >.

TURON, A. et al. An engineering solution for mesh size effects in the simulation of delamination using cohesive zone models. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 74, n. 10, p. 1665-1682, 7// 2007. ISSN 0013-7944. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013794406003808> >.

VALOROSO, N. et al. Identification of mode-I cohesive parameters for bonded interfaces based on DCB test. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 104, p. 56-79, 5// 2013. ISSN 0013-7944. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013794413000507> >.

VOLKERSEN, O. Die nietkrafteerteilung in zubeanspruchten nietverbindungen konstanten loschonquerschnitten. **Luftfahrtforschung**, v. 15 p. 41-47, 1938.

ZHU, Y.; LIECHTI, K. M.; RAVI-CHANDAR, K. Direct extraction of rate-dependent traction–separation laws for polyurea/steel interfaces. **International Journal of Solids and Structures**, v. 46, n. 1, p. 31-51, 1/1/ 2009. ISSN 0020-7683. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768308003351> >.

PRINCIPAIS MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADOS NA OXIDAÇÃO DE ÁLCOOL PARA USO EM CÉLULAS A COMBUSTÍVEL: UMA REVISÃO

Isaide de Araujo Rodrigues

Universidade Federal do Maranhão-UFMA,
Departamento de Química.

Campus Bacanga - Centro de Ciências Exatas e
Tecnologia

Av. dos Portugueses, s/n - CEP: 65085-580- São
Luís – MA

Ziel Dos Santos Cardoso

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus São
Luís – Monte Castelo.

Av. Getúlio Vargas – Monte Castelo, São Luís –
MA, CEP: 65030-005

Deracilde Santana da Silva Viégas

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Campus universitário do Bacanga - Av. dos
Portugueses, s/n - CEP: 65085-580 São Luís –
MA

Vinicius Tribuzi Rodrigues Pinheiro Gomes

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar,
Departamento de Física.

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Rodovia
Washington Luís, km 235 -SP- 310. São Carlos –
São Paulo. CEP: 13565-905.

RESUMO: Este capítulo aborda de forma didática e direta os principais métodos e materiais utilizados no processo de oxidação de álcool para uso em célula a combustível, em especial o etanol, álcool extremamente importante para a economia brasileira e mundial.

Diante do atual cenário, frente as pesquisas científicas pela busca dos melhores materiais e métodos que reduzam não somente os custos na síntese de catalisadores, mas que também aumentem o rendimento energético e produzam menos poluentes ao meio ambiente durante o processo de oxidação de álcool, trazemos uma revisão da literatura sobre os principais materiais e técnicas utilizados na oxidação de álcool para uso em célula a combustível.

PALAVRAS-CHAVE: Oxidação de álcool. Etanol. Célula a combustível.

MATERIALS AND TECHNIQUES USED IN ALCOHOL OXIDATION FOR USE IN FUEL CELLS: A REVIEW

ABSTRACT: This chapter discusses in a didactic and direct way the main methods and materials used in the oxidation process of alcohol for use in fuel cells, especially ethanol, alcohol extremely important for the Brazilian and world economy. Given the current scenario, in the face of scientific research for the best materials and methods that not only reduce the costs of catalyst synthesis, but also increase energy efficiency and produce less pollutants to the environment during the oxidation process of alcohol, we bring A literature review on the main materials and techniques used in the oxidation of alcohol for fuel cell.

KEYWORDS: Oxidation of alcohol. Ethanol.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos grandes problemas que afeta grande parte da sociedade mundial é a geração de energia. Quando o assunto abordado é energia, é normal pensar nas grandes usinas hidrelétricas, nas estações de distribuição de energia ou nas usinas nucleares. Entretanto, a energia elétrica produzida por pilhas ou baterias, usadas em equipamentos das mais variadas dimensões e funções, também tem a sua importância (VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R., 2002; FADZILLAH, D. M. et al., 2019).

Com o grande crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico observado nas últimas décadas, a demanda na produção de energia também cresceu e junto com ela surgiram diversos problemas, principalmente na esfera ambiental. Os gases gerados após a queima dos combustíveis de origem fóssil nos motores dos veículos automotivos e indústrias, o perigo da energia nuclear e as grandes devastações e inundações causadas pela construção das hidrelétricas têm causado sérios problemas a todos os seres vivos do planeta Terra (VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R., 2002).

Preocupados com os impactos ambientais causados pelo uso excessivo de combustíveis de origem fóssil, pesquisas científicas, que visam o desenvolvimento de novas tecnologias que gerem energia de forma mais limpa, têm sido realizadas em diversos países, inclusive no Brasil (ÇELEBI, Y.; AYDIN, H.; 2019; WANG, T. et al. 2019). As chamadas células a combustível, instrumentos que convertem energia química em energia elétrica sem trazer grandes impactos ao meio ambiente, tem chamado bastante a atenção de pesquisadores mundo a fora, uma vez que esses dispositivos são vistos como uma possível solução para a questão de geração de energia elétrica de forma limpa e sustentável (VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R., 2002; FADZILLAH, D. M. et al., 2019; ROCA-AYATS, M.; et al. 2018)

O álcool etílico, também conhecido como etanol, obtido a partir de diversas fontes naturais renováveis, pode ser oxidado diretamente a CO₂ no interior das células a combustível (ROCA-AYATS, M.; et al. 2018; ZHENG, Y.; et al. 2013). Entretanto, a oxidação do etanol passa diversas etapas que nem sempre leva a uma geração de energia máxima, o que leva a formação de subprodutos durante a reação, como ácidos carboxílicos e aldeídos (RIBEIRO, J. et al. 2007; MAKSIC, A.; et al. 2016). Dessa forma, esforços têm sido realizados visando o desenvolvimento de eletrocatalisadores que promovam a oxidação do etanol de forma mais rápida e completa.

Os eletrocatalisadores são capazes de acelerar uma reação química sem serem consumidos durante a reação e podem ser utilizados várias vezes, não perdendo seu poder catalítico mesmo após o fim do processo (ROCA-AYATS, M.; et al. 2018; MAKSIC, A.; et al. 2016; JU, K. et al, 2019; LIMA, F. H. B.; GONZALEZ, E. R.; 2008).

Os eletrocatalisadores utilizados em oxidação de álcool são normalmente constituídos por platina, um metal nobre, e a ela combinado um ou mais metais, o que reduz os custos, formando ligas metálicas com elevados poderes catalíticos (MAKSIC, A.; et al. 2016; LIMA, F. H. B.; GONZALEZ, E. R.; 2008; GRANJA, D. S. S et al., 2015)

Antes de serem aplicados no processo de oxidação de álcool os eletrocatalisadores produzidos são caracterizados fisicamente através de uma variedade de técnicas como Difração de Raios X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) e Energia Dispersiva de Raios X (EDX). Após serem caracterizados fisicamente, os eletrocatalisadores são caracterizados eletroquimicamente através de técnicas como Voltametria Cíclica (VC), Stripping de CO, Cronoamperometria, Espectrometria Eletroquímica Diferencial on-line (DEMS), dentre outras técnicas capazes de fornecer informações muito importantes sobre os mecanismos que envolvem todo o processo oxidativo do álcool submetido a análise.

1.1 Oxidação de Etanol em Células a Combustível

Dentre os álcoois estudados para o aplicação direta em células a combustível (Tabela 1), o etanol é o que mais se destaca, principalmente por ser muito energético, pouco tóxico quando comparado ao metanol, além de poder ser produzido em grande quantidade por meio de fermentação de biomassa, o que permite maior sustentabilidade ambiental e econômica (FADZILLAH, D. M. et al., 2019; ÇELEBI, Y.; AYDIN, H. 2019; ROCA-AYATS, M.; et al. 2018; RIBEIRO, J. et al. 2007; MAKSIC, A.; et al. 2016; CASTAGNA, R. M. et al., 2019). Na Tabela 1, temos os diferentes tipos de células a combustível, classificadas conforme o eletrólito utilizado (WENDT, H.; GOTZ, M.; LINARDI, M., 2000)

Tipo (Espécie eletrolítica)	Faixa de temperatura °C	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
Alcalina/AFC (OH^-)	60 - 0	✓ Alta eficiência	✓ Sensível a CO_2 ✓ Gases ultra puros	✓ Espaçonaves ✓ Aplicações militares
Membrana/PEMFC (H_3O^+)	80 - 90	✓ Alta densidade de corrente ✓ Flexível	✓ Custo da membrana ✓ Contaminação do catalisador com CO	✓ Veículos automotores ✓ Espaçonaves
Acida/PAFC (H^+)	160 - 200	✓ Mais tecnológica	✓ Sensibilidade a CO_2 ✓ Controle da porosidade do eletrodo	✓ Unidades estacionárias ✓ Cogeração de eletricidade/calor
Carbonatos fundido/MCFC (CO_3^{2-})	650 - 700	✓ Tolerante a CO/CO_2	✓ Problemas de materiais ✓ Interface trifásica	✓ Unidades estacionárias ✓ Cogeração de eletricidade/calor
Cerâmicas/SOFC (O^{2-})	800 - 900	✓ Alta eficiência	✓ Problema de materiais ✓ Expansão térmica	✓ Unidades estacionárias ✓ Cogeração de eletricidade/calor

Tabela 1: Tipos de células a combustível

Fonte: próprio autores (2019)

A oxidação do etanol ocorre a potenciais baixos, com espécies adsorvidas na

superfície do eletrodo de trabalho que levam a formação de acetaldeído e ácido acético como produtos principais (RIBEIRO, J. et al. 2007; MAKSIC, A.; et al. 2016). Mesmo com todas propriedades atrativas que o etanol possui, encontrar um eletrocatalisador que permita sua completa oxidação para a transferência de 12 elétrons por molécula de etanol é um grande desafio.

