

**Cleberton Correia Santos
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 3**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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.^a Dr.^a 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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
DOI 10.22533/at.ed.71619103091	
CAPÍTULO 2	10
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
DOI 10.22533/at.ed.71619103092	
CAPÍTULO 3	23
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
DOI 10.22533/at.ed.71619103093	
CAPÍTULO 4	33
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
DOI 10.22533/at.ed.71619103094	
CAPÍTULO 5	45
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71619103095	
CAPÍTULO 6	57
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.71619103096	

CAPÍTULO 7	70
ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima	
Júlio Cezar de Souza	
Francisco Wilson Hollanda Vidal	
DOI 10.22533/at.ed.71619103097	
CAPÍTULO 8	78
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC	
Beatriz Faga	
Joeci Ricardo Godoi	
Viviane Furtado Velho	
Letícia Flohr	
DOI 10.22533/at.ed.71619103098	
CAPÍTULO 9	90
DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS	
Ingrid Russoni de Lima	
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas	
Elaine Cristina Lopes Pereira	
Lucas Furtado Loesh	
Fernanda A. Sampaio da Silva	
Heleno Souza da Silva	
Renata Antoum Simão	
José Adilson de Castro	
Gláucio Soares Fonseca	
DOI 10.22533/at.ed.71619103099	
CAPÍTULO 10	102
AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE	
Fidel Alejandro Aguilar Aguilar	
Ronnie Von Dos Santos Veloso	
Luis Fernando Santis Espinosa	
Lilian de Araújo Pantoja	
Alexandre Soares dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.716191030910	
CAPÍTULO 11	114
CAPTURA DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA	
Odete Gonçalves	
Paulo Fernando de Almeida	
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella	
Ana Maria Álvares Tavares da Mata	
DOI 10.22533/at.ed.716191030911	

CAPÍTULO 12 129

CARBETO DE BORO (B₄C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos
Denise Dantas Muniz
Eliandro Pereira Teles
Danielle Guedes de Lima Cavalcante
Ricardo Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030912

CAPÍTULO 13 141

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa
Waldeir dos Santos Pereira
Mayara Barbosa Lima
Juliane da Silva Sampaio
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
Natan Barbosa Almada
Rogério Favacho da Cruz
Jéssica Aline Godinho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030913

CAPÍTULO 14 153

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

DOI 10.22533/at.ed.716191030914

CAPÍTULO 15 164

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira
Sabrina Grando Cordeiro
Eniz Conceição Oliveira
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.716191030915

CAPÍTULO 16 175

ESPAÇO ARTE_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus
Lucas Pereira Elias
Marcos Henrique de Moraes Golinelli
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

DOI 10.22533/at.ed.716191030916

CAPÍTULO 17 188

ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Deborah Godoy Martins Corrêa
Tiago de Oliveira
Denise Stringhini

DOI 10.22533/at.ed.716191030917

CAPÍTULO 18 201

ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Carlos Vinícius Machado Miranda
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral
Luely Oliveira da Silva
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon
Marivaldo José Costa Corrêa
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.716191030918

CAPÍTULO 19 209

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Weverton Pereira do Sacramento
Maria de Lourdes de Oliveira
Luana Leite Ferreira
Robson Wotikowski Guedes

DOI 10.22533/at.ed.716191030919

CAPÍTULO 20 218

EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Leila Pessôa Da Costa
Sandra Regina D'Antonio Verrengia

DOI 10.22533/at.ed.716191030920

CAPÍTULO 21 226

GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA

Gersica Agripino Alencar
Rafael Santos Barbosa
Ricardo André Cavalcante de Souza

DOI 10.22533/at.ed.716191030921

CAPÍTULO 22 239

GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Wendy Díaz Valdés
Lígia Laís Fêmina
Gisele Andrade Lemos
Jorge Vicente Barbosa Júnior

DOI 10.22533/at.ed.716191030922

CAPÍTULO 23 246

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos
Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.716191030923

CAPÍTULO 24 263

MAGONIA PUBESCENS A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva
Amanda Ribeiro Correa
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes
Rosiane Alexandre Pena Guimarães
Monica Franco Nunes
Dielle Carmo de Carvalho Neres
Elisangela Clarete Camili
Carla Spiller

DOI 10.22533/at.ed.716191030924

CAPÍTULO 25 270

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca
Leandro Teles Antunes dos Santos
Patrícia Milagre de Freitas
Dayane Andrade Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.716191030925

CAPÍTULO 26 279

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon
Luziana Quadros da Rosa
Robson Santos da Silva
Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.716191030926

CAPÍTULO 27 294

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa
Edilson Pontarolo

DOI 10.22533/at.ed.716191030927

CAPÍTULO 28 304

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas
Vicente de Paulo Silva
Adilson Gandu

DOI 10.22533/at.ed.716191030928

CAPÍTULO 29	313
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
DOI 10.22533/at.ed.716191030929	
CAPÍTULO 30	326
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
DOI 10.22533/at.ed.716191030930	
CAPÍTULO 31	332
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.716191030931	
CAPÍTULO 32	342
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.716191030932	
CAPÍTULO 33	349
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
DOI 10.22533/at.ed.716191030933	
CAPÍTULO 34	358
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
DOI 10.22533/at.ed.716191030934	

CAPÍTULO 35	368
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.716191030935	
CAPÍTULO 36	378
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCACIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.716191030936	
CAPÍTULO 37	388
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
DOI 10.22533/at.ed.716191030937	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	401
ÍNDICE REMISSIVO	402

PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Paula Consoli Ireno Franco

Fundação Educacional do Município de Assis,
Faculdade de Química Industrial
Assis - SP

Mary Leiva Faria

Fundação Educacional do Município de Assis,
Faculdade de Química Industrial
Assis - SP

Ana Paula Bilck

Universidade Estadual de Londrina, Departamento
de Ciência de Alimentos
Londrina- PR

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar filmes biodegradáveis para embalagens ativas, preparados pela técnica de “casting”, a partir de blendas poliméricas de amido de mandioca plastificado com glicerol, reforçados com fibras de cana-de-açúcar e com adição de sorbato de potássio como conservante. Os filmes foram produzidos a partir de uma solução de 3% de amido, com adição de 5g, 10g, 15g e 20g de fibra/100g de amido e 0,25g; 0,5g e 0,75g de sorbato de potássio/100g solução filmogênica. Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e isoterma de sorção. Os filmes com concentração de fibras acima de 10% perderam a resistência à tração, ficaram

mais rígidos, frágeis e quebradiços. Por outro lado, as propriedades de barreira melhoraram, houve redução da permeabilidade ao vapor de água e menor ganho de água em todas as atividades de água (aw). Ensaio em massa de pastel indicaram que os filmes ainda se apresentam bastante higroscópicos, sendo necessário diminuir sua hidrofobicidade para que possa ser empregado como embalagem ativa.

PALAVRAS-CHAVE: biofilme, amido de mandioca, fibra de cana-de-açúcar.

ABSTRACT: This study aimed to produce and characterize biodegradable films for active packaging prepared by the technique of “casting”, from polymer blends of cassava starch plasticized with glycerol, reinforced with sugarcane fiber and with addition of potassium sorbate as preservative. Films were produced from a solution of 3% starch with the addition of 5g, 10g, 15g and 20g fiber/100g starch and 0,25g; 0,5g and 0.75g of potassium sorbate/100g filmogenic solution. Films were characterized for thickness, mechanical properties, permeability to water vapor (PVA) and sorption isotherms. The results obtained lead to the conclusion that the films obtained with above 10% fiber (other than the nanofibers), lose their tensile strength, becoming more fragile and brittle, lose their elasticity, but otherwise enhance the barrier properties, decrease the permeability to water

vapor and become more rigid. Assays in fresh pasta indicated that films still show very hygroscopic and it is necessary to decrease their hydrophilicity to be used as active packaging.

KEYWORDS: biofilms, cassava starch, sugarcane fiber.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as condições ambientais, além da necessidade de reduzir a dependência em relação à utilização de polímeros derivados do petróleo conduziram à busca de alternativas para substituição embalagens plásticas convencionais, entre elas a utilização de embalagens desenvolvidas com polímeros biodegradáveis (SOUZA; SILVA; DRUZIAN, 2012; SILVA et al., 2009).

Atualmente, pesquisadores tem se dedicado a pesquisas para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis compostas de polímeros naturais e blendas poliméricas com polímeros biodegradáveis, aplicados para embalagens alimentícias e também na agricultura (BILCK; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010; BRANDELERO et al., 2010; SHIRAY et al., 2013).

O amido é considerado um dos mais promissores para futuros materiais, principalmente devido à atrativa combinação de preço e desempenho. O amido de mandioca, também conhecido como fécula de mandioca ou polvilho doce, é utilizado na elaboração de materiais biodegradáveis. A obtenção de uma embalagem termoplástica à base de amido requer que sua estrutura granular seja destruída, dando origem a uma matriz polimérica homogênea e, sobretudo amorfa. Os processos de *casting* e extrusão são os mais utilizados para a produção destas embalagens (MALI et al., 2010a; MACHADO et al., 2014; SHIMAZU; MALI; GROSSMANN, YAMASHITA, 2010b).

O emprego de filmes produzidos exclusivamente de amido é limitado, devido a algumas restrições de desempenho como baixa resistência mecânica e alta hidrofiliabilidade em ambientes com elevada umidade relativa. Estes fatores conduzem a obtenção de materiais quebradiços e higroscópicos, entretanto, esta limitação pode ser superada pelo emprego de fibras naturais, de origem vegetal, proveniente de resíduos da agroindústria, as quais são utilizadas como materiais de reforço a matrizes poliméricas de amido. Esta adição leva à formação de compósitos poliméricos que apresentam melhores propriedades mecânicas e maiores resistência à umidade, além de diminuir os custos e aumentar a biodegradabilidade. Esta melhora nas propriedades mecânicas é devido à compatibilidade entre as fibras de celulose com o amido, o que possibilita maior adesão entre a matriz polimérica do amido e a fibra (DEBIAGI et al., 2012; SOUZA; SILVA; DRUZIAN, 2012).

O emprego de polímeros biodegradáveis e compósitos biodegradáveis incorporados com fibras lignocelulósicas tem sido amplamente utilizado em diferentes aplicações devido a sua fácil processabilidade, custo-benefício e versatilidade de

produtos que podem ser produzidos (KHARE; DESHMUKH, 2006; CAMPOS et al., 2011). O bagaço de cana-de-açúcar, além de grande potencial de utilização como material de reforço em embalagens de amido, é um resíduo industrial abundante em nosso país. Sua utilização em substituição às fibras sintéticas contribui com os esforços atuais de proteção ao meio ambiente, pois promove uma diminuição dos resíduos da agricultura e da agro-indústria (DEBIAGI et al., 2012). No Brasil, do total de plásticos rígidos e flexíveis produzidos, apenas 16,5% é reciclado, o que equivale a 200 mil toneladas por ano. A maior limitação para a reciclagem é a diversidade das resinas, o que pode criar um problema na hora do reaproveitamento industrial (DEBIAGI et al., 2010).

O crescente acúmulo de lixo não biodegradável aliado à dificuldade de reciclagem da maioria das embalagens, tem estimulado o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é produzir e caracterizar filmes biodegradáveis para embalagens ativas, preparados pela técnica de “casting”, a partir de blendas poliméricas de amido de mandioca plastificado com glicerol, reforçados com fibras de cana-de-açúcar e com adição de sorbato de potássio como conservante.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido de uma Usina da região de Assis. O amido de mandioca foi gentilmente cedido pela Tereos Syral (Brasil). O glicerol e o sorbato de potássio foram adquiridos da Dinâmica e a goma guar foi obtida no comércio da região.

2.2 Preparo do bagaço de cana-de-açúcar

Inicialmente, foi feita a limpeza de 2,0 Kg do bagaço de cana-de-açúcar, em que foram retirados os pedaços maiores e as sujidades, restando ao final 1,60 Kg do bagaço em fragmentos menores. Em seguida, este bagaço foi dividido em frações de 50 g. Cada fração de 50 g foi adicionada em um Becker de 2.000 mL com 1500 mL de água destilada. A mistura foi aquecida a 70 °C e mantidas nesta temperatura por 3 horas sob agitação mecânica constante de 1.000 rpm, trocando a água a cada hora. Em seguida a mistura foi filtrada e as frações foram secas em estufa de circulação de ar (Marconi-MA035) a 60 °C por 48 horas. Depois as fibras foram trituradas em processador. Após a moagem as fibras foram passadas em peneira de 60 mesh e depois em outra peneira de 100 mesh, obtendo-se fibras com um tamanho aproximado de 0,149 milímetros.