O processo de oxidação eletroquímica do etanol é muito lento (MAKSIC, A.; et al. 2016), por isso, estudos têm sido realizados buscando o desenvolvimento de eletrocatalisadores que possam ser usados na oxidação deste álcool, sendo os eletrocatalisadores a base de platina os mais estudados (ROCA-AYATS, M.; et al. 2018; MAKSIC, A.; et al. 2016; LIMA, F. H. B.; GONZALEZ, E. R.; 2008; GRANJA, D. S. S et al., 2015). A platina é um material que possui elevado poder catalítico, porém, não oxida a molécula de monóxido de carbono (CO) a dióxido de carbono (CO₂) em potenciais baixos, necessitando o uso de um segundo metal junto a ela, o que possibilita a oxidação do CO à CO₂ em potenciais menores. (MAKSIC, A.; et al. 2016; LIMA, F. H. B.; GONZALEZ, E. R.; 2008; GRANJA, D. S. S et al., 2015).

O uso de metais junto a platina como ródio, molibdênio, cobre, ouro, estanho, rutênio possibilita o aumento da adsorção de espécies oxigenadas pela a ativação das moléculas de água, o que permite a oxidação de CO à CO₂ em baixos potenciais, através do mecanismo bifuncional ou do efeito eletrônico (CASTAGNA, R. M., 2019; ZHOW, W. J. et al. 2005; ZHANG, J. et al. 2005).

Neste contexto, é de extrema relevância estudos que viabilizem o processo de oxidação de etanol, fazendo uso do desenvolvimento de eletrocatalisadores ativos em potenciais desejáveis tecnologicamente para células a combustível. Para tanto, a realização de uma revisão literária afim de avaliar o estado da arte é de extrema importância para conduzir o leitor aos aspectos mais importantes quando se fala em oxidação de etanol para uso em células a combustível.

2 | METODOLOGIA

Como procedimentos utilizou-se pesquisa bibliográfica, considerando o estudo de artigos científicos que tratam do tema, além de um levantamento realizado através de livros textos bases para fundamentação da pesquisa.

Para o levantamento dos artigos publicados nas Revistas revisadas por pares foi realizada uma pesquisa por publicações na base de dados na Plataforma Sucupira que está disponível no site da Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Selecionando publicações entre 2014 a 2019, após a etapa de seleção dos periódicos, procederemos uma busca minuciosa de artigos que contemplem as palavras-chaves “Oxidation of alcohol, Ethanol, Fuel cell”. A pesquisa foi realizada no mês de julho de 2019.

Os artigos selecionados foram analisados através de uma prévia leitura dos títulos e das palavras-chave nos materiais escolhidos e posteriormente dos resumos e

metodologias empregadas para averiguar se as temáticas abordadas eram pertinentes à elaboração dessa pesquisa. Realizou-se então, a categorização dos artigos por meio da análise interpretativa do conteúdo contido no percurso metodológico dos mesmos e serão apresentados nos resultados da pesquisa. Também foram utilizados livros textos base para discussão dos resultados apresentados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados resultados das buscas dos artigos por diferentes autores em trabalhos acadêmicos e científicos relacionados a linha de pesquisa aqui relacionada. A partir dos aspectos levantados pela revisão literária, analisamos e apresentamos os resultados das buscas, as quais serviram para conduzir a exposição e discussão dos resultados aqui apresentados.

Uma avaliação dos indicadores de produção acadêmico/científico no mundo e a contribuição do Brasil foi obtida pela busca de publicações na base de dados Portal periódico Capes. Esta é uma ferramenta online de avaliação de pesquisa personalizada que compila dados bibliográficos e de citações da Web of Science multidisciplinar. Foram utilizadas as palavras-chave “oxidation and Ethanol” e foram encontradas 3.744 publicações na modalidade “journal”. Refinou-se então a busca selecionando-se “electrochemistry and oxidation and Ethanol and fuel cell” e o número de artigos reduziu para 246 artigos. Foram considerados apenas artigos publicados entre 2014 a 2019. Observa-se o crescimento continuado e o interesse em pesquisas sobre oxidação eletroquímica de etanol (Figura 1), principalmente na área de química onde dos 246 artigos, 191 são especificamente abordados em fontes de química.

Após a análise dos artigos publicados constata-se a importante participação e um crescimento da produção científica do Brasil na área para as publicações em periódicos indexados em bases de dados consolidadas no período de 2014 a 2019 (Figura 1). O crescimento observado indica que o esforço da comunidade acadêmico/científica na produção e divulgação do conhecimento tem contribuído para o avanço da ciência, com reflexos no desenvolvimento econômico, social e cultural do país. A avaliação deste desempenho mostra que as atividades de pesquisa e tecnologia caminham concomitantemente com o fortalecimento do Sistema Nacional de Pós-graduação do Brasil.

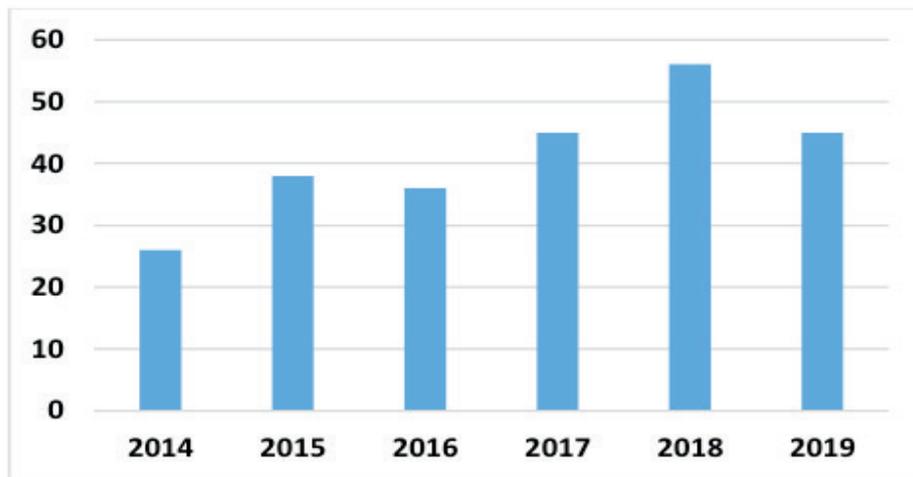


Figura 1: Relação de número de trabalhos publicados versus Ano

Fonte: Próprio autores (2019)

Observa-se ainda que a Eletroquímica tem desempenhado papel importante na resposta aos desafios do mundo contemporâneo. Sua grande contribuição no desenvolvimento de novos materiais, novas formas de energia, estudos de superfície e de reações, etc.. tem resultado em grandes avanços no mundo cotidiano na área de células a combustível. Além das contribuições ao estudo da termodinâmica e cinética de reações, conversão de energia, síntese e modificação de compostos químicos, ainda tem demonstrado grande aplicabilidade no desenvolvimento de novos métodos eletrocatalíticos.

Dessa forma, a seguir serão apresentados os principais materiais e técnicas utilizados na oxidação de álcool para uso em células a combustível citando alguns dos trabalhos que foram encontrados na pesquisa e que consideramos como sendo representativos, também pela quantidade de citações realizadas por pares quando analisados.

3.1 Métodos de preparo de eletrocatalisadores

3.1.1 Método de bonnemann

O método de Bonnemann, também conhecido como método coloidal, é empregado para a obtenção de eletrocatalisadores mistos, com três ou quatro metais suportados em carvão ativado. O método pode ser aplicado para a obtenção de nanopartículas a base de platina, formando ligas com outros metais como Sn, Rh, W, Ru, Ni, Mo e demais elementos de transição. Tal método consiste no preparo de um sistema coloidal em meio inerte e com condições controladas, além de uso de solventes e sais anidros, o que torna o método muito dispendioso. Estudos revelaram (FRANCO, E. G. et al, 2002) que as nanopartículas obtidas através do método de Bonnemann apresentavam-se bem distribuída sobre o carvão e possuíam dimensões de aproximadamente 2 nm, características esperadas para bons eletrocatalisadores (SPINACÉ, E. V. et al. 2004).

3.1.2 Método da deposição espontânea

O método da Deposição Espontânea é um método que visa a redução do uso de metais nobres como a platina, o que torna o método menos oneroso. O método de preparo de eletrocatalisadores consiste na deposição espontânea de platina sobre nanopartículas de rutênio ou outros metais, suportados em carbono, sem haver a necessidade de aplicação de um potencial externo. Inicialmente, as nanopartículas suportadas em carbono são tratadas em ambiente inerte e sobre condições controladas, em seguida, o sistema é resfriado e imerso em soluções contendo cloreto de platina. (SPINACÉ, E. V. et al. 2004).

Waszczuk, P. e colaboradores (2001) obtiveram bons resultados com os eletrocatalisadores produzidos pelo método da Deposição Espontânea, os mesmos mostraram-se duas vezes mais ativos quando comparados com eletrocatalisadores comerciais.

3.1.3 Método da decomposição de precursores moleculares

O método da Decomposição de Precursores Moleculares faz uso de clusters ou complexos bimetálicos como precursores das nanopartículas, o que viabiliza um controle mais rigoroso no tamanho, dispersão e composição das nanopartículas obtidas. Nashner, M. S. et al. (1997) obtiveram eletrocatalisadores, preparados a partir do cluster $\text{PtRu}_5\text{C}(\text{CO})_{16}$, com dimensões bastante reduzidas, variando entre 1,0 e 1,5 nm. Dickinson e colaboradores também obtiveram excelentes eletrocatalisadores preparados pelo método da Deposição de Precursores Moleculares (SPINACÉ, E. V. et al. 2004).

3.1.4 Método da redução por álcool

O método, desenvolvido por Toshima e Yonezawa (1998) consiste em um sistema em refluxo, de solução alcoólica incluindo o íon metálico na presença de uma agente estabilizante, o que forma as nanopartículas metálicas equivalentes. Este método apresenta muitas vantagens: como alta reprodutibilidade; baixo custo; as nanopartículas obtidas apresentam-se bem distribuídas; controle no tamanho das nanopartículas através escolha do álcool utilizado, temperatura de redução, concentração do íon metálico e variedade do agente estabilizante; as nanopartículas obtidas são bastante estáveis (SPINACÉ, E. V. et al. 2004). Cardoso, Z. S. (2018) obteve excelentes resultados em estudos de oxidação de etanol para uso em célula a combustível usando eletrocatalisadores a base de platina, produzidos pelo método de redução por álcool.

3.2 TÉCNICAS EMPREGADAS NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ELETROQUÍMICA DE ELETROCATALISADORES

3.2.1 Caracterizações físico-químicas

Há uma grande variedade de técnicas que permitem a caracterização físico-química de nanopartículas, dentre elas, elencamos a Difração de Raios X (DRX), A Microscopia Eletrônica de Raios X (MEV), A Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) e a Energia Dispersiva de Raios X (EDX) como aquelas mais aplicadas na caracterização de eletrocatalisadores. Ressaltamos que cada técnica é única e uma complementa a outra. Assim, aqui apontamos algumas das principais informações que essas técnicas podem fornecer.

Com os dados obtidos a partir do DRX é possível estimar os tamanhos dos cristalitos e parâmetros de rede dos eletrocatalisadores. O MET, devido a sua elevada resolução e poder de ampliação, permite examinar a morfologia e distribuição das nanopartículas de forma bem profunda e detalhada. Já o MEV por sua vez, permite analisar a morfologia da superfície dos eletrocatalisadores, e com o EDX é possível estimar as composições atômicas dos metais que compõem os eletrocatalisadores (JU, K. et al.2019; BRETT, A. M. O.; BRETT, C. M. A. 1996).

3.2.2 Caracterizações eletroquímicas

A Voltametria Cíclica constitui-se em uma técnica de polarização potenciodinâmica muito difundida em eletroquímica e eletroanalítica. Esta técnica consiste basicamente em variar o potencial do eletrodo de trabalho de forma linearmente, em uma faixa de potencial previamente definida e com velocidade de varredura constante. Assim, o voltamograma cíclico é obtido, uma curva de potencial em função da corrente, que possibilita analisar as reações de transferência de elétrons que ocorrem na superfície do eletrodo, bem como a identificação de espécies presentes em solução e para a análise semiquantitativa de velocidades de reação (BRETT, A. M. O.; BRETT, C. M. A. 1996; TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. 2005; BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. 2000). A Figura 2 mostra um exemplo do perfil de voltamogramas cíclicos de eletrocatalisadores a base de Pt/C e Pt80Sn20/C.

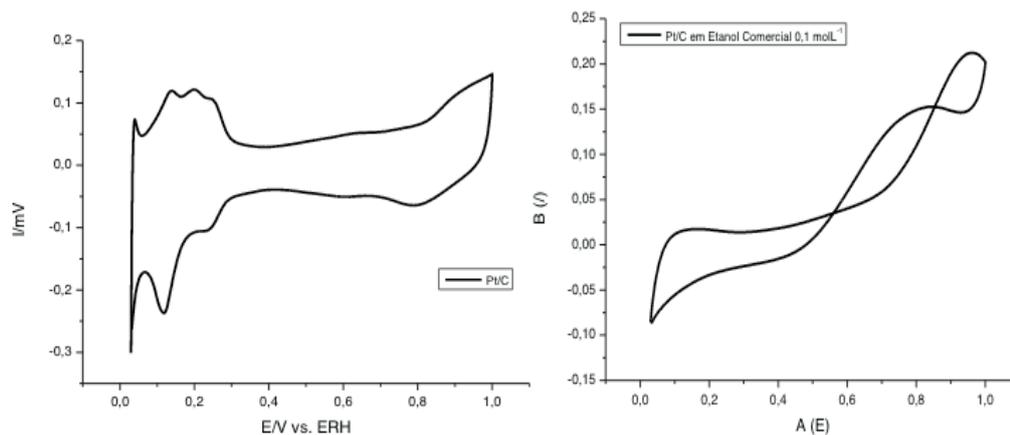


Figura 2. Perfil de Voltamogramas cíclicos para o electrocatalisador de Pt/C em meio a H_2SO_4 , 0.5 mol L^{-1} , com velocidade de varredura de 10 mVs^{-1} , (A) ausência de etanol (B) presença de etanol comercial a 0.1 mol L^{-1} .

Fonte: Retirado de CARDOSO, Z. S. et al., 2018.

A Cronoamperometria é mais uma técnica eletroquímica muito utilizada em estudos eletroquímicos. Essa técnica objetiva analisar a estabilidade dos valores de corrente de um determinado eletrodo em função do tempo, seu princípio baseia-se em fazer uma transição de potencial no eletrodo, a começar de um potencial onde não haja circulação de corrente no sistema, transpassando rapidamente para um potencial em que se almeja verificar as reações, ou seja, no limite difusional, onde situa-se a corrente de redução (TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. 2005). Exemplos de como a técnica foi aplicada afim de avaliar a eficiência do eletrodo podem ser vistos em artigos como GRANJA, D. e colaboradores 2015, CASTAGNA, R. M. et al. 2019; ZHOW, W. J. et al 2005; dentre outros, como demonstrado na Figura 3.

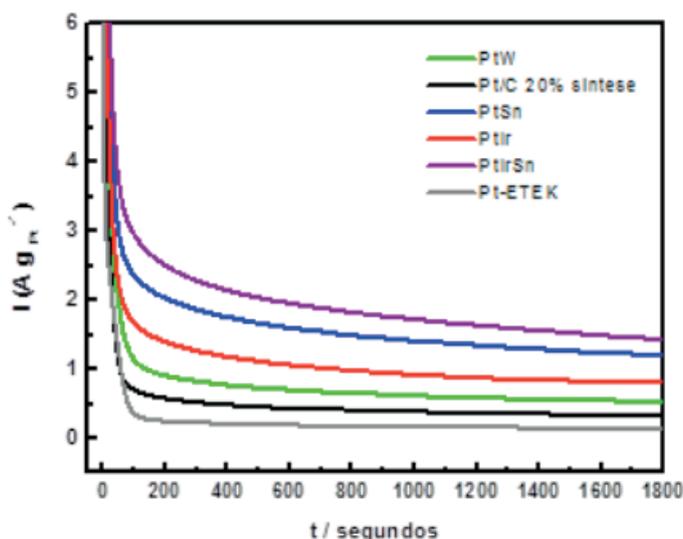


Figura 3: Curvas cronoamperométricas para eletro-oxidação de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ EtOH em $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ H_2SO_4 sobre os eletrodos de Pt/C 20% E-TEK, Pt/C 20%, Pt80Ir20/C, Pt80W20/C, Pt80Sn20/C, Pt60Ir10Sn30/C em $0,4 \text{ V vs. ERH}$, deaeradas com N_2 .