2.3 Preparação dos biofilmes de fécula de mandioca reforçados com fibra de cana-de-açúcar por *casting*

Os filmes foram produzidos pela técnica do tipo *casting*, com amido de mandioca (3 g de amido/100g solução filmogênica), empregando glicerol como plastificante (30g/100g de amido), fibra de cana-de-açúcar, sorbato de potássio e goma guar (0,01 g/g amido) para evitar a sedimentação das fibras. Foram realizadas quatro formulações para os filmes, variando a concentração de fibras e sorbato de potássio, conforme descrito na tabela 1. As soluções filmogênicas contendo amido, plastificante, goma guar e fibra foram aquecidas de 30 a 95°C, mantidas a 95°C por 10 minutos, sob agitação constante em agitador magnético.

Após gelatinização adicionou-se o sorbato de potássio. Em seguida, cada solução filmogênica foi espalhada em placa de acrílico (10 x 20 cm) e o material foi seco em estufa de circulação de ar (Marconi-MA035) a 40 °C por 20 horas.

Para a realização das análises, os filmes foram condicionados por um período de 48 horas, em dessecadores, sob umidade relativa de 53% e temperatura de 25 °C (± 2).

2.4 Caracterização dos biofilmes

Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, propriedades mecânicas, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e isothermas de sorção.

2.4.1 Espessura

A espessura dos filmes foi determinada com auxílio do micrometro digital (Starret, Brasil, resolução 0,001). A espessura final foi a média aritmética de 5 medidas aleatórias sobre a área do filme.

Formulação	Amido (g/100g de solução filmogênica)	Glicerol (g/100g de amido)	Sorbato de Potássio (g/100g de solução filmogênica)	Fibra de cana-de- açúcar (g/100g de amido)
FC	3	30	0,0	0
F5	3	30	0,25	5
F10	3	30	0,50	10
F15	3	30	0,75	15
F20	3	30	1,00	20

Tabela 1. Formulações das embalagens ativas biodegradáveis

2.4.2 Propriedades mecânicas

Para os testes de tração foi utilizado o texturômetro (Stable Micro System, modelo TA TX2i, Inglaterra) de acordo com o método da *American Society for Testing and*

Material (ASTM D-882-02, 2002). As amostras foram cortadas nas dimensões de 50 mm x 25 mm e condicionadas em 53% de Umidade Relativa (UR) (solução saturada de $Mg(NO_3)_2$ a 25°C, por 48 horas antes da realização dos ensaios. A seguir foram ajustadas às garras pneumáticas do equipamento com distância entre as garras de 30 mm e a velocidade de tração de 50 mm.min⁻¹. As propriedades de tração determinadas foram resistência à tração (MPa), alongamento na ruptura (%) e módulo de Young (MPa). Para cada tratamento foram preparados 10 corpos de prova.

2.4.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada gravimetricamente de acordo com o método da ASTM E-96-(00) (2000) com algumas modificações. O material, previamente condicionado por 48 horas em umidade relativa (UR) de 53% (solução saturada de $Mg(NO_3)_2$), foi fixado na abertura circular (60 mm de diâmetro) da cápsula de permeabilidade, empregando-se graxa de silicone para garantir a migração de umidade exclusivamente através do filme. O interior da cápsula foi parcialmente preenchido com $CaCl_2$ (0% de UR) e o sistema foi introduzido no dessecador contendo solução saturada de NaCl (75% de UR) criando um gradiente de UR para a passagem de vapor de água para o interior da cápsula. Foram realizadas sete pesagens sucessivas, em intervalos de tempo de 24 horas. O ganho de massa (m) foi graficado em função do tempo (t), e então foi determinado o coeficiente angular (m/t) e a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) dada pela Equação 1

$$TPVA = \frac{m}{t} \times \frac{1}{A} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde A é a área de permeação do corpo de prova (m²).

Para cada formulação desenvolvida, o ensaio foi realizado em duplicata. A permeabilidade ao vapor de água foi obtida pela Equação 2:

$$PVA = \frac{TPVA \times e}{p_s \times \left(\frac{UR_1 - UR_2}{100} \right)} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde **e** é a espessura média do corpo de prova (m), **ps** pressão de saturação de vapor à temperatura do ensaio (Pa), **UR₁** é a umidade relativa no interior do dessecador em % e **UR₂** é a umidade relativa no interior da cápsula em %.

2.4.4 Isotermas de Sorção

As amostras dos filmes foram finamente cortados e desidratados. Deixados em dessecador contendo CaCl_2 anidro, que manteve a umidade relativa (UR) próxima a 0%. Após este período, as amostras foram colocadas individualmente em um equipamento gerador de isotermas AquaSorp (Decagon Devices, EUA) que opera pelo método de isotermas por ponto de orvalho dinâmico. Uma quantidade de aproximadamente 500 a 800 mg de cada amostra foi colocada no compartimento específico. A varredura no ciclo de adsorção foi realizada na faixa de 0,30 a 0,80 de atividade de água a uma temperatura de 25°C.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os filmes se apresentaram sem ondulações, rupturas ou fraturas após a secagem. Os filmes apresentaram excelente manuseabilidade e depois de serem retirados das placas puderam ser manipulados sem qualquer risco de ruptura, com exceção do filme controle (FC), que em virtude de não ter adição de fibra se apresentou bastante higroscópico, dificultando a manuseabilidade e impossibilitando sua caracterização.

A espessura dos filmes variou de 0,189 a 0,292 mm (tabela 2) e os filmes com 5% de fibras tiveram a menor espessura. A quantidade de solução filmogênica adicionada nas placas foi a mesma para as diferentes formulações, desta forma, os filmes com maior concentração de fibras, tiveram também a maior espessura.

Formulação	Espessura (mm)
FC	-
F5	0.189 (± 0.06)
F10	0.193 (± 0.08)
F15	0.267 (± 0.04)
F20	0,292(± 0.02)

Tabela 2. Valores de espessura dos filmes

Todos os filmes apresentaram um decréscimo da resistência máxima à tração (RMT) com o aumento da quantidade de fibra, ou seja, filmes com 5% de fibra foram mais resistentes e os filmes com 20% de fibra foram os menos resistentes (tabela 3).

Formulação	Resistência Máxima a Tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)	Módulo de Young (MPa)
FC	-	-	-
F5	0,61 ($\pm 0,2$)	100,01 ($\pm 20,1$)	1,01 ($\pm 0,3$)
F10	0,56 ($\pm 0,2$)	75,24 ($\pm 4,2$)	1,19 ($\pm 0,3$)
F15	0,59 ($\pm 0,1$)	15,36 ($\pm 3,5$)	3,23 ($\pm 0,5$)
F20	0,22 ($\pm 0,1$)	13,14 ($\pm 7,5$)	1,28 ($\pm 0,2$)

Tabela 3. Propriedades Mecânicas dos Filmes

O aumento da adição de fibras ao filme diminuiu o alongamento na ruptura e tornou o filme mais rígido. Esta rigidez, entretanto, foi perdida ao atingir 20% de fibra. Segundo Debiagi et.al (2012), a similaridade entre as fibras adicionadas e o amido empregado, é o que possibilita uma forte rede entre as cadeias da matriz polimérica e as fibras empregadas no filme. Como no filme F15 houve maior adição de fibras, houve maior interação entre as cadeias poliméricas da matriz do amido e as fibras adicionadas, o que possibilitou a formação de um filme mais rígido e menos permeável ao vapor de água. Esta diminuição do alongamento na ruptura e aumento da rigidez (módulo de Young) está de acordo com o trabalho de MULLER et al. (2009), que aborda que o efeito de reforço que as fibras proporcionam ao filme é um reflexo da compatibilidade química e estrutural entre o amido e as fibras. Observou-se, entretanto, que filmes que contêm 20% fibras, a interação fibra/matriz de amido começa a enfraquecer, perdendo a rigidez, elasticidade e resistência máxima à tração. Apesar do filme F20 ter perdido a rigidez com o aumento da quantidade de fibra, a permeabilidade ao vapor de água diminuiu (tabela 4).

Formulação	Permeabilidade ao vapor de água (g/m.Pa.dia)
FC	-
F5	2,29 E-06
F10	2,52 E-06
F15	0,16 E-06
F20	0,11 E-06

Tabela 4. Permeabilidade ao vapor de água dos filmes (0-75% UR)

O gráfico de isotermas de sorção de água a 25°C, apresentado abaixo, mostra que os filmes F15 e F20 tiveram menor ganho de água em todas as atividades de água (aw) quando comparado com os filmes F10 e F5. Quanto maior a concentração de fibras no filme menor o ganho de água, possivelmente devido à rede na matriz polimérica formada pelo amido termoplástico e as fibras. Foram realizados testes iniciais de aplicação dos filmes biodegradáveis em massa de pastel com objetivo principal de avaliar a atividade do sorbato de potássio como conservante.

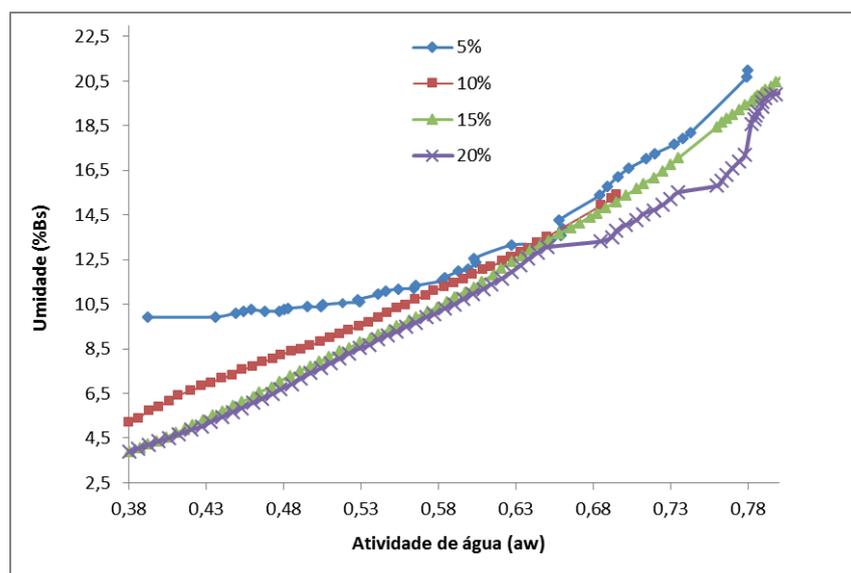


Figura1. Isotermas de sorção de água a 25°C

O filme com 15% de fibras foi escolhido devido as suas boas propriedades mecânicas e de barreira, se comparado com os demais. A aplicação foi feita intercalando os filmes entre as massas de pastel formando uma estrutura tipo “sanduíche”. Neste primeiro teste, os filmes se mostraram higroscópicos e hidrofílicos porque ficaram moles e grudaram na massa de pastel. Assim, será necessário o desenvolvimento de novas formulações que possam reduzir a hidrofiliidade e melhorar as propriedades dos filmes para fazer a aplicação.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos levam a concluir que os filmes obtidos com fibras acima de 10% (que não sejam as nanofibras), perdem a resistência à tração, ficando mais frágeis e quebradiços, perdem a elasticidade, mas por outro lado melhoram as propriedades de barreira, diminuem a permeabilidade ao vapor de água e se tornam mais rígidos. Ensaio em massa de pastel indicaram que os filmes ainda se apresentam bastante higroscópicos, sendo necessário diminuir sua hidrofiliidade para que possa ser empregado como embalagem ativa.

REFERÊNCIAS

BILCK, Ana P.; GROSSMANN, Maria. V. E.; YAMASHITA, Fabio. Biodegradable mulch films for strawberry production. **Polymer Testing**, v. 29, 2010, p. 471-476.

BRANDELERO, Renata P. H.; YAMASHITA, Fabio; GROSSMANN, Maria V. E. The effect of surfactant Tween 80 on the hydrophilicity, water vapor permeation, and the mechanical properties of cassava starch and poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) blend films. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, 2010. p.1102-1109.

CAMPOS, Adriana de; TEODORO, Kelcilene B. R.; MARCONCINI, José M.; MATTOSO, Luiz H. C.; MARTINS-FRANCHETTI, Sandra M.. Efeito do Tratamento das Fibras nas Propriedades do Biocompósito de Amido Termoplástico/Policaprolactona/Sisal, **Polímeros**, v. 21, nº 3, 2011, p. 217-222.

DEBIAGI, Flávia.; IVANO, Léa Rita P. F. M.; NASCIMENTO, Pedro Henrique A.; MALI, Suzana. Starch biodegradable packaging reinforced with lignocelulosic fibers from agroindustrial wastes. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 1, nº 2, 2012, p. 57-67.