Fonte: Retirado de GRANJA, D. S. S.; SILVA, L. M.; RODRIGUES, I. A. 2015.

O Stripping de CO consiste na oxidação eletroquímica de uma monocamada de CO adsorvido na superfície do eletrodo durante uma voltametria de varredura cíclica (Figura 4A). Tal técnica permite o fornecimento de informações como a carga necessária para a oxidação do CO adsorvido sobre o eletrodo durante uma varredura no sentido anódico e estimativas acerca da área ativa dos eletrodos (NART, F. C.; VIELSTICH, W.2003).

A Espectrometria de Massas Eletroquímica Diferencial on-line ou simplesmente DEMS é uma técnica eletroquímica utilizada para a identificação de produtos voláteis oriundos de reações eletroquímicas de oxidação do álcool (SUN, S. et al. 2009; BALTRUSCHAT, H.2004; RODRIGUES, I. A.; BERGAMASKI, K.; NART, F. C. 2003). Além da identificação dos produtos formados através de moléculas marcadas, esta técnica fornece indícios de como funcionam os mecanismos de reação, por meio da identificação dos intermediários gerados. Os fragmentos formados são identificados por meio da razão entre a massa (m) e a carga (z), que são geradas em cada espécie por um espectrômetro de massas. Dessa forma, a partir da razão entre m/z , pode-se precisar quais as espécies decorrentes da oxidação e redução de diversas substâncias eletroanalíticas. Como pode-se observar na Figura 4B e 4C são exemplos do registro da técnica. O sistema DEMS fornece os chamados voltamogramas cíclicos de massas, que são os sinais de massa registrados concomitantemente com o voltamograma cíclico (SUN, S. et al. 2009; BALTRUSCHAT, H.2004; RODRIGUES, I. A.; BERGAMASKI, K.; NART, F. C. 2003).

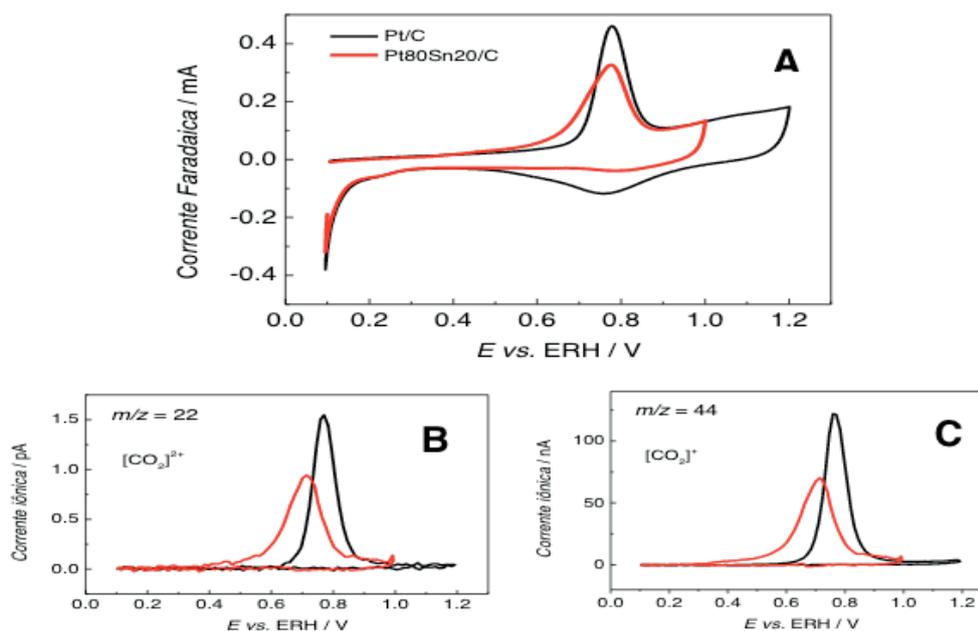


Figura 4. A) Correntes faradaicas do stripping de CO para eletrocatalisadores Pt/C (preto) e Pt80Sn20/C (vermelho) em meio H₂SO₄ 0,5 molL⁻¹ e B) e C) correntes iônicas para os sinais de ($m/z = 22$) e ($m/z = 44$), respectivamente.

Fonte: Retirado de CARDOSO, Z. S. et al., 2018.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo com esse breve capítulo foi chamar a atenção para a importância que a geração de energia elétrica proveniente de fontes alternativas e renováveis tem para nós seres humanos, tendo em vista que necessitamos de fontes de energia variáveis e sustentáveis. Assim, é evidente e de suma importância o desenvolvimento de novas tecnologias que possam aprimorar os atuais sistemas de células a combustível, levando-as a um rendimento máximo em termos de conversão de energia.

Dessa forma, o que pode ser observado através do estudo aqui realizado é que cientistas no mundo todo estão engajados em pesquisas que visam o aperfeiçoamento dos métodos de preparo e caracterização dos eletrocatalisadores aplicados nos processos de oxidação de álcool para uso em célula a combustível, isso demonstrado através dos resultados da busca de publicações de artigos revisados por pares que apresentaram um aumento anual em publicações sobre o tema relacionado.

Dessa forma, a pesquisa por novos métodos e materiais para a oxidação de glicerol mostra-se promissora e relevante para contribuição para o avanço da ciência, com reflexos no desenvolvimento econômico, social e cultural do país.

REFERÊNCIAS

BALTRUSCHAT, H. Differential electrochemical mass spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, v. 15, n. 12, p. 1693-1706, 2004.

BARD, A. J.; FAULKNER, L. R. *Electrochemical methods: principles and applications*. New York: John Wiley, 2000, p. 226.

BRETT, A. M. O.; BRETT, C. M. A. *Electroquímica, princípios, métodos e aplicações*, reimpressão, Livraria Almedina, Coimbra, 1996.

CAMARA, G. A.; IWASITA, T. Parallel pathways of ethanol oxidation: the effect of ethanol concentration. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 578, p. 315-321, 2005.

CARDOSO, Z. S. RODRIGUES, I. A.; MENDONÇA, C. J. S.; RODRIGUES, J. R. P.; RIBEIRO, W. R.A.; SILVA, W. O.; MACIEL, A. P.; Evaluating The Electrochemical Characteristics Of Babassu Coconut Mesocarp Ethanol Produced To Be Used In Fuel Cells. *J. Braz. Chem. Soc.*, V. 29, N. 8, P. 1732-1741, 2018.

CASTAGNA, R. M.; SIEBEN, J. M.; ALVAREZ, A. E.; DUARTE, M. M. E.; Electrooxidation of ethanol and glycerol on carbon supported PtCu nanoparticles. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, p. 5970-5982, 2019.

ÇELEBI, Y.; AYDIN, H.; An overview on the light alcohol fuels in diesel engines. *Fuel*, v. 236, p. 890-911, 2019.

FADZILLAH, D. M.; KAMARUDIN, S. K.; ZAINOODIN, M. A.; MASDAR, M.S.; Critical challenges in the system development of direct alcohol fuel cells as portable power supplies: An overview. *International Journal of Hydrogen Energy*. V. 44, p. 3031-3054, 2019.

FRANCO, E. G.; OLIVEIRA NETO, A.; LINARDI, M.; ARICO, E.; *J. Braz. Chem.Soc.* 2002, 13, 516.

GRANJA, D. S. S.; SILVA, L. M.; RODRIGUES, I. A. Nanomateriais aplicados como eletrocatalisadores na reação de oxidação de etanol. *Revista Virtual De Química*, v. 7, n. 5, p. 1635-1650, 2015.

GREELEY, J.; NØRSKOV, J. K.; MAVRIKAKIS, M. Electronic structure and catalysis on metal surfaces. *Annual Review of Physical Chemistry*, v. 53, p. 319-348, 2002.

JU, K.; PAK, S.; RI, C.; RYO, H.; KIM, K.; SO, S.; RI, C.; RI, S.; NAM, K.; PAK, K.; QU, Y.; Ethanol electro-oxidation on carbon-supported Pt₁Mn₃ catalyst investigated by pinhole on-line electrochemical mass spectrometry. *Chemical Physics letters*, v. 727, p. 78-84, 2019.

LIMA, F. H. B.; GONZALEZ, E. R.; ethanol electro-oxidation on carbon-supported Pt-Ru, Pt-Rh and Pt-Ru-Rh nanoparticles. *Electrochimica Acta*, v. 53, p. 2963-2971, 2008.

MAKSIC, A.; SMILJANIC, M.; MILJANIC, S.; RAKOCEVIC, Z.; STRBAC, S.; ethanol oxidation on Rh/Pd(poly) in alkaline solution. *Electrochimica Acta*, v. 209, p. 323-331, 2016.

NART, F. C.; VIELSTICH, W. *Handbook of fuel cells: Fundamentals, technology and Applications. Normalization of porous active surfaces*, ©John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, v.2, parte 3, p.302-315, 2003.

RIBEIRO, J.; DOS ANJOS, D. M.; KOKOH, K. B.; COUNTANCEAU, C.; LÉGER, J. M.; OLIVI, P.; DE ANDRADE, A. R.; TREMILIOSI-FILHO, G.; carbon-supported ternary PtSn catalysts for direct ethanol fuel cell. *Electrochimica Acta*, v. 52, p. 6999-7006, 2007.

ROCA-AYATS, M.; GUILLÉN-VILLAFUERTE, O.; GARCÍA, G.; SOLER-VICEDO, M.; PASTOR, E.; MARTÍNEZ-HUERTA, M. V.; PtSn nanoparticles supported on titanium carbonitride for the ethanol oxidation reaction. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 237, p. 382-391, 2018.

RODRIGUES, I. A.; BERGAMASKI, K.; NART, F. C. Probing n-Propanol Electrochemical Oxidation on Bimetallic PtRh Codeposited Electrodes. *Journal of the Electrochemical Society*, v. 150, n. 2, p. 89-94, 2003.

SOUZA, J. P. I.; QUEIROZ, S. L.; BERGAMASKI, K.; GONZALEZ, E. R.; NART, F. C. Electro-Oxidation of Ethanol on Pt, Rh, and PtRh Electrodes. A Study Using DEMS and in-Situ FTIR Techniques. *Journal Physical Chemistry B*, v. 106, n. 38, p. 9825-9830, 2002.

SPINACÉ, E. V.; NETO, A. O.; FRANCO, E. G.; LINARDI, M.; Métodos de Preparação de Nanopartículas suportadas em carbono de alta área superficial, com eletrocatalisadores em células a combustível como membranas trocadoras de prótons. *Química Nova*, v. 27, n. 4, p. 648-654, 2004.

SUN, S.; HALSEID, M. C.; HEINEN, M.; JUSYS, Z.; BEHM, R. J. Ethanol electrooxidation on a carbon-supported Pt catalyst at elevated temperature and pressure: A high-temperature/high-pressure DEMS study. *Journal of Power Sources*, v. 190, n. 1, p. 2-13, 2009.

TICIANELLI, E. A.; GONZALEZ, E. R. *Eletroquímica: princípios e aplicações*. São Paulo: EDUSP, 2005, p.118, 121.

VIGIER, F.; CONTANCEAN, C.; HAHN, F.; BELGSIR, E. M.; LAMY, C. On the mechanism of the ethanol electro-oxidation on Pt and PtSn catalysts: electrochemical and in situ IR reflectance spectroscopy studies. *Journal Of Electroanalytical Chemistry*, v. 563, n. 1, p. 81-89, 2004.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R.; Células a Combustível: Energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova da Escola*, n. 15, 2002.

WANG, T.; QIU, S.; QIN, Y.; MA, Y.; FANG, Y.; Hydrothermal conversion of biomass to higher alcohol fuels for compression ignition engine. *Energy Procedia*, v. 158, p. 249-253, 2019.

WASZCZUK, P.; SOLLA-GULLON, J.; KIM, H. S.; TONG, Y. Y.; MONTIE, V.; ALDAZ, A.; WIECKOWSKI, A.; J. Catal. 2001, 203, 1.

WENDT, H.; GOTZ, M.; LINARDI, M. Tecnologia de Células a Combustível. Química Nova, v. 23, n. 4, p. 538-546, 2000.

WU, J.; YUAN, X. Z.; WANG, H.; BLANCO, M.; MARTIN, J. J.; ZHANG, J. Diagnostic tools in PEM fuel cell research: Part I Electrochemical techniques. International Journal of Hydrogen Energy, v. 33, n. 6, p.1735-1746, 2008.

ZHANG, J; VUKMIROVIC, M. B.; XU, Y.; MAVIRIKAKIS, M.; ADZIC, R. Controlling the catalytic activity of platinum-monolayer electrocatalysts for oxygen reduction with different substrates. Angewandte Chemie International Edition, v. 44, n. 14, p. 2132-2135, 2005.

ZHENG, Y.; YU, C.; CHENG, Y.; LEE, C.; SIMMONS, C.; DOOLEY, T.; ZHANG, R.; JENKINS, R.; VANDER GHEYNS, J.; integrating sugar beet pulp storage, hydrolysis and fermentation for fuel ethanol production. Appl. Energy, v. 93, p. 168-175, 2013.

ZHOW, W. J.; SONG, S. Q.; LI, W. Z.; ZHOU, Z. H.; SUN, G. Q.; XIN, Q.; DOUVARTZIDES, S.; TSIKARAS, P.; Direct ethanol fuel cells based on PtSn anodes: the effect of Sn content on the fuel cell performance. Journal Of Power Sources, v. 140, n. 1, p. 50-58, 2005.

USO DE LISTAS DINÂMICAS EM APLICATIVO MÓVEL PARA INTERPOLAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA DO AR, VISANDO O CONFORTO TÉRMICO

Arilson José de Oliveira Júnior

Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP,
Botucatu – SP

Silvia Regina Lucas de Souza

Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP,
Botucatu – SP

Guilherme dos Santos Sousa

Faculdade de Medicina, UNESP, Botucatu – SP

William Duarte Bailo

Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP,
Botucatu – SP

Daniel de Oliveira

Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP,
Botucatu – SP

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo desenvolver um algoritmo utilizando listas dinâmicas e interpolação de dados de temperatura do ar, visando o conforto térmico de ambientes. Análises das condições térmicas de ambientes permitem aumentar o desempenho produtivo de seus indivíduos, deste modo, o desenvolvimento e aplicação de métodos computacionais auxiliam nos processos de monitoramento e otimização do bem-estar. Um algoritmo foi criado e compilado para o sistema operacional móvel Android, com o uso do método interpolador Inverso da Distância Ponderada (IDW) e de listas dinâmicas para distribuição e execução dos

cálculos de interpolação, por meio de medidas de temperatura do ar adotadas como pontos conhecidos em uma matriz bidimensional de coordenadas x e y. O aplicativo permitiu observar a correta implementação de estruturas de listas dinâmicas e do método interpolador para criação de mapas de temperatura do ar. Outros interpoladores deverão ser codificados e testados em trabalhos futuros, tendo em vista os parâmetros de desempenho da estrutura de dados desenvolvida.

1 | INTRODUÇÃO

O desempenho produtivo na produção animal e no trabalho do homem possui grande relação à confortabilidade térmica dos ambientes. O alcance da melhor performance genética dos animais, por exemplo, está diretamente relacionado ao microclima fornecido durante todos os estágios de sua vida (ASHRAE, 2010). Ao longo dos anos as causas e os efeitos de condições estressantes foram investigados e medidos por diversos autores, diante disso foram criados índices de conforto térmico para melhor compreender o comportamento do homem diante de condições de estresse térmico, o que permitiu, posteriormente, além do homem, quantificar e determinar limites convenientes de parâmetros meteorológicos para diferentes

animais (THOM, 1959; BUFFINGTON et al., 1983; TAO E XIN, 2003). Os índices, em grande parte, baseiam-se nas medidas de temperatura do ar e umidade relativa, mais adiante outras variáveis foram implementadas considerando-as como relevantes nos processos de determinação dos limiares de conforto e estresse térmico.

Com o avanço tecnológico as aplicações dos índices para efeitos de avaliação e monitoramento das condições térmicas dos ambientes foram feitas por meio de programas de computador, com o auxílio de dispositivos eletrônicos. Em suma, os dispositivos são responsáveis pela coleta e armazenamento dos dados meteorológicos e os *softwares* pelos cálculos das equações que delimitam as condições de conforto. Todavia, os processos de configuração, disposição, leitura e tratamento dos dados em tais ferramentas exigem conhecimentos específicos para sua realização. O que acaba por limitar, muitas vezes, análises de ambiência a grupos restritos que possuem habilidades computacionais e/ou de manipulação de dados.

A técnica de interpolação é um dos fundamentos da área de geoestatística, que passou a ser empregada em análises das condições térmicas de ambientes. Interpoladores como Inverso da Distância e Krigagem, são amplamente utilizados na criação de mapas temáticos (MIRANDA, 2010). Assumindo a hipótese de que os parâmetros meteorológicos utilizados nos índices de conforto térmico possuem dependência espacial, a geoestatística passou a ser aplicada no desenvolvimento de mapas de parâmetros únicos, como temperatura e umidade relativa do ar, e dos próprios índices de conforto.

O desenvolvimento de algoritmos utilizando métodos computacionais eficazes é de grande relevância para o estudo das condições térmicas de ambientes, pois permitem que os recursos de hardware sejam otimizados mediante estruturas de programas mais inteligentes, proporcionando maior adesão entre os usuários. Desta forma, este trabalho teve por objetivo desenvolver um algoritmo de distribuição e interpolação de dados utilizando listas dinâmicas, visando o conforto térmico animal.