DEBIAGI, Flávia; MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Vitória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Efeito de Fibras Vegetais nas Propriedades de Compósitos Biodegradáveis de Amido de Mandioca Produzidos via Extrusão. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 34, nº. 6, nov./dez., 2010, p. 1522-1529.

KHARE, A.; DESHCUKH, S. Studies toward production eco-friendly plastics. **Journal of plastic film & sheeting**, v. 22, 2006, p.192 - 211.

MACHADO, Bruna A. S.; REIS, João H. O.; SILVA, Jania B. da; CRUZ, Lindaiá S.; NUNES, Itaciara L. PEREIRA, Fabiano V.; DRUZIAN, Janice I. Obtenção de Nanocelulose da Fibra de Coco Verde e Incorporação em Filmes Biodegradáveis de Amido Plastificados com Glicerol. **Química Nova**, v. 37, nº 8, 2014, p. 1275-1282.

MALI, Suzana; DEBIAGI, Flávia.; GROSSMANN, Maria Vitória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Starch, sugarcane bagasse fibre, and polyvinyl alcohol effects on extruded foam properties: A mixture design approach. **Industrial Crops and Products**, v. 32, 2010a, p. 353–359.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Vitória Eiras; YAMASHITA, Fabio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, nº. 1, 2010b, p. 137-156.

MULLER, Carmem M. O.; LAURINDO, João Borges; YAMASHITA, Fabio. Effect of cellulose fibers on the crystallinity and mechanical properties of starch-based films at different relative humidity values, **Carbohydrate Polymers**, v. 77, 2009, p. 293–299.

SHIRAY, Marianne.; OLIVATO, Juliana. B; GARCIA, Patricia; MULLER, Carmen; GROSSMANN, Maria Victoria Eiras; YAMASHITA, Fabio. Thermoplastic starch/polyester films: Effects of extrusion process and poly (lactic acid) addition. **Materials Science and Engineering C**, v. 33, 2013, p. 4112-4117.

SILVA, Rafael; HARAGUCHI, Shirani K.; MUNIZ, Edvani C.; RUBIRA, Adley F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos, **Química Nova**, v. 32, nº 3, 2009, p. 661-671

SOUZA, Carolina Oliveira de; SILVA, Luciana Tosta; DRUZIAN, Janice Izabel, Estudo Comparativo da Caracterização de Filmes Biodegradáveis de Amido de Mandioca Contendo Polpas de Manga e de Acerola, **Química Nova**, v. 35, nº 2, 2012, p. 262-267.

ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS

Tiago Alexandre Silva Nascimento

Laboratório de Terapia e Fisiologia Celular e Molecular Prof. Antonio Carlos Campos de Carvalho; Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho

Programa de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas, Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
Seropédica – Rio de Janeiro

Thiago Manchester De Mello

Laboratório de Terapia e Fisiologia Celular e Molecular Prof. Antonio Carlos Campos de Carvalho; Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Fabio Da Silva De Azevedo Fortes

Laboratório de Terapia e Fisiologia Celular e Molecular Prof. Antonio Carlos Campos de Carvalho; Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Programa de Pós-graduação em Biomedicina Translacional (BIOTRANS): UNIGRANRIO, INMETRO & UEZO

Duque de Caxias – Rio de Janeiro

Programa de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas, Departamento de Ciências Fisiológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

Seropédica – Rio de Janeiro

RESUMO: A inclusão de pessoas com deficiência (PcD) nas instituições de ensino depende intimamente do quão acessível essa instituição é. Os debates sobre a inclusão na educação superior ainda são muito recentes, porém, necessários. Principalmente, em graduações das áreas exatas e biomédicas que possuem atividades práticas em laboratórios, em que, há dificuldade extra. Sendo então, de suma importância estudos ergonômicos, pois nesse tipo de estudo são avaliadas as condições favoráveis e subjetivas para uma pessoa realizar determinada atividade. Reduzindo as chances de uma postura inadequada causar um acidente. Colocadas tais problemáticas, esta pesquisa visa estudar as adaptações necessárias para a utilização, autônoma e segura, do laboratório didático de Biologia, Microscopia e Análises Clínicas da Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO) em relação às pessoas em cadeira de rodas (PCR). Para isso, foi confeccionado o mapa de risco e sugeridas adaptações. O diferencial do trabalho foi apresentar um mapa de risco para PCR, mostrando o aumento dos riscos. Com base nesses riscos, foram propostas as mudanças visando a acessibilidade. No cumprimento dos objetivos propostos, concluiu-

se que há dificuldade na entrada de PCR no laboratório; na utilização do espaço, dos equipamentos e dificuldades na implementação da biossegurança. Uma das consequências desses problemas é o fato da acessibilidade ser importante na inclusão de PcD permitindo igualdade de oportunidades e atendendo a diversos dispositivos legais.

PALAVRAS-CHAVE: Ergonomia. Acessibilidade. Pessoa com deficiência. Pessoa em cadeira de rodas. Biossegurança.

ACCESSIBILITY TO THE DIDACTIC LABORATORY OF BIOLOGY, MICROSCOPY AND CLINICAL ANALYSIS OF THE UEZO BY PEOPLE IN WHEELCHAIRS

ABSTRACT: The inclusion of people with disabilities (PwD) in educational institutions depends closely on how accessible this institution is. The debates about higher education inclusion are still very recent, but necessary. Especially in graduations of the exact and biomedical areas that have practical activities in laboratories. Therefore, ergonomic studies are extremely important, because in this type of study it is evaluated the favorable and subjective conditions for a person to perform a certain activity. Reducing the chances of an improper posture will cause an accident. In view of these problems, this research aims to study the adaptations necessary to the use, autonomous and safe, of the UEZO's Biology, Microscopy and Clinical Analysis didactic laboratory in relation to people in wheelchairs. For this, was prepared a risk map and adaptations were suggested. The differential of this study was to present a risk map for people in wheelchairs, showing the increased risk. Based on these risks, changes were proposed aim the accessibility. In the fulfillment of the proposed objectives, It was concluded that there is difficulty in the entrance of people in wheelchairs in the laboratory; in the use of the space, of the equipment and difficulties in the implementation of biosafety. This is a problem for several aspects, among them, the fact that accessibility is important in the inclusion of PwD allowing equal opportunities and attending to various legal provisions, in relation to inclusion.

KEYWORDS: Ergonomics. Accessibility. People in wheelchairs. People with disabilities. Biosafety.

1 | INTRODUÇÃO

A inclusão de pessoas com deficiência (PcD) nas instituições de ensino depende intimamente do quão acessível essa instituição é. Então, faz-se necessário esclarecer que acessível tem como uma de suas definições: o espaço, edificação, mobiliário, ou equipamento que pode ser alcançado, acionado, utilizado e vivenciado, com segurança e por qualquer pessoa, inclusive as com mobilidade reduzida (ABNT, 2015).

Ainda sobre a inclusão na educação, é sabido que desde a Constituição

Federal de 1988 esse direito está resguardado nos Art. 205 e 208, em que diz, respectivamente, que a educação é **direito de todos** e dever do Estado. Porém, de acordo com Nascimento et al. (2016) só na década de 90 é que a inclusão passou a ganhar contornos, com a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) 9.394/96, que institui em seu Art. 58 a educação especial como uma modalidade de ensino, oferecida, preferencialmente, na rede regular de ensino, para educandos com deficiência.

O debate sobre inclusão nas instituições de ensino superior (IES) é muito relevante, principalmente pelos dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Os dados são a respeito do quantitativo de PcD matriculadas nos cursos de graduação no ensino superior, presencial e a distância, no ano de 2016, no Brasil. De acordo com o INEP (2017), o quantitativo de alunos com deficiência no Brasil é igual a 35.891, os alunos com deficiência física somam 12.775. Sobre as instituições públicas de administração do estado, no Rio de Janeiro, o número total de alunos com deficiência é de 243, sendo 143 deles alunos com deficiência física. Nesses últimos dados está incluída a Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO).

1.1 Ergonomia: Um Aspecto de Biossegurança

Ergonomia é a disciplina científica que visa compreender as interações entre seres humanos e outros elementos do sistema, e a profissão que se utiliza de teoria, dados e métodos a fim de criar condições mais favoráveis para o bem-estar humano e o desempenho geral dos sistemas (*INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION*, sem data). Adaptando o trabalho à pessoa, pois o contrário gera estresse e/ou fadiga, surgindo adoecimentos ou alterações nas atividades de trabalho. Em última análise isso compromete a produtividade e a segurança (OLIVEIRA et al., 2010; BRÍGIDO, 2015).

Neste trabalho será explorada a ergonomia física, que leva em conta aspectos anatômicos, antropométricos, fisiológicos e biomecânicos, relacionando-os com as posturas de trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, segurança e saúde. Como ressaltou Oliveira et al. (2010), essa ergonomia possui relação com a biossegurança, já que, se preocupa com a carga de trabalho e parâmetros mais seguros para o transcorrer das atividades. De acordo com o mesmo autor, as atividades em laboratório não são consideradas desgastantes, porém, envolvem operações com equipamentos exigindo trabalho estático ou repetitivo.

Os parâmetros antropométricos são imprescindíveis para se adequar o espaço ou mobiliário as características dos trabalhadores. As cadeiras de rodas também se baseiam nesses parâmetros. Sendo assim, a Figura 1 apresenta as medidas do módulo de referência (MR) que é o espaço ocupado por uma pessoa em cadeira de rodas (PCR). A Figura 2 apresenta os espaços mínimos para aproximações laterais

da porta. A Figura 3 mostra os espaços mínimos para manobras sem deslocamento. A Figura 4 apresenta a largura adequada do corredor em três casos. Todas de acordo com a Norma Brasileira (NBR) 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para determinar as dimensões, foram utilizadas as medidas entre 5% a 95% da população brasileira, ou seja, o correspondente a mulheres de baixa estatura e homens de estatura elevada (ABNT, 2015).

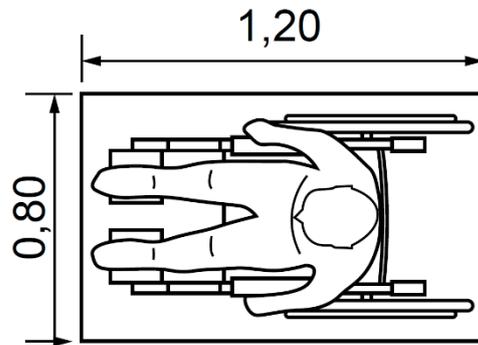


Figura 1 – Espaço ocupado por uma pessoa em cadeira de rodas: módulo de referência
Nesta figura é possível ver a área ocupada por uma pessoa em cadeira de rodas. Os valores estão em metros (ABNT, 2015).

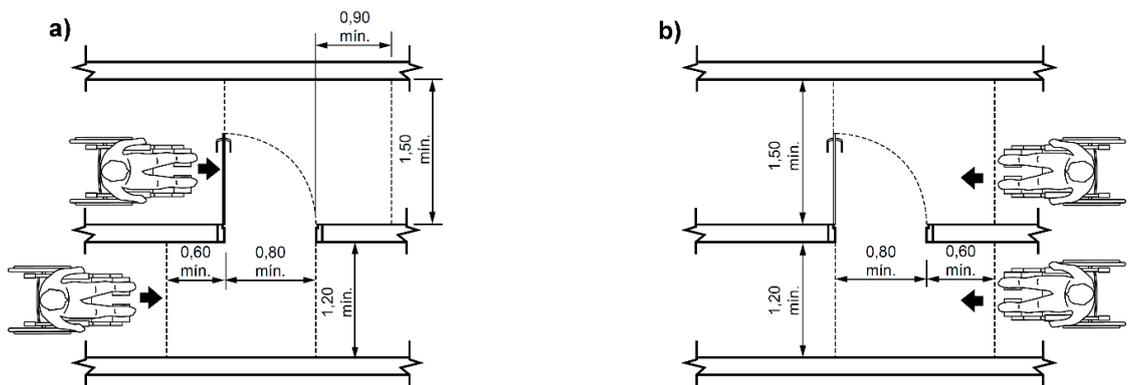


Figura 2 – Áreas mínimas para diferentes aproximações laterais de porta

Espaços mínimos para a utilização autônoma da porta por PCR em aproximação lateral. a) Aproximação, pelo lado da dobradiça da porta; b) Aproximação, pelo lado da maçaneta da porta. Os valores estão em metros (ABNT, 2015).