2 | METODOLOGIA

2.1 Inserção de dados

A etapa inicial do processo de criação dos mapas de temperatura do ar é definida pela inserção de dados. O usuário deve informar, obrigatoriamente, medidas de temperatura do ar em um dado referencial cartesiano (e , em cm), sendo estes os pontos conhecidos. Assim, o algoritmo permite que os métodos computacionais, mediante a função de interpolação, realizem os cálculos para geração da malha de pontos. Um exemplo de configuração de um ponto conhecido é o método: *configArray(int sensor, int x, int y)*.

2.2 Método interpolador

A base da implementação dos métodos de lista dinâmica e da instanciação das classes fundamentais para o armazenamento dos dados e sua interpolação, a fim de criar os mapas temáticos de temperatura do ar, foi a aplicação do método interpolador Inverso da Distância Ponderada – IDW (Inverse Distance Weighted), apresentado na Eq. (1), segundo Isaaks e Srivastava (1989) e Molin, Amaral e Colaço, (2015).

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

Em que z é o valor estimado para o ponto z , n é o número de amostras, z_i os valores conhecidos, d_i a distância entre o valor conhecido e o estimado (z_i e z) e $p=2$.

O interpolador IDW assume que objetos que estão próximos um do outro são mais semelhantes do que aqueles que estão mais distantes, sendo “ p ” o parâmetro que determina a influência dos valores que estão mais próximos ao ponto interpolado (MIRANDA, 2010). Para aplicação desse tipo de interpolador deve-se assumir que os pontos interpolados foram estimados considerando que no ambiente apenas os pontos conhecidos influenciam nos valores estimados. Quanto mais distante se encontra um valor a ser estimado dos valores conhecidos, menor será a influência dos valores conhecidos no ponto a ser estimado. Ao considerar o quadrado da distância ($p=2$), os pontos conhecidos possuem maior influência sobre os dados estimados próximos a este. Não há qualquer regra para o valor da potência utilizada nas distâncias, porém o inverso do quadrado da distância apresenta-se como o mais usual para o interpolador (MIRANDA, 2010).

2.3 Funções de cálculo de pontos desconhecidos

A fim de organizar os dados e definir uma forma de posicionamento dos pontos conhecidos, seis variáveis foram definidas como entrada para realização dos cálculos do método do inverso da distância, por meio de Pontos Fixos Equidistantes – PFE, sendo: 1. Número de sensores; 2. Número de linhas (de pontos conhecidos, Num_l); 3. Número de colunas (de pontos conhecidos, Num_c); 4. Largura do ambiente (L_a , cm); 5. Comprimento do ambiente (C_o , cm) e 6. Equidistância dos sensores no ambiente (E_q , cm). O modo de PFE torna o processo de criação dos mapas mais prático ao usuário, visto que por meio desse método faz-se necessário a inserção do número de sensores, número de linhas e colunas onde se encontram os pontos conhecidos, o tamanho do ambiente a ser analisado e a equidistância dos sensores (cm). A partir dessas variáveis o aplicativo define o arranjo físico dos pontos conhecidos e as distâncias entre os valores conhecidos e estimados. O modo de PFE considera que na intersecção das linhas e colunas informadas pelo usuário, é onde se encontram os pontos conhecidos.

O número de linhas e colunas total (em toda a malha imaginária do mapa) é obtido por meio das equações: Eq. (2) e (3):

$$N_{linhas} = \left[\left(\frac{E_q}{k} \right) \times \left(\frac{Num_s}{Num_c} + 1 \right) \right] + Num_l \quad (1)$$

Em que N_{linhas} é o número de linhas, E_q a equidistância dos sensores (cm), $k=1$ (constante da distância de interpolação, cm), Num_s o número de sensores e Num_c o número de colunas.

$$N_{colunas} = \left[\left(\frac{E_q}{k} \right) \times \left(\frac{Num_s}{Num_l} + 1 \right) \right] + Num_c \quad (2)$$

Em que $N_{colunas}$ é o número de colunas, E_q a equidistância dos sensores (cm), $k=1$ (constante da distância de interpolação, cm), Num_s o número de sensores e Num_l o número de linhas.

Obeve-se a distância entre pontos conhecidos e interpolados mediante o espaço euclidiano entre eles, métrica definida pela distância entre dois pontos como o comprimento do segmento de reta que os conecta. Assumindo que os mapas de índices de conforto térmico, nesse caso, são caracterizados em duas dimensões apenas (x e y), seguindo os modelos apresentados por Faria et al. (2008), a distância bidimensional foi computada de acordo com a Eq. 4 para os pontos $P(p_x, p_y)$ e $Q(q_x, q_y)$, provada também pela aplicação do teorema de Pitágoras.

$$d = \sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad (4)$$

Em que d é a distância bidimensional.

A aplicação da Eq. 4 em termos de valores conhecidos e estimados, foi realizada mediante a separação das distâncias entre valores conhecidos e estimados inicialmente para o eixo x e posteriormente para o eixo y. A Eq. (5) apresentada o cálculo da distância entre um valor conhecido e estimado para o eixo x.

$$D_j = j_p - j \quad (5)$$

Sendo D_j a distância entre o valor conhecido e o estimado para o eixo x (cm), a posição do valor conhecido no eixo x da matriz (cm) e j a posição do valor desconhecido no eixo x da matriz (cm).

Já a Eq. (6) apresenta o cálculo da distância entre um valor conhecido e estimado para o eixo y.

$$D_i = i_p - i \quad (6)$$

Em que D_i é a distância entre os valores conhecidos e o estimado para o eixo y, i_p a posição do valor conhecido no eixo y da matriz (cm) e i a posição do valor desconhecido no eixo y da matriz (cm).

Por fim, a distância entre o valor conhecido e o estimado é dada pela Eq. (7):

$$h = \sqrt{(D_j)^2 + (D_i)^2} \quad (7)$$

Sendo h a distância entre valor conhecido e o estimado (cm), D_j a distância entre valor conhecido e o estimado para o eixo x (cm) e D_i a distância entre valor conhecido e o estimado para o eixo y (cm).

Além do PFE o usuário pode gerar um mapa de pontos interpolados mediante o modo de Pontos Fixos Aleatórios (PFA). Desta forma, existe a necessidade de o usuário definir as coordenadas x e y em que os sensores foram dispostos dentro do galpão. No PFA não há a necessidade de descrever as equidistâncias entre os sensores, visto que os mesmos não mais estarão distribuídos uniformemente na instalação.

2.4 Método computacional

Um dos fundamentos da implementação do algoritmo para o cálculo e geração dos mapas de temperatura do ar, foi o uso de alocação dinâmica de memória. Sabe-se que a alocação de memória mediante meios estáticos comumente resulta em ociosidade ou estouro de pilha (*stack overflow*), o que é resolvido com métodos de alocação dinâmica. O dinamismo, nesse contexto, permite que espaços sejam reservados quando requeridos e eliminados quando não são mais necessários. A codificação de uma lista dinâmica como algoritmo de resolução das etapas necessárias para a obtenção dos mapas de temperatura do ar, se deu mediante o uso da classe `ArrayList`, presente no pacote `java.util` da linguagem de programação orientada a objetos Java (SIERRA e BATES, 2005). Esta classe é uma *array* redimensionável, que ao contrário das matrizes e vetores comuns, permite a adição e remoção de elementos a qualquer momento. Na Figura 1 é apresentada a estrutura hierárquica da classe `ArrayList` em um diagrama de classe simplificado.

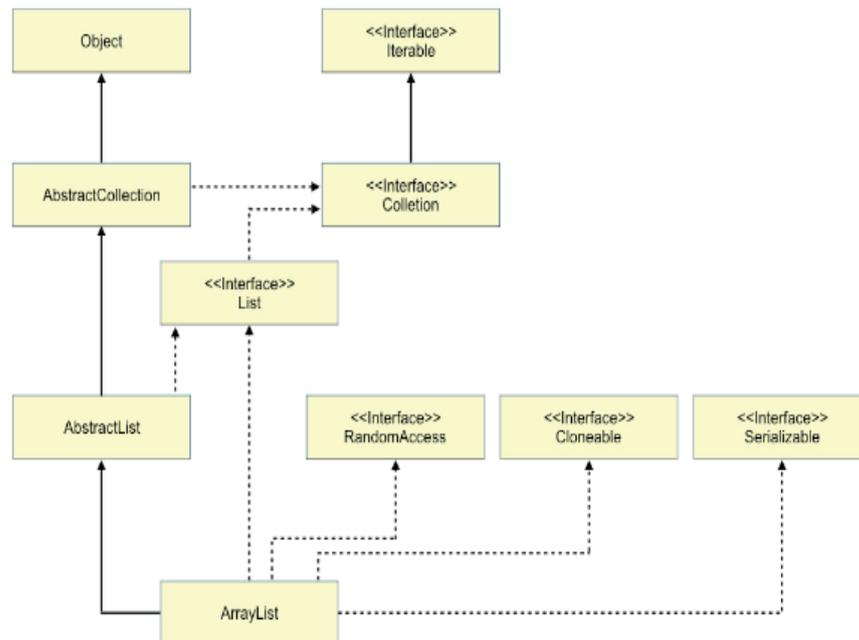


Figura 1. Representação em diagrama de classe simplificado da hierarquia da classe ArrayList, do pacote java.util

A classe ArrayList possui métodos muito úteis no gerenciamento dos objetos nela armazenados, como por exemplo, `add(Object elem)` – adição de objetos na lista, `remove(int index)` – remoção de um objeto pelo parâmetro de índice, `remove(Object elem)` – remoção deste objeto na lista, `contains(Object elem)` – retorna verdadeiro ou falso para o parâmetro de objeto fornecido, `isEmpty()` – retorna verdadeiro se a lista está vazia, `indexOf(Object elem)` – retorna o índice do objeto ou -1, `size()` – mostra o número de elementos presentes na lista e `get(int index)` – retorna o objeto alocado no índice fornecido. Alguns desses métodos foram utilizados no algoritmo de interpolação.

2.4 Validação

Para a validação do algoritmo desenvolvido uma instalação de tamanho 6 x 12 m, localizada no município de Botucatu/SP, foi utilizada para medição de temperatura do ar pelo sensor AM2302 (AOSONG, 2019). Ao todo seis sensores foram inseridos no ambiente com as seguintes configurações de distribuição: $S_1(150,300)$, $S_2(150,600)$, $S_3(150,900)$, $S_4(450,300)$, $S_5(450,600)$ e $S_6(450,900)$. Considerando: $S_n(x,y)$ em cm.

3 | RESULTADOS

3.1 Listas dinâmicas: codificação e carregamento

Toda a organização das medidas de temperatura, na qual os métodos de configuração da distribuição dos pontos conhecidos foram realizados (PFA e PFE), foi codificada utilizando duas listas principais: `ArrayList<Sensores>` e `ArrayList<double[]>`. Assim, de forma dinâmica, as configurações de cada ponto conhecido foram

armazenadas na primeira lista, mediante a instanciação da classe chamada Sensores. Tais configurações compreendem, o valor de temperatura, número do sensor e sua posição (x e y). Previamente ao cálculo das distâncias dos pontos conhecidos, através dos valores de configuração do layout fornecidos pelo usuário, as dimensões de uma matriz bidimensional correspondente ao ambiente a ser avaliado foram armazenadas. Desta forma, a segunda lista dinâmica foi codificada utilizando-se as dimensões de uma matriz bidimensional, em que os valores das distâncias de cada sensor em relação a cada ponto da matriz foram armazenados. Como implementação inicial foi adotado uma distância de 30 cm entre os pontos desconhecidos.

A Figura 2 ilustra o conteúdo da lista dinâmica das matrizes de distâncias.

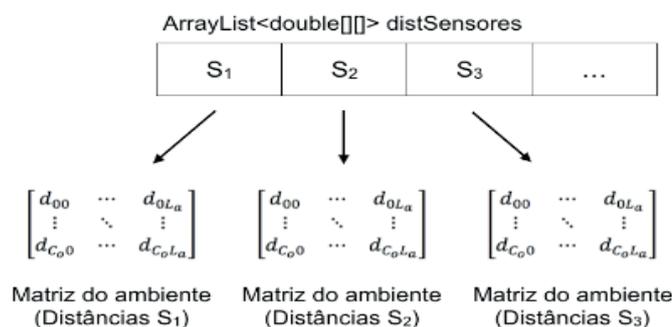


Figura 2. Lista dinâmica das matrizes bidimensionais das distâncias dos sensores

3.2 Aplicativo Aurora

A partir dos parâmetros de aquisição e manipulação dos dados predefinidos pelas funções de cálculo das distâncias entre os pontos conhecidos e interpolados, os algoritmos desenvolvidos foram compilados para o sistema operacional móvel Android (GOOGLE, 2019). Pode-se visualizar os mapas de temperatura do ar para diferentes ambientes, mediante a criação do aplicativo chamado Aurora, disponível para download em português e inglês pelo link <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.olvappaurora>.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os fluxos de entrada, processamento e saída de dados no aplicativo Aurora.

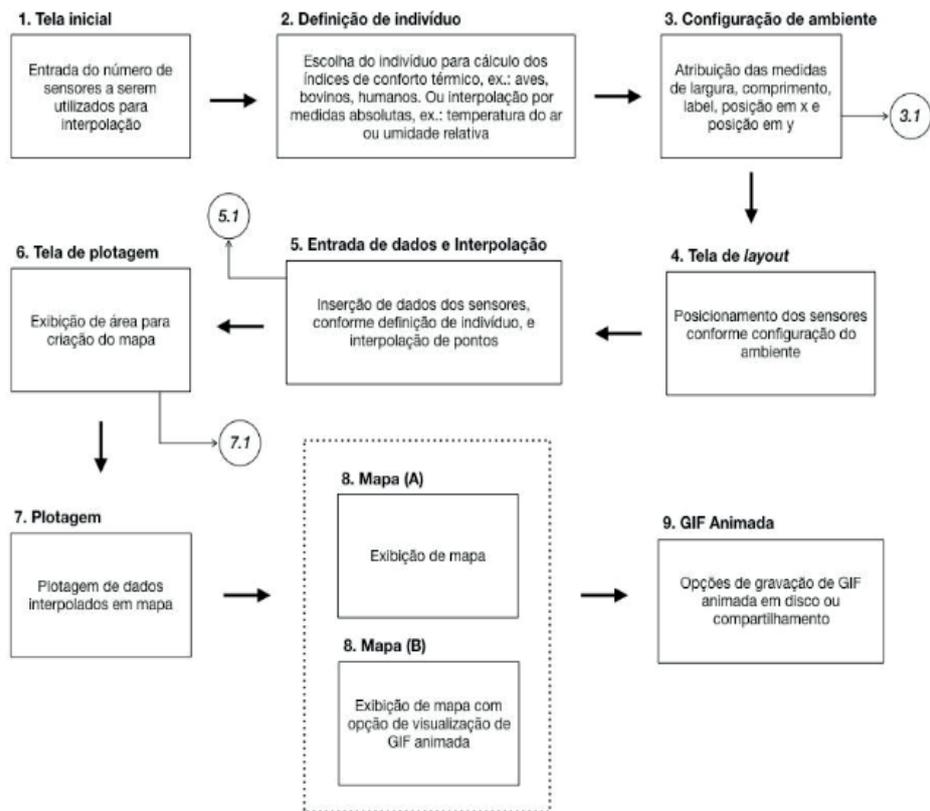


Figura 3. Fluxograma de entrada e saída de dados, aplicativo Aurora

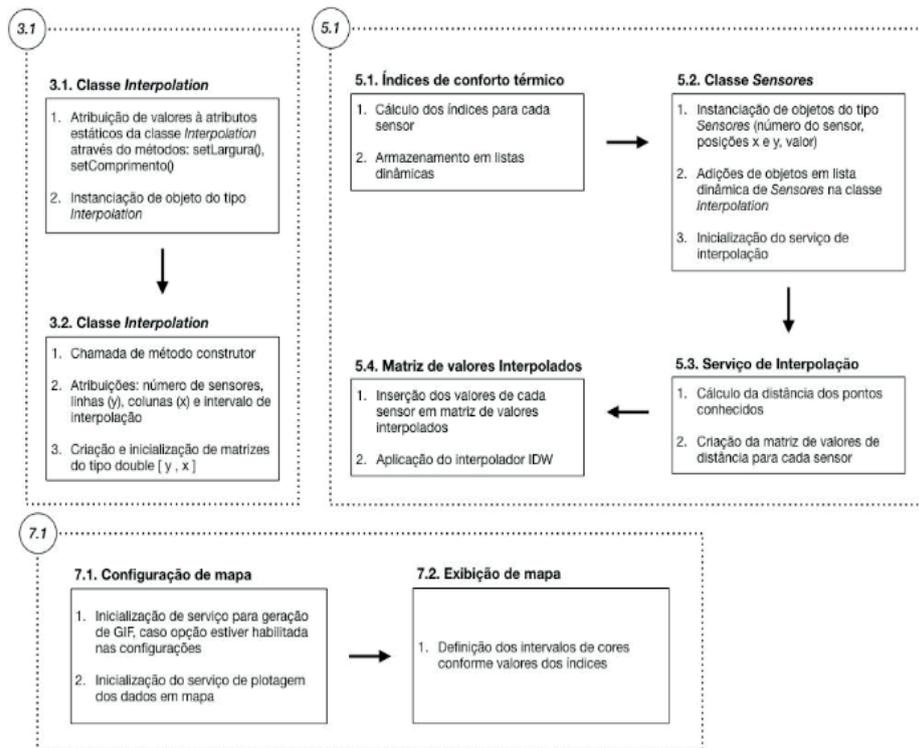


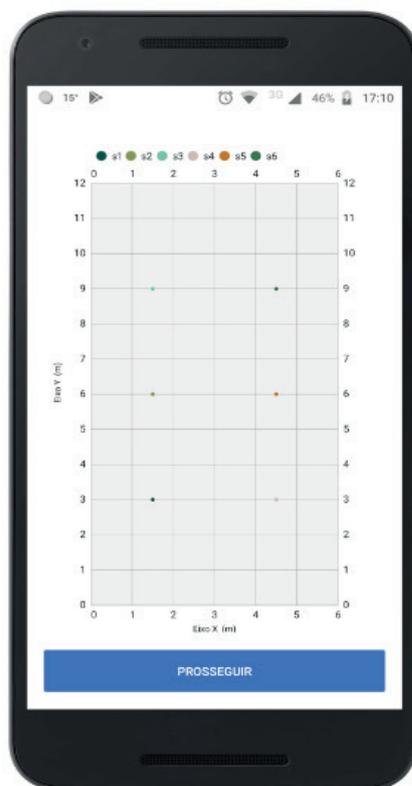
Figura 4. Detalhamento de codificações internas de classes e métodos do aplicativo Aurora