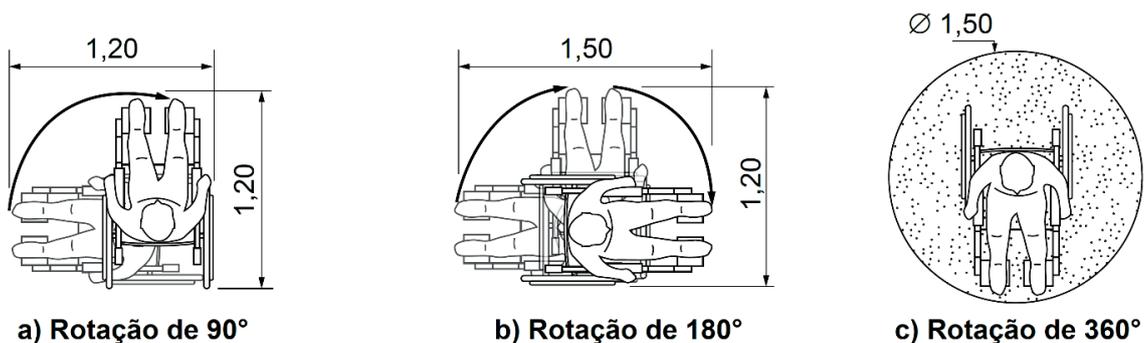


Figura 3 – Áreas mínimas para diferentes manobras sem deslocamento

A figura apresenta as medidas mínimas necessárias para as rotações sem deslocamento. Os valores estão em metros (ABNT, 2015).

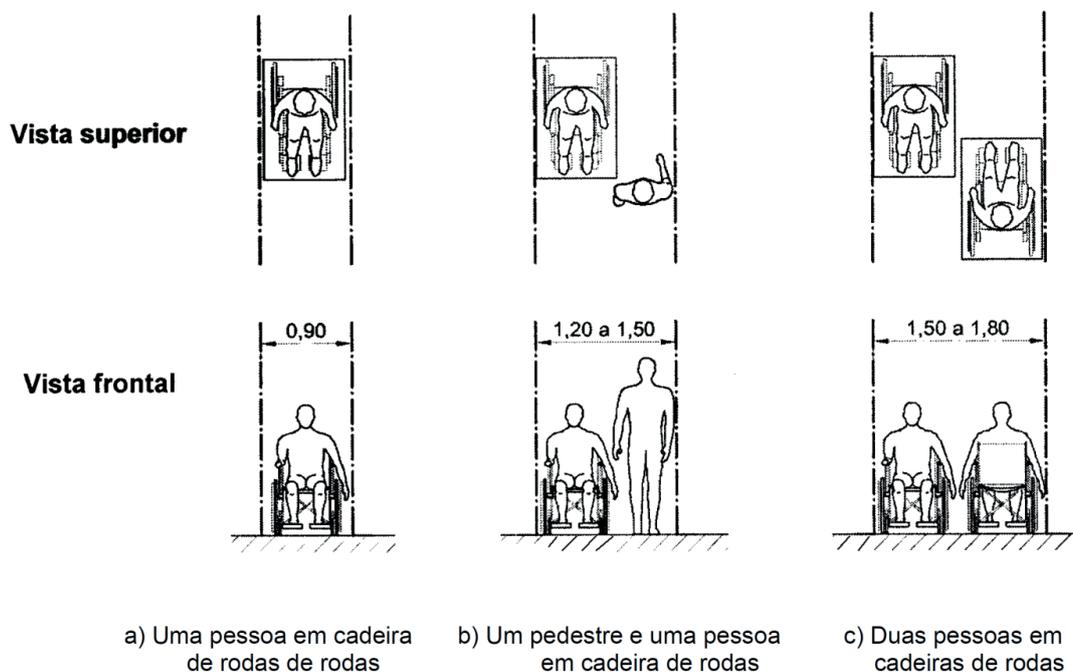


Figura 4 – Vista superior e frontal da largura mínima de corredores para pessoa em cadeira de roda: sozinha, acompanhada de pessoa em pé ou acompanhada de outra pessoa em cadeira de rodas

Largura mínima de corredores. Os valores estão em metros (ABNT, 2004).

A Figura 5 mostra: a altura mínima livre para encaixe da cadeira de rodas sob o objeto é de 0,73 m; a altura das superfícies de trabalho deve ser entre 0,75 m e 0,85 m e a profundidade da superfície de trabalho deve estar entre 0,50 m e 0,60 m, para que haja aproximação total (ABNT, 2015).

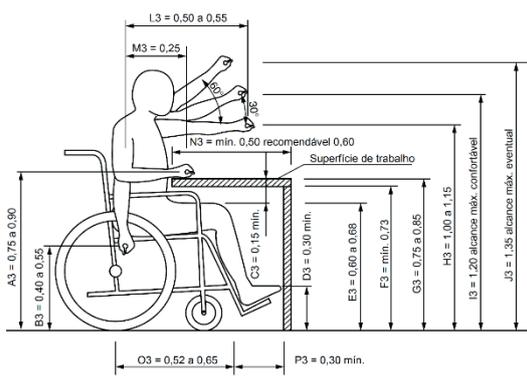


Figura 5 – Alcance manual frontal da pessoa em cadeira de rodas

A figura apresenta os valores referenciais de PCR quando trabalham em mesas ou afins. Os valores estão em metros (ABNT, 2015).

Além da ergonomia, outro elemento importante para a biossegurança é o mapa de risco, pois o mesmo compreende na representação gráfica do conjunto de fatores capazes de causar prejuízos a saúde dos usuários de determinado espaço (MATTOS & FREITAS, 1994), no caso o laboratório.

Visto o que foi apresentado anteriormente, este trabalho se configura de suma importância e objetiva avaliar as dificuldades: de acesso ao laboratório, ergonômicas, de utilização autônoma e segura, de equipamentos e biossegurança por pessoas em cadeira de rodas (PCR), bem como sugerir adaptações para a efetiva inclusão dessas pessoas.

2 | METODOLOGIA

Compreendeu como parte da metodologia, as medições feitas no laboratório didático de BioMAC da UEZO para a confecção de seu mapa de risco junto aos formulários de agendamento das aulas práticas.

Para as medições, foi utilizada uma trena de 30 metros e o *software* utilizado foi o AutoCAD, versão 2018. Já para demonstrar algumas estruturas bem como o resultado das sugestões de adaptação foi utilizado o *software Google SketchUp*, com interface em três dimensões. A escala de medida adotada, em ambos, foi o milímetro.

2.1 Mapa de Risco

O mapa de risco tem contribuído para a melhoria das condições de trabalho, visando a prevenção de acidentes, doenças ocupacionais, promoção da saúde do trabalhador, dentre outros (MATTOS & SANTOS, 2010). Sendo assim, um elemento importante da biossegurança. Sua obrigatoriedade surgiu a partir da portaria n. 5 de 18 de agosto de 1992, porém, as recomendações para a elaboração estão na portaria n. 25 de 29 de dezembro 1994. Foram necessárias algumas adaptações, pois a Portaria 25 trata de mapa de risco em indústrias. Abaixo, seguem as etapas utilizadas neste estudo.

2.2 Etapas Para Elaboração do Mapa de Risco

- a. Conhecer o processo:
 - Equipamentos;
 - Vidrarias;
 - Reagentes;
 - Ambiente onde o trabalho é realizado.
- b. Identificar as medidas preventivas existentes e sua eficácia:
 - Medidas de proteção coletiva;
 - Medidas de proteção individual.
- c. Representação gráfica do mapa de risco, mostrando:

- O grupo a que pertence o risco;
- Intensidade do risco.

A partir dos formulários de agendamento de aulas e documentos institucionais foi montado o quadro de identificação de riscos e este quadro foi a base para a elaboração do mapa de risco.

Os riscos são apresentados por círculos preenchidos com cores. Os tamanhos dos círculos são diferentes com uma razão de 4:2:1 (grande, médio e pequeno), como orienta Mattos & Santos (2010). Já as cores seguem a orientação da Portaria n. 25. Riscos físicos, cor verde; riscos químicos, cor vermelha; riscos biológicos, cor marrom; riscos ergonômicos, cor amarela e riscos de acidente, cor azul.

2.3 Sugestões de Adaptações Estruturais

Este trabalho sugere cerrar os pés de um quarto da bancada grande (BG) mais próxima da porta a uma altura de 160 mm (16 cm ou 0,16 m) contados a partir da face inferior da bancada. Além disso, seria necessário a adição de duas ferragens, pois na base não há sustentação para esse um quarto da bancada.

É possível, também, desocupar a bancada pequena (BP), próxima da área do chuveiro, e cerrar seus pés a uma altura de 140 mm (14 cm ou 0,14 m), nesse caso a partir do chão. Também é necessário um deslocamento de 220 mm (22 cm ou 0,22 m) de uma estrutura metálica transversal e o deslocamento da bancada para o local onde atualmente fica a mesa do técnico.

Ainda com relação à altura das bancadas, há a sugestão da construção de rampas, móveis e feitas de madeira, para elevar a PCR. De acordo com a NBR 9050 da ABNT o cálculo para a construção das rampas é:

$$i = \frac{h \times 100}{c}$$

i = porcentagem de inclinação da rampa;

h = altura do desnível;

c = comprimento da rampa.

A rampa para a utilização da BG deve possuir 160 mm (16 cm ou 0,16 m) de altura e 900 mm (90 cm ou 0,90 m) de largura. Para elevações de até 0,20 m a inclinação deve ser maior ou igual a 8,33% e menor que 10%, no entanto, com uma inclinação de 9,99% a diferença no comprimento da rampa foi de apenas 1 mm se comparado com uma inclinação de 10%. Neste caso, foi usado 10% e o cálculo resultou 1600 mm (160 cm ou 1,60 m) de comprimento. O patamar da rampa deve ser um quadrado com lados iguais à 1500 mm (150 cm ou 1,50 m).

A rampa para a utilização da BP deve possuir 140 mm (14 cm ou 0,14 m) de altura e 800 mm (80 cm ou 0,80 m) de largura. A inclinação segue o caso da rampa

anterior. O cálculo resultou 1400 mm (140 cm ou 1,40 m) de comprimento. O patamar da rampa deve ser um retângulo de 1200 mm (120 cm ou 1,20 m) por 800 mm (80 cm ou 0,80 m) de largura. As bases das duas rampas devem ser antiderrapantes.

3 | RESULTADOS

Como resultado das medições feitas no laboratório didático de BioMAC da UEZO, segue a Figura 6a com a planta baixa do mesmo.

Após o conhecimento dos equipamentos, vidrarias e reagentes utilizados no laboratório foi feita a identificação dos riscos e o resultado segue no Quadro 1.

O mapa de risco do laboratório didático de BioMAC da UEZO, está na Figura 6b. Os círculos, identificando os riscos, estão colocados sobre as bancadas e os círculos sobre as duas bancadas principais foram colocados centralizados para representar o risco compartilhado por toda a extensão dessas bancadas.

Na Figura 6c vemos o mapa de risco do mesmo laboratório, agora tomando como referência as pessoas em cadeira de rodas. Como resultado das sugestões para utilização, autônoma e segura, da BP por PCR seguem a Figura 7. Na Figura 7a é apresentada a atual localização da bancada e também apresenta a sugestão para tornar essa bancada acessível, já a Figura 7b, é o resultado dessa bancada no lugar da mesa do técnico, com os pés cerrados e a ferragem transversal deslocada. A Figura 7c, mostra a mesma bancada, também com a ferragem transversal deslocada, dessa vez com uma rampa ao em vez dos pés cerrados.

A sugestão para utilização da BG, por cerramento, gerou a Figura 7d. Para a utilização da BG, com rampa, a Figura 7e.

Grupos de risco	Fontes	Acidentes/Doenças	Sinais/ Sintomas	Recomendações
Risco de acidente				
Risco pequeno	Béquer	Cortes e ferimentos	Perfuração de tecidos	Atenção e vigilância
	Bastão			
	Pipeta Pasteur			
	Grau e pistilo	Deixar cair sobre os pés	Dor nos pés	Segurar com firmeza
Risco grande	Lâmina de barbear	Cortes e ferimentos	Perfuração de tecidos	Atenção e vigilância
	Agulha			
	Faca			
Risco químico				

Risco pequeno	Azul de toluidina	cianose (tonalidade azulada do sangue)	Espasmos, disritmia cardíaca...	Uso de jaleco, óculos de segurança e luvas
	Safranina	paralisia respiratória e narcose (embriaguez)	Irritação, náusea, vertigem, vômito...	
	Fucsina	Irritação ao olhos	Irritação ao olhos	
Risco biológico				
Risco grande	Sangue humano	Doenças infecciosas	Infecções por microrganismos	Uso de jaleco e luvas
Risco ergonômico				
Risco pequeno	Microscópio	Estresse	Fadiga por postura prolongada	Manter a postura adequada
	Grau e pistilo	Lesões por repetição de movimento	Fadiga por repetição de movimento	Rodízio entre os alunos

Quadro 1 – Identificação dos riscos com base nos formulários de agendamento das aulas práticas

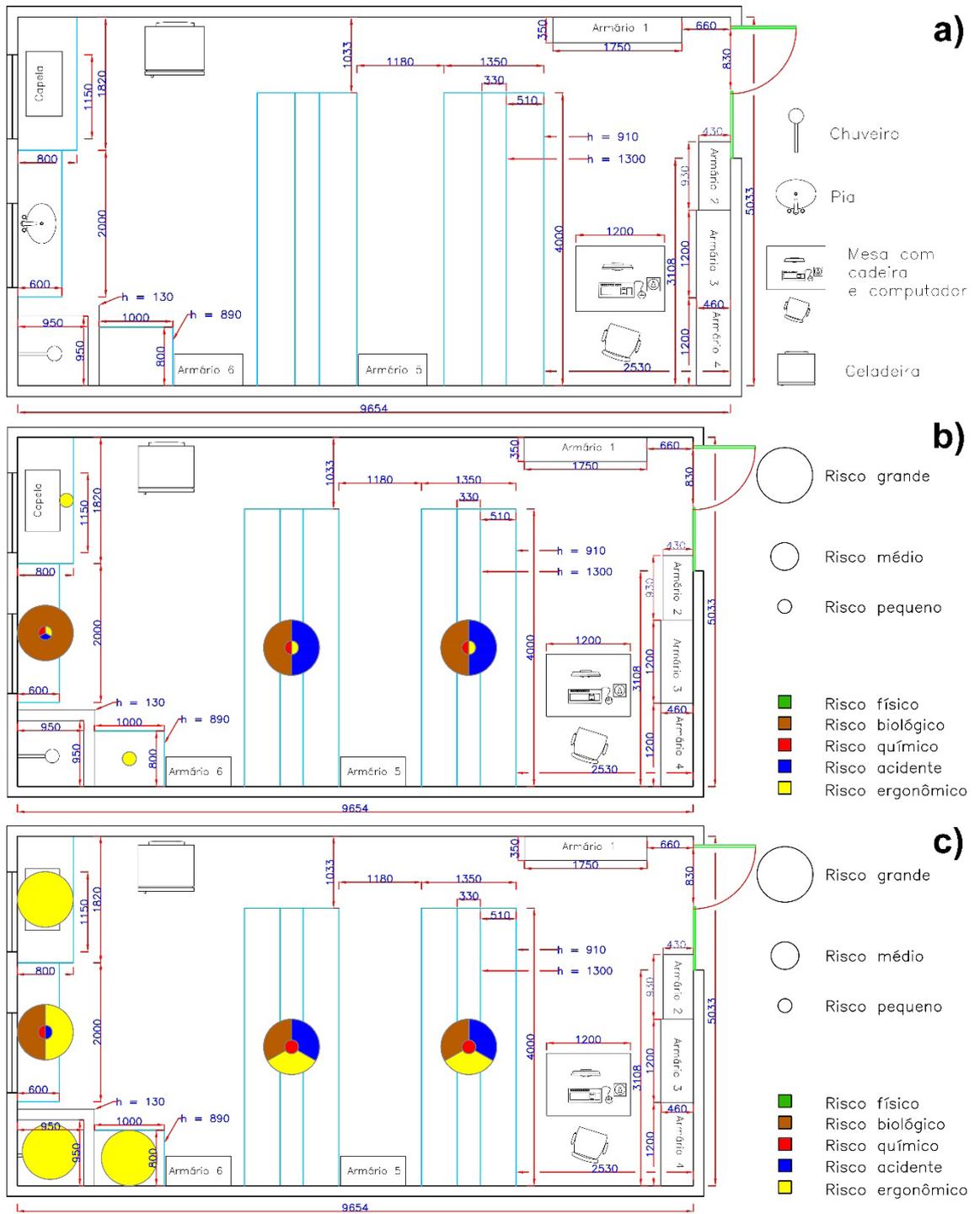


Figura 6 – Laboratório didático de BioMAC da UEZO no AutoCAD. **a)** planta baixa, **b)** mapa de risco comum e **c)** mapa de risco para pessoas em cadeira de rodas

a) planta baixa, a letra h se refere a altura; b) mapa de risco comum e c) mapa de risco para pessoas em cadeira de rodas. Todas as medidas, por padrão, estão em milímetros. Em azul claro temos as bancadas do laboratório com 910 mm (0,91 m) de altura. Exceto a BP que tem 890 mm (0,89 m) de altura. O retângulo fino com 330 mm por 4000 mm é o castelo e possui altura igual a 1300 mm (1,3 m). A altura indicada na área do chuveiro (130 mm ou 13 cm) se refere a um ressalto para acessar esse equipamento de proteção coletiva.

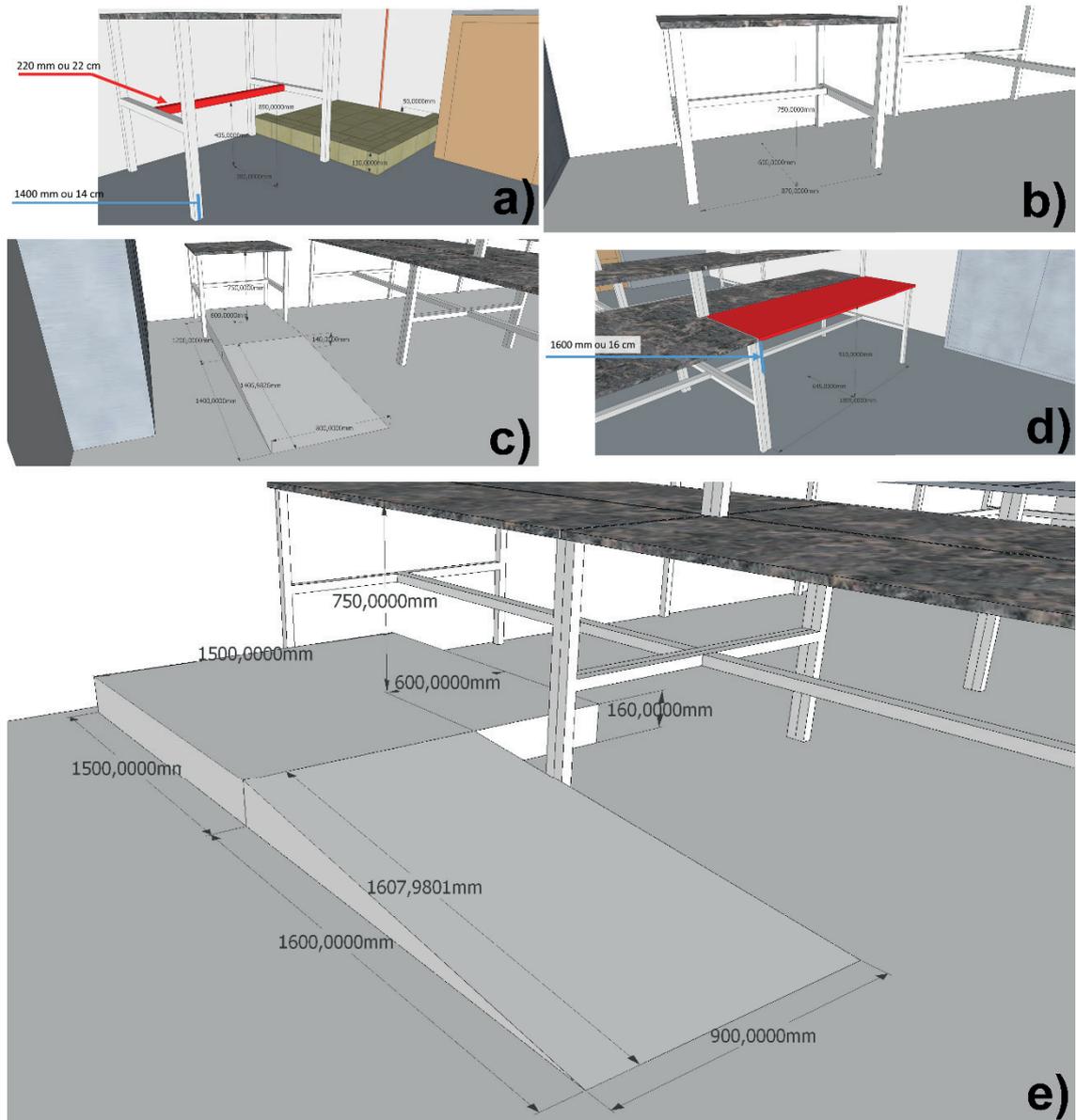


Figura 7 – Sugestões de adaptação, visando a acessibilidade das bancadas

a) Bancada pequena (BP) próxima da área do chuveiro (com azulejo, a cor é meramente ilustrativa), pode ser vista também a bancada da pia. Há um ressalto na área do chuveiro igual a 130 mm (0,13 m), o desnível interno, por sua vez, é igual a 50 mm (0,05 m). Em vermelho está a estrutura metálica, transversal, que necessita ser deslocada; o texto da seta vermelha diz o quanto a estrutura precisa ser deslocada, a linha azul apresenta a referência para o cerramento dos pés dessa bancada e o seu texto a altura desse cerramento. b) BP transllocada para o melhor local, adaptada por cerramento dos pés e deslocamento da estrutura metálica transversal e por rampa. c) BP transllocada para o melhor local, adaptada pelo deslocamento da estrutura metálica transversal e por rampa. d) bancada grande (BG). Em vermelho está destacado o um quarto da bancada sugerido para a adaptação. A seta azul aponta a referência para o cerramento dos pés dessa bancada e o seu texto a altura desse cerramento. e) BG adaptada por rampa. Todas as medidas, por padrão, estão em milímetros.

4 | DISCUSSÃO

O primeiro resultado deste trabalho é a planta baixa do laboratório, necessária para a etapa de representação gráfica do mapa de risco e este mapa, como já visto, constitui um elemento importante da biossegurança.

Confrontando as medidas do laboratório com a NBR 9050, percebe-se que a entrada de PCR é prejudicada, pois o “Armário 1” não permite o espaço mínimo de 1,20 m (1200 mm) após a porta (Figura 2). A abertura da segunda banda da porta

resolveria este problema, mas o “Armário 2” impede a abertura da mesma.

A largura do corredor e do espaço entre as bancadas é insuficiente, pois o desejável seria o que apresenta a Figura 4b e Figura 4c.

Outro problema encontrado foi a pia, que tem altura de 910 mm (0,91 m o mesmo que as BG) enquanto o recomendado é entre 0,75 m e 0,85 m. O armário em baixo da pia ainda impede a aproximação frontal por uma PCR (Figura 5).

Avaliando o mapa de risco para PCR percebe-se o risco para essas pessoas utilizarem o laboratório didático de BioMAC.

As sugestões, presentes nessa sessão, são um dos objetivos à que este trabalho se propôs.

Com base na impossibilidade, atual, da entrada de PCR no laboratório, este trabalho sugere a realocação do “Armário 1” e/ou do “Armário 2”

Para a utilização da BP, duas ações são imprescindíveis: sua translocação para o local onde atualmente está a mesa do técnico e o deslocamento da estrutura metálica, transversal. Respectivamente, devido a largura dos corredores não estar dentro do desejável, dificultando a utilização da BP por questão de segurança e o deslocamento da estrutura metálica é para permitir a aproximação frontal total da PCR da superfície onde ela irá trabalhar.

A largura da rampa teve como base a Figura 4. A largura da rampa para a BP não obedeceu a Figura 4 devido ao espaço entre os pés dessa bancada não permitir, porém, foi respeitado o MR da Figura 1 e é com base nessa mesma figura que o patamar desta rampa foi construído (Figura 7c).

A altura das rampas e a altura para cerrar os pés são iguais, analisando a mesma bancada, pois as duas soluções têm o objetivo de deixar a superfície de trabalho a uma altura de 0,75 m (75 cm ou 7500 mm). A menor altura, recomendada, foi utilizada como base, pois para uma pessoa baixa trabalhar em uma bancada mais alta o esforço é maior.

O patamar da rampa da BG (Figura 7e) possui tais medidas, pois foi construído pensando na rotação de 90° (Figura 3) que a PCR precisará fazer para utilizar a rampa sozinha e a profundidade da superfície de trabalho recomendada (Figura 5). A pia tem o mesmo problema da altura, porém, o trabalho é de curta duração. Sendo o armário em sua base o real problema, já que, impossibilita a aproximação frontal.

5 | CONCLUSÃO

Apesar da necessidade de mais estudos, conclui-se que a acessibilidade é um ponto crucial para a inclusão de pessoas com deficiência, igualando as oportunidades: de acesso à informação, conhecimento e a própria execução de profissões, atendendo cláusulas pétreas da Constituição, como a isonomia entre todos os cidadãos e o acesso à educação. Atendendo também outros dispositivos

legais, como a LDBEN que coloca a educação especial entre as modalidades da educação ou a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência que reafirma, dentre outros direitos, o direito a educação, em todos os níveis, para as pessoas com deficiência, trazendo ainda a 'inclusão' como palavra chave.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3.ed. Rio de Janeiro: 2015. p. 147.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil De 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 15 jun. 2018.

_____. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Lei nº 13.146 de 06 de Julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 16 jun. 2016.

_____. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9394.htm>. Acesso em: 15 jun. 2018.

_____. Portaria n. 25 de 29 de dezembro de 1994. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=30/12/1994&jornal=1&pagina=240&totalArquivos=336>>. Acesso em: 22 out. 2018.

_____. Portaria n. 5 de 17 de agosto de 1992. Dispõe sobre modificações na NR-9 (Riscos Ambientais) e a obrigatoriedade de elaboração de Mapa de Risco. Diário Oficial da União, 20 de agosto de 1992.

BRÍGIDO, B. S. F. Avaliação ergonômica do ambiente em laboratórios de enfermagem de educação superior. 2015. 238f. Dissertação (Mestrado em Ergonomia) - Universidade Federal De Pernambuco, Recife.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Sinopse Estatística da Educação Superior 2016. Brasília: Inep, 2017. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). What is ergonomics? Disponível em: <<https://www.iea.cc/whats/index.html>>. Acesso em: 26 de jun de 2018.

MATTOS, U. A. O.; FREITAS, N. B. B. Mapa de risco no brasil: as limitações da aplicabilidade de um modelo operário. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, p. 251-258, 1994.

MATTOS, U. A. O.; SANTOS, P. R. Avaliação dos ambientes de trabalho através do mapeamento de riscos. In: TEIXEIRA, P. (Org); VALLE, S. (Org). Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2010. p. 115-133.

NASCIMENTO, P. H., FERNANDES, C. L.; SILVA, W. T. A. Acessibilidade em laboratórios de química para pessoas com deficiência: uma análise das concepções de alunos e professores de uma universidade pública da Paraíba (PB). In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO INCLUSIVA – CINTEDI, II JORNADA CHILENA BRASILEIRA SOBRE EDUCAÇÃO INCLUSIVA, 16-18 nov. 2016, Campina Grande. Anais II CINTEDI. Campina Grande, Realize, 2016. v. 1, p. 12.

OLIVEIRA, S. S.; BONFATTI R.; LIMA, M. B. Ergonomia em laboratórios. In: TEIXEIRA, P. (Org), VALLE, S. (Org). Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2010. p. 239-257.

ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Minas
Recife - Pernambuco

Robson Ribeiro Lima

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Minas
Recife - Pernambuco

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: O Pegmatito Alto da Serra Branca, localizado no município de Pedra Lavrada/PB vem sendo lavrado de forma artesanal a um bom tempo, produzindo em sua maioria feldspato sódico (albita), para o mercado da indústria cerâmica, e abastecimento de plantas de britagem e moagens locais. A boa qualidade do feldspato contido no pegmatito, e os minerais acessórios que ocorrem no mesmo como: tantalita e turmalina, levaram uma escavação aleatória, gerando alguns locais onde as estruturas do maciço proporcionam potencialmente tipos de rupturas diferentes. O presente trabalho possui objetivo de avaliar os possíveis tipos de ruptura nos taludes existentes, escavados nos trabalhos de lavra executados até o momento. A análise cinemática realizada nas escavações consistiu no levantamento das

propriedades geométricas das descontinuidades aflorantes nas faces dos taludes existentes. As atitudes das descontinuidades foram coletadas utilizando-se de trena e bússola para levantamento das scanline nas frentes de lavra. Em seguida os dados foram representando espacialmente e verificadas as relações entre as estruturas geológicas do maciço e as atitudes dos taludes, proporcionando uma visualização dos possíveis tipos de ruptura para cada frente de lavra escavada. A descontinuidade mais representativa para a instabilidade das escavações do pegmatito possui mergulho variando de 20° a 30° com direção de mergulho que vai de 128 AZ a 135 AZ. Desta forma, foi avaliado cada direção de talude e sentido da escavação, concluindo-se que o sentido de escavação mais desfavoráveis são as que possui rumo noroeste (315 AZ), e as mais favoráveis são as que possuem sudeste (135 AZ).

PALAVRAS-CHAVE: Lavra, Estabilidade, Pegmatito,

ANALYSIS OF STABILITY OF EXCAVATIONS IN THE PEGMATITO ALTO OF SERRA BRANCA

ABSTRACT: The pegmatite Alto da Serra Branca, located in the municipality of Transcribed

stone / PB has been drawn up by hand for a long time, producing mostly sodium feldspar (albite), to market the ceramic industry and supply crushing plants and local mills. The good quality of feldspar contained in the pegmatite, and accessory minerals that occur in the same as tantalite and tourmaline, provided a random excavation, generating some places where massive structures potentially provide different types of breaks. This work has to evaluate the possible types of break the existing embankments, dug in mining work performed to date. Kinematic analysis in the excavations consisted of lifting the geometric properties of the outcropping discontinuities on the faces of existing embankments. The attitudes of discontinuities (dip and dip direction) were collected using a measuring tape and compass to survey the scanline in the mining fronts. Then the data were spatially represented and verified the relationships between the geological structures of the massif and the attitudes of the slopes, providing a visualization of the possible types of rupture for each trenched front.. The most representative discontinuity to the instability of pegmatite excavations have diving ranging from 20 to 30 with the direction of diving ranging from 128 AZ 135 AZ. Thus, we evaluated each direction of slope and direction of excavation, concluding that the sense of more unfavorable excavation are having towards northwest (315 AZ), and the most favorable are those with southeast (135 AZ).

KEYWORDS: mining, stability, pegmatite

1 | INTRODUÇÃO

O maciço rochoso é um material agregado, que consiste de uma associação entre matriz rochosa e descontinuidades. Sua resistência e deformação dependem muito das características da matriz rochosa e das descontinuidades, e estão sujeitos a solicitações que afetam a sua estabilidade. O estudo de uma potencial instabilidade de um maciço requer um trabalho de campo cuidadoso e uma boa análise dos dados obtidos. As classificações geomecânicas se tornaram uma ferramenta importante para se determinar um zoneamento geotécnico de um maciço rochoso. Por tanto, o registro das características geométricas e mecânicas de todas as descontinuidades dos taludes se tornam uma ferramenta fundamental para determinação das características geomecânicas dos maciços rochosos.

2 | OBJETIVOS

O objeto geral do trabalho é fazer o levantamento dos parâmetros de classificação geomecânica que compõe os sistema RMR e SMR, através das observações realizadas *in loco*, e ensaios laboratoriais, para verificar os possíveis tipos de ruptura nos taludes gerados pelas escavações existentes provenientes da lavra do Pegmatito Alto da Serra Branca.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas visitas ao Pegmatito Alto da Serra Branca localizado no município de Pedra Lavrada – PB, com intuito de fazer um levantamento das características do maciço rochoso, e coleta de amostras para ensaios laboratoriais, para determinação dos parâmetros do maciço.

3.1 Resistência da matriz rochosa à compressão uniaxial

Foram coletadas amostras nas frentes de lavra, em forma de bloco para realização de ensaios de compressão simples, densidade e porosidade, que foram realizados nos laboratórios do DMINAS da UFPE. Uma amostra, em forma de bloco foi encaminhada para a equipe da UFCG, para realização de medidas com o Martelo de Schmidt, para estimativa quantitativa da resistência a compressão simples. Foram realizadas 22 medidas entre vertical horizontal e diagonal. De posse da densidade da rocha foram lançados os valores da leitura nos ábacos para determinação da resistência a compressão simples da rocha, que deu 54 MPa.

3.2 Rock Quality Designation (RQD)

Foi determinado o RQD nas escavações existentes, onde foi observado o número de descontinuidades por unidade de volume (J_v), e aplicando na expressão empírica de Palmstrom (1975). $RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v$

No maciço observou-se que o padrão de faturamento se repete ao longo do pegmatito. De acordo com os resultados obtidos podemos classificar o maciço, segundo o RQD, como BOM, onde os valores encontram-se dentro da faixa de 75 a 90%.

3.3 Espaçamento das descontinuidades

O espaçamento foi obtido durante um levantamento em *scanline*. De acordo com os levantamentos realizados ficou caracterizado um espaçamento médio em torno de 0,53 m para o maciço em questão.

3.4 Condições das descontinuidades

De acordo com a orientação para classificação das descontinuidades propostas pelo Sistema de Classificação RMR, foram levantados os seguintes parâmetros das descontinuidades:

- Comprimento de 3 a 10m (Peso = 4)
- Abertura maior que 5mm (Peso = 4)
- Rugosa (Peso = 5)
- Enchimento mole e maior que 5 mm (Peso = 2)
- Ligeiramente alterado (Peso = 5)

Somatório dos pesos = 20

3.5 Condições Hidrogeológicas e Orientação das Descontinuidades

A percolação está relacionada com o fluxo de água e humidade livre, visível em descontinuidades individuais ou no maciço rochoso de modo geral. No mapeamento observou-se um maciço totalmente seco.

A orientação das descontinuidades com relação escavação possui um caráter razoável, pois a mesma encontra-se a favor da inclinação com valor que varia 20° a 45° , compreendendo em um ajuste de fator razoável, com pontuação de -25, a ser aplicado para o cálculo do RMR.

3.6 Classificação Geomecânica RMR (Rock Mass Rating)

Desenvolvida por Bieniawski (1973, 1976, 1979, 1984, 1989). O valor de RMR pode ser determinado pela soma dos parâmetros: resistência da matriz rochosa; RQD - Rock Quality Designation; espaçamento das descontinuidades; condições das descontinuidades; condições hidrogeológicas; orientação das descontinuidades em relação à escavação. Obtendo-se um valor que varia entre 0 e 100.

Os pesos atribuídos a cada parâmetro do sistema de classificação encontram-se ilustrados no Quadro 01.

Parâmetros	Valores e Pesos				
Compressão Simples (MPa)	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 05
Pesos	15	12	7	4	2
RQD	90-100	75-90	50-75	25-50	< 25
Pesos	20	17	13	8	3
Espaçamento das desc.	>2	0,6-2	0,2-0,6	0,06-0,2	<0,06
Pesos	20	15	10	8	3
Superfície das desc.	Muito rugosa, sem alteração preenchimento	Pouco rugosa leve alteração abertura <1mm	Pouco rugosa muito alterada abertura >1mm	Estriada preenchida <5mm ou abertura entre 1 e 5mm	Preenchida com argila <5mm ou abertura >5mm
Pesos	30	35	20	10	0
Condição de água no maciço	Seco	Úmido	Úmido	Gotejando	Fluxo alto
Pesos	15	10	7	4	0

Quadro 01 – Parâmetros para classificação RMR

3.7 Classificação SMR (Slope Mass Rating)

Um dos métodos que se utiliza para avaliar as situações de instabilidade em taludes rochosos, adaptação da classificação de Bieniawski, RMR, é a classificação geomecânica Slope Mass Rating (SMR). Esta classificação requer os

mesmos dados e dá uma previsão de problemas de estabilidade e técnicas de apoio para cada classe de estabilidade.

$$SMR = RMR + (F_1 \cdot F_2 \cdot F_3) + F_4$$

F_1 : depende do ângulo relacionado com a direção do mergulho das descontinuidades e do talude;

F_2 : Depende da inclinação das descontinuidades no plano de ruptura;

F_3 : Reflete a relação entre os ângulos do mergulho das descontinuidades e do talude referente ao P_6 do RMR;

F_4 : Fator de ajuste relativo ao método de escavação utilizado.

Tipo de situação		Muito favorável	Favorável	Normal	Desfavorável	Muito desfavorável
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	>30	20 - 30	10 - 20	5 - 10	<5
B	$ \alpha_j - \alpha_s - 180 $					
P/B	F1	0,15	0,4	0,7	0,85	1
P/B	$ \beta_j $	<20	20 - 30	30 - 35	35 - 45	>45
P	F2	0,15	0,4	0,7	0,85	1
B		1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	>10	0 - 10	0	0 - -10	<-10
B	$\beta_j + \beta_s$	<110	110 - 120	>120	-	-
P/B	F3	0	-6	-25	-50	-60

Método	Talude natural ou vertentes	Desmonte de Pré-corte	Desmonte com explosivos do tipo <i>smooth blasting</i>	Desmonte com explosivos ou escavação mecânica	Desmonte com explosivo deficiente
F4	15	10	8	0	-8

Quadro 02 – Quadro para determinação dos parâmetros F1, F2 e F3 e F4 adaptado de Romana, (1996)

Classe	V	IV	III	II	I
Coesão (MPa)	<0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,3	0,3 - 0,4	0,4
Angulo de atrito (°)	15	15 - 25	25 - 35	35 - 45	>45
SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Descrição	Muito má	Má	Normal	Boa	Muito boa
Estabilidade	Completamente instável	Instável	Parcialmente instável	Estável	Completamente estável
Roturas	Roturas de grandes dimensões por planos contínuos	Roturas planares ou roturas por cunhas de grandes dimensões	Algumas roturas planares ou muitas roturas por cunhas	Alguns blocos	Nenhuma
Sustimento	Re-escavação	Correcção	Sistemático	Ocasional	Nenhum

Quadro 03 – Classificação da estabilidade (adaptado de Romana, (1996))

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Levantamento das descontinuidades

O levantamento das descontinuidades foi realizado no entorno da cava 01, onde se verificou o mesmo padrão em todo maciço. A Figura 01 ilustra a concentração dos polos das medições realizadas em campo, bem como, os planos preferenciais ocasionados pelas descontinuidades. Confirmando a presença de 03 famílias representativas, que irão interferir de forma diferenciada nas faces da escavação.

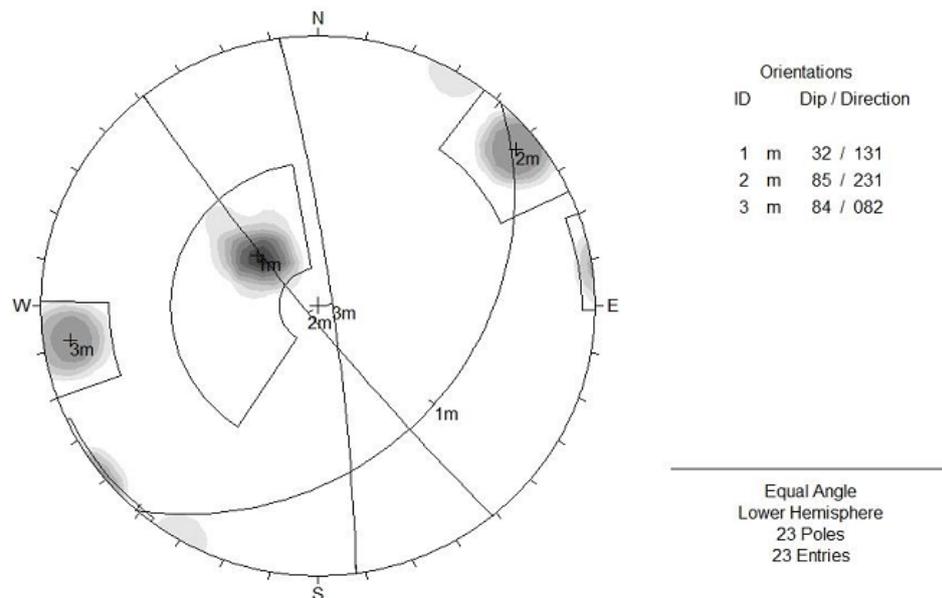


Figura 01 – Representação estereográfica das descontinuidades equivalentes

4.2 Classificação Geomecânica RMR (Rock Mass Rating)

Os parâmetros levantados com os respectivos pesos para o cálculo do RMR são:

Resistência a compressão simples: Peso = 7

RQD: Peso = 17

Espaçamento das descontinuidades: Peso = 10

Condições da superfície das descontinuidades: Peso = 20

Condição de água no maciço: Peso = 15

De acordo com o somatório dos pesos: $07 + 17 + 10 + 20 + 15 = 69$, aplicando-se o ajustes de (-25) temos o **RMR = 69 – 25 = 44**. Que caracteriza o maciço da seguinte forma:

Classe do Maciço Rochoso = Rocha de qualidade razoável (classe III)

Coesão do Maciço Rochoso = 200 KPa a 300 KPa

Ângulo de Atrito = 25° a 35°

Tempo de altosuporte para um vão de 5,0 m será de uma semana

4.3 Classificação Geomecânica SMR (Slope Mass Rating)

Os parâmetros do SMR foram calculados nas quatro faces dos taludes da cava 01 (Figura 02), e analisados de forma individual, tendo em vista uma análise da estabilidade de cada segundo a teoria Romana (1996).

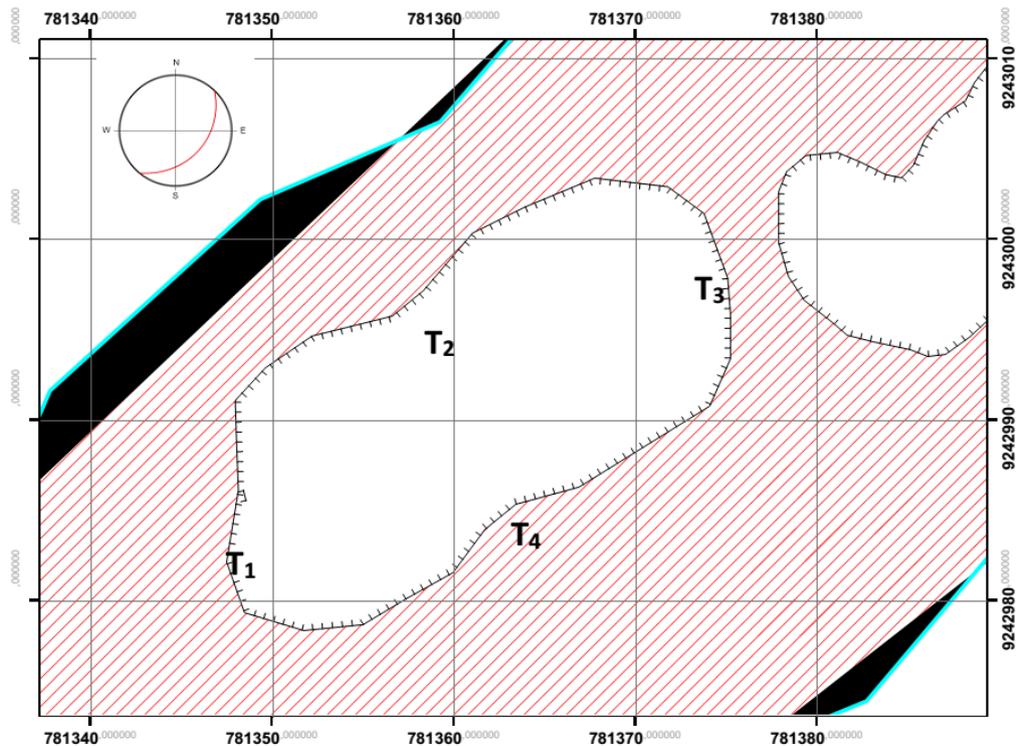


Figura 02 – Detalhe da cava 01 onde foi realizado o estudo.

4.3.1 Determinação do SMR para T1

Com o mergulho igual a 32° e direção de mergulho igual a 131° , da principal família de descontinuidades do maciço, realizaram-se os cálculos do SMR com o talude T1, que possui direção de mergulho 90° AZ.

$$F1 = |131 - 90| = 41 > 30 \therefore F1 = 0,15$$

$$F2 = |32| = 32 \therefore F2 = 0,70$$

$$F3 = P6 \text{ (RMR)} \therefore F3 = -50$$

$$F4 = 0$$

$$\text{Temos: } SMR = 44 + (0,15 \times 0,70 \times -50) + 0 \therefore \mathbf{SMR = 38,75}$$

4.3.2 Determinação do SMR para T2

Com o mergulho igual a 32° e direção de mergulho igual a 131° , da principal família de descontinuidades do maciço, realizaram-se os cálculos do SMR com o talude T2, que possui direção de mergulho 130° AZ.

$$F1 = |131-130| = 0 < 5 \therefore F1 = 1,00$$

$$F2 = |32| = 32 \therefore F2 = 0,70$$

$$F3 = P6 \text{ (RMR)} \therefore F3 = -60$$

$$F4 = 0$$

$$\text{temos: } SMR = 44 + (1,0 \times 0,70 \times -60) + 0 \therefore \mathbf{SMR = 2,00}$$

4.3.3 Determinação do SMR para T3

Com o mergulho igual a 32° e direção de mergulho igual a 131° , da principal família de descontinuidades do maciço, realizaram-se os cálculos do SMR com o talude T3, que possui direção de mergulho 180° AZ.

$$F1 = |131-180| = 49 > 30 \therefore F1 = 0,15$$

$$F2 = |32| = 32 \therefore F2 = 0,70$$

$$F3 = P6 \text{ (RMR)} \therefore F3 = 0$$

$$F4 = 0$$

$$\text{temos: } SMR = 44 + (1,0 \times 0,70 \times 0) + 0 \therefore \mathbf{SMR = 44,00}$$

4.3.4 Determinação do SMR para T4

Com o mergulho igual a 32° e direção de mergulho igual a 131° , da principal família de descontinuidades do maciço, realizaram-se os cálculos do SMR com o talude T4, que possui direção de mergulho 300° AZ.

$$F1 = |131-300| = 169 > 30 \therefore F1 = 0,15$$

$$F2 = |32| = 32 \therefore F2 = 0,70$$

$$F3 = P6 \text{ (RMR)} \therefore F3 = 0$$

$$F4 = 0$$

$$\text{temos: } SMR = 44 + (1,0 \times 0,70 \times 0) + 0 \therefore \mathbf{SMR = 44,00}$$

Ruptura planar	Grande					Alguma			Nenhuma						
Basculamento	Grande					Alguma	Mínima		Nenhuma						
Queda de blocos	Possível					Nenhuma									
SMR	0 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70 - 75	75 - 80	
Reescavação	Modificação da geometria do talude e muros de contenção														
Drenagem	Drenagem superficial ou profunda														
Betão	Colocação de betão (betão projectado, contrafortes, muros no pé do talude)														
Reforço	Reforço do talude (pregagens, ancoragens)														
Protecção								Protecção do talude (redes metálicas, valas no pé dos taludes, protecção no pé dos taludes)							
Não aplicado											Não são aplicadas medidas de estabilização (possível retirada dos blocos instáveis)				

T2
T1
T3 e T4

Quadro 04 - SMR para diferentes tipos de rotura e respectivos métodos de suporte (Romana, et al.,2003)

5 | CONCLUSÕES

Através dos valores de SMR pode-se verificar que o maciço rochoso analisado possui qualidade regular. No entanto o talude T2, apresenta o pior valor, e potencialmente mais instável, indicando até mesmo a realização de um retaludamento. Os problemas de instabilidade podem ser evitados inclinando as direcções de avanço, de forma a evitar a direcção de talude de 132° AZ.

A avaliação do maciço rochoso através do SMR possibilitou a compreensão da estabilidade do mesmo em relação a direcção de escavação. Deixando claro que o talude T2 é o talude mais instável da escavação existente no pegmatito.

O método de classificação geomecânica SMR, forneceu um resultado satisfatório, indicando que o maciço rochoso estudado é um maciço de qualidade regular, com níveis de instabilidade de acordo com a direcção do talude. Essa resposta possibilita um maior esclarecimento acerca dos perigos que envolvem a lavra na área em questão. A partir do SMR obtido pode-se propor cenários adequados do ponto de vista econômico e de segurança para a lavra garimpeira do Pegmatito Alto da Serra Branca.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CETEM, UFCG, UFPE, para realização deste trabalho acadêmico.

REFERÊNCIAS

AGENCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – CPRH, Governo Do Estado De Pernambuco, disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/PEDR134.pdf> Acesso em: 1 de janeiro de 2016 às 20h00min.

BIENIAWSKI, Z.T. **Engineering Rock Mass Classifications**. John Wiley & Sons publ., New York, USA, 1989.

GOODMAN, R.E.. **Introduction To Rock Mechanics**, 2nd Ed, John Wiley & Sons, New York, USA, 1989.

HUDSON, J. A. HARRISON, J. P., . **Engineering Rock Mechanics, An Introduction to the Principles**, 2nd Ed, Pergamon, Amsterdan, 2000.

LIMA, M P. **Aspectos De Lavra De Feldspato Em Pegmatitos Da Província Da Borborema**. UFCG, Campina Grande, PB, 2002

MONTEIRO, Rosália I. M. R. **Estudo geológico e geotécnico de taludes rochosos em S. Pedro da Afurada (Vila Nova de Gaia): contributos para a avaliação da estabilidade estrutural**, ISEP, Portugal, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PEDRA LAVRADA – PB disponível em: <http://www.pedralavrada.pb.gov.br/paginas/dados-geograficos> Acesso em: 1 de janeiro de 2016 às 16h00min.

ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO

Arlindo Pires Lopes

Universidade Federal do Amazonas – UFAM,
Faculdade de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Esterfeny Guedes Pires

Universidade do Estado do Amazonas – UEA,
Escola Superior de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Larissa Lázara Mesquita Cavalcante

Centro Universitário do Norte – UNINORTE,
Escola de Arquitetura, Engenharia e TI
Manaus – Amazonas

Matheus Pereira da Silva

Universidade do Estado do Amazonas – UEA,
Escola Superior de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Mayk Oris Guerreiro

Universidade do Estado do Amazonas – UEA,
Escola Superior de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Stefanny di Samuel da Costa

Universidade do Estado do Amazonas – UEA,
Escola Superior de Tecnologia
Manaus – Amazonas

Tiago de Souza Seixas

Centro Universitário do Norte – UNINORTE,
Escola de Arquitetura, Engenharia e TI
Manaus – Amazonas

dificultado devido ao abstracionismo necessário dos alunos para a visualização dos fenômenos que ocorrem nas estruturas. Como ferramenta para servir de auxílio no aprendizado, são usados programas que utilizam o Método dos Elementos Finitos (MEF) como fundamento para a resolução de problemas estruturais, pois mostra de forma clara o modelo estrutural desenvolvido na sua interface. Um dos softwares mais utilizados para a análise de estruturas e que está disponível em várias instituições educacionais através de licenças, é o SAP2000. O presente trabalho tem como objetivo elaborar um tutorial do SAP 2000 para o estudo de vibrações livres numa ponte de concreto armado, auxiliando os alunos no entendimento e análise dos resultados obtidos. Assim, é possível estimular os alunos a aprender a utilizar o programa e tornar as aulas mais atraentes.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizado, Método dos Elementos Finitos, Tutorial, SAP 2000, Pontes de Concreto Armado.

COMPUTATIONAL MODELLING ON THE STUDY OF FREE VIBRATIONS IN A REINFORCED CONCRETE BRIDGE

ABSTRACT: Learning Theory of Structure is hampered due to the necessary abstraction of

RESUMO: O estudo da Teoria das Estruturas é

the students to visualize the phenomenon that occur in structures. As a tool to serve aid in learning, are used software using the Finite Element Method (FEM) as a basis for resolving structural problems, it shows clearly the structural model developed in interface. One of the software most commonly used for the analysis of structure and is available in various education institutions through licensing is the SAP2000. This work has a goal to develop a SAP2000 tutorial for the study of free vibrations a reinforced concrete bridge, assisting the students in understanding and obtained results analysis. So, is possible to stimulate students to learn using the program and make the most attractive classes.

KEYWORDS: Learning, Finite Element Method, Tutorial, SAP200, Reinforced Concrete Bridge.

1 | INTRODUÇÃO

O aprendizado dos alunos de graduação referente à área de estruturas pode ser melhorado quando feito o uso de softwares livres para a obtenção de uma resposta mais rápida e visível quanto às influências dos elementos de contorno, seções dos elementos estruturais e tipos de carregamento, por exemplo. A relação da informática com o aprendizado de engenharia de estruturas pode ser encontrada em PRAVIA et al. (2001), PECK (2004), PRIKLADNICKI et al. (2008) e RAMIRO et al. (2014). Um programa que vem ganhando espaço na análise de estruturas é o SAP2000, tal programa faz o uso do Método dos Elementos Finitos (MEF). Segundo Zienkiewicz e Taylor (1989) o MEF é uma ferramenta de grande utilidade na interpretação e compreensão de muitos fenômenos de engenharia.

O programa comercial SAP 2000 v.16, foi escolhido para o desenvolvimento do presente trabalho por ser uma ferramenta muito difundida no campo da engenharia estrutural e, ainda por encontrar-se disponível em várias instituições educacionais através de licenças. Com o intuito de facilitar o aprendizado dos alunos de Engenharia Civil da UEA nas matérias voltadas para a Teoria das Estruturas, o presente trabalho tem o objetivo de elaborar um tutorial do SAP2000 para o estudo de vibrações livres em uma ponte de concreto armado.

O estudo de vibrações pode ser encontrado em CLOUGH & PENZIEN (1993), CHOPRA (2005), JUSTO (2010) e LIMA (2013).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, optou-se por exportar parcialmente a geometria da ponte (longarinas, transversinas e pilares) através do Autocad versão 2015.

2.1 Procedimentos No Autocad

2.1.1 Criar layers para os elementos componentes da estrutura

Clicar em LAYER PROPERTIES > NEW LAYER. Fica a critério do usuário seguir o padrão de cores da figura 1, ou não.

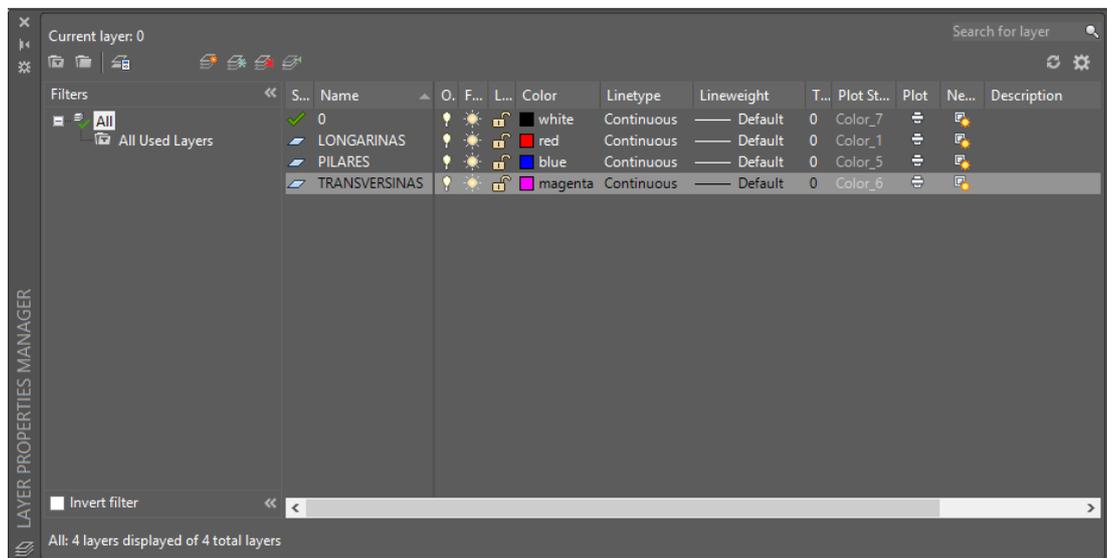


Figura 1 – Janela de layers.

2.1.2 Desenhar as Longarinas, Transversinas e Pilares

Utilizar as respectivas layers e dimensões como mostrado na figura 2.

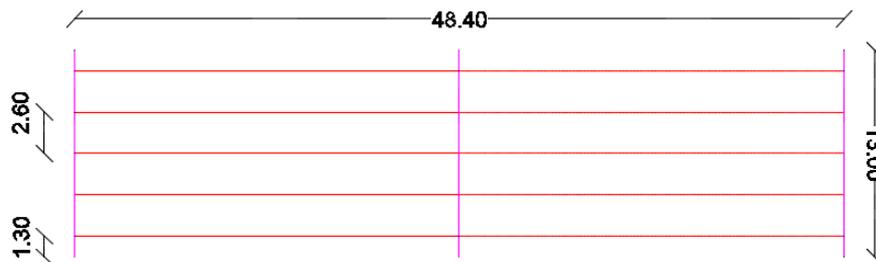


Figura 2 – Dimensões das longarinas e transversinas.

Os pilares nos apoios das extremidades e no apoio central possuem 8,00m de altura, o conjunto deve ficar igual ao mostrado na figura 3.

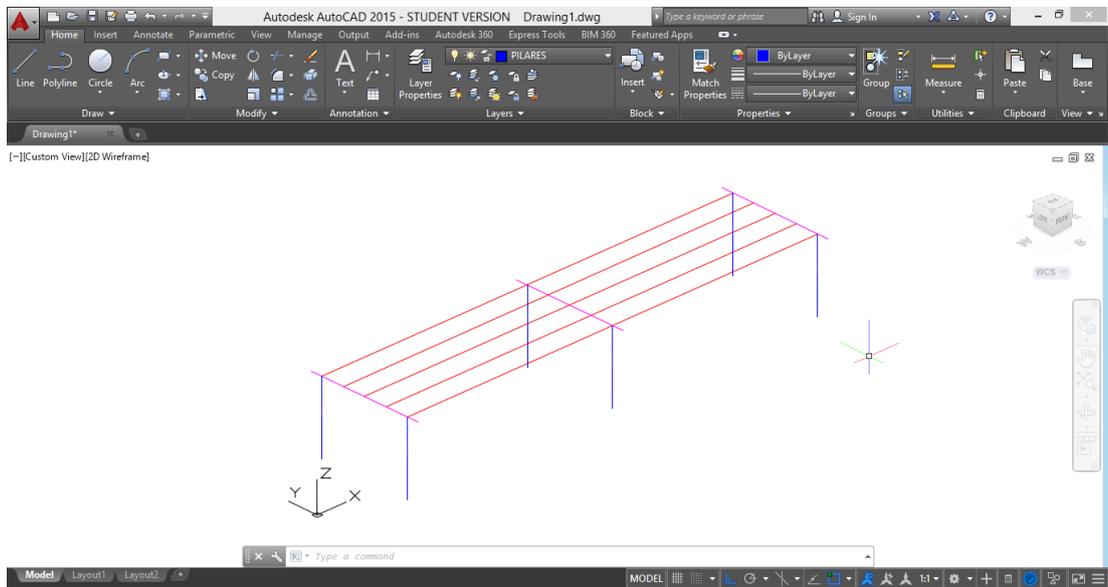


Figura 3 – Conjunto sem tabuleiro.

2.1.3 Mover o conjunto na origem

Agora arrastar o eixo global para o pilar mais próximo do conjunto, deixando-o na origem (0,0,0) e pronto para a exportação para o SAP2000.

Após a conclusão do desenho no Autocad, salvar o documento em formato .dxf para iniciar a etapa de modelagem no SAP2000.

2.2 Procedimento no SAP2000

Como a unidade utilizada para desenhar o conjunto foi metro, deve-se mudar as unidades na tela inicial para KN, m, C, como na Figura 4.

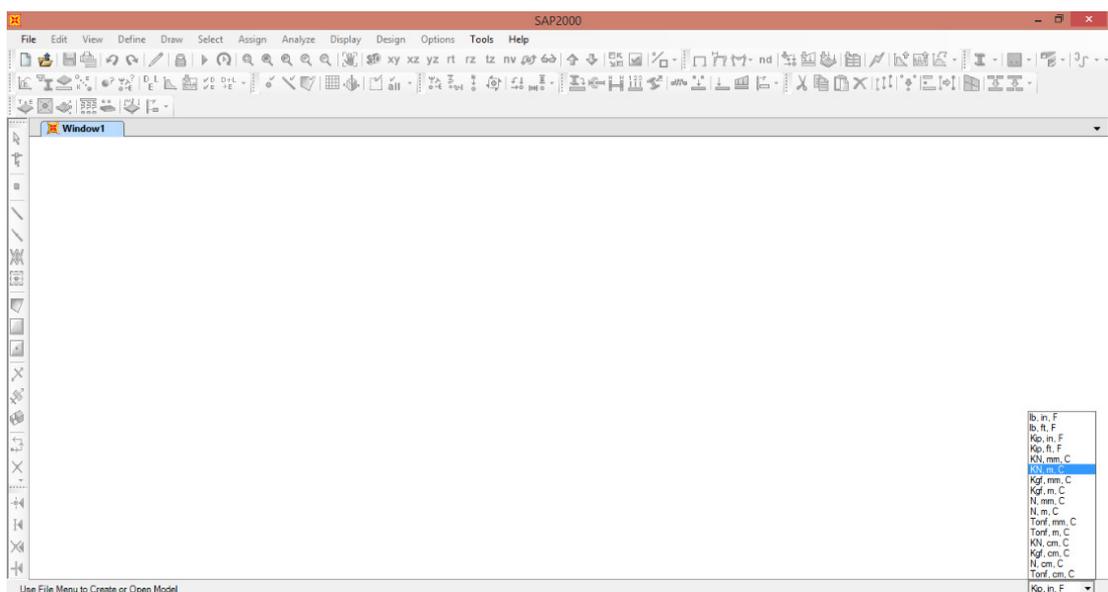


Figura 4 – Tela inicial do SAP2000.

2.2.1 Importar longarinas do Autocad

Para importar as longarinas, clique em FILE > IMPORT > AUTOCAD.DXF
FILE > ABRIR “ARQUIVO.DXF”.

Feito isso, basta-se escolher