Como forma de validação do algoritmo, os sensores inseridos em uma instalação foram definidos para coletar dados a cada seis segundos, gerando uma média em um intervalo de aproximadamente cinco minutos. Na Figura 5 são apresentados o *layout* de distribuição dos pontos conhecidos e o mapa de temperatura do ar criado através

da codificação das listas dinâmicas.

De acordo com o mapa é possível observar que a região inferior esquerda apresenta temperaturas mais elevadas, de quase 35,00 °C, já a região superior apresentou pontos próximos de 25,00 °C. Para a dimensão do ambiente escolhido o tempo entre o processo de cálculo das distâncias entre os pontos conhecidos e desconhecidos, interpolação das medidas de temperatura do ar e plotagem dos dados na matriz bidimensional, foi aproximadamente um minuto. O desenvolvimento das listas dinâmicas possibilitou a otimização da alocação de memória durante a execução do algoritmo, visto que a quantidade de pontos conhecidos não se limita a valor algum. Isso permitiu explorar o potencial da programação orientada a objetos em ambiente computacional limitado quanto aos recursos de *hardware*, como os dispositivos móveis.

A.



B.

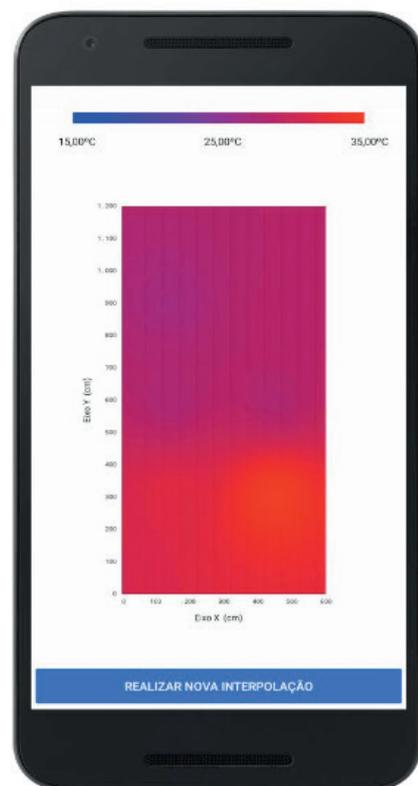


Figura 5. Mapa de temperatura do ar criado a partir do aplicativo Aurora

4 | CONCLUSÃO

Um algoritmo de interpolação de dados utilizando listas dinâmicas foi codificado e testado em condições reais de medidas de temperatura do ar. O mesmo foi compilado para o sistema operacional móvel Android, a fim de criar mapas de temperatura do ar com o uso do método interpolador IDW.

A implementação e execução do aplicativo demonstrou seu correto funcionamento e codificação dos métodos computacionais utilizados para o desenvolvimento. Outras técnicas de interpolação deverão ser aplicadas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- AOSONG. **AM2302**. Disponível em: <<http://aosong.com/en/products-22.html>>. Acesso em: 03 ago. 2019.
- ASHRAE Standard 55 P. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Third Public Review. American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc., Tullie Circle NE, Atlanta, Georgia, 2010.
- Buffington, D.E., Collier, R.J., Canton, G.H. **Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates**. Trans. ASAE 26, 1798– 1802. 1983.
- Faria, F. F.; Mourai, D. J.; Souza, Z. M.; Matarazzo, S. V. **Climatic spatial variability of a dairy freestall barn**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 9, n. 38, p.2498-2505, dez. 2008.
- GOOGLE. **Android**. Disponível em: <<https://www.android.com>>. Acesso em: 03 ago. 2019.
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. Oxford University Press, New York, 413. 1989.
- Miranda, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. Ed. rev. Brasília/DP. Embrapa Informação Tecnológica. 2010.
- Molin, J. P.; Amaral, L. R.; Colaço, A. F. **Agricultura de Precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.
- SIERRA, K.; BATES, B. **Head First Java**. 2. ed.: O'Reilly Media, 2005. 720 p.
- Tao, T., Xin, H. **Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers**. Trans. ASAE 46 (2), 491–497. 2003.
- Thom, E.C. **The discomfort index**. Weatherwise 12, 57–59. 1959.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann: Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta: Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia: Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alface 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Algoritmos 45, 46, 57, 119, 137, 138, 139, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 306, 311

Aprendizagem colaborativa 9, 12, 13, 14, 15, 18, 20

Arduino 85, 136

Arquitetura de informação 60, 63

Astrofotografia 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 73

Ativismo de dados 151, 159

Autorregulação 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29

B

Benchmark 102, 103, 109, 110

C

Cibercultura 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 20

Ciclo de vida da edificação 188, 189, 190, 191, 192, 196, 197, 198, 199, 201

Cidades inteligentes 115, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 125

Comparação de metodologias de ensino 30

Comunicação digital 60

Construção civil 188, 189, 196, 201, 202

D

Dados 2, 6, 7, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 48, 49, 50, 63, 67, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 86, 90, 91, 92, 93, 97, 103, 109, 112, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 160, 161, 179, 192, 198, 199, 200, 202, 207, 219, 221, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 236, 239, 241, 244, 255, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 268, 270, 271, 272, 274, 275, 277, 295, 296, 299, 305, 306, 307, 311, 312, 313

Divulgação científica 60, 62, 65, 66, 71, 72

Domínios 18, 86, 93, 94, 95, 98, 118

E

EaD 22, 23, 24, 25, 27, 28

Eletrodeposição 163, 164, 165, 166, 169

Engenharia do valor 188, 189, 192, 193, 196, 197, 202

Ensino 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 65, 74, 75, 76, 80, 84, 85, 103

Estanho 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 295

F

Física 31, 33, 45, 65, 73, 74, 75, 76, 77, 83, 84, 85, 103, 205, 216, 217, 218, 219, 225, 226, 268, 292

G

Gênero 138, 139, 147, 149

I

IFRO 102, 103, 104, 105, 106, 108, 110, 112, 113

Interdisciplinaridade 24, 65, 74, 75, 84, 85

Internet das coisas 6, 113, 115, 117

L

Lecturing 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

M

Machine Learning 129, 138, 139, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 153

Mudanças 1, 2, 5, 6, 7, 8, 14, 27, 91, 133, 146, 160, 190, 243, 267, 272

N

Necessidades educativas especiais 44

O

OpenCV 129, 130, 133, 137

P

Peer Instruction 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43

Placas de circuito impresso 163, 164, 165, 166, 174

Privacidade 96, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 160

Profissões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Proteção de dados 115, 117, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 160

R

Raspberry Pi 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 131

Recursos educacionais digitais 44, 45, 47, 49, 52, 53

Redução de custo 188, 189, 192, 196, 198, 200, 201, 202

Remoção 96, 163, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 175, 177, 182, 184, 185, 191, 205, 309, 310

Repositórios 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 57

Robô autônomo 129, 130, 137

S

Saúde eletrônica 86

Seguidor de linha 129, 130, 131, 137

Sistema de recomendação 44, 52, 53, 54, 56

Sistemas 6, 12, 44, 45, 46, 65, 70, 72, 73, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 103, 107, 109, 130, 139, 149, 152, 154, 155, 157, 165, 190, 193, 217, 226, 230, 236, 277, 302, 314, 315

T

Tecnologia de Informação e Comunicação 86

Tecnologias digitais 9, 10, 13, 15, 16, 17, 18

Telessaúde 86, 93, 99, 100

Teoria Ator-Rede 9, 10, 11, 20

Teste de Friedman 30

Teste de Wilcoxon 30

U

UX 60, 62

V

Vigilância 115, 118, 120, 153

Voz 4, 129, 138, 139, 149, 160

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-798-7



9 788572 477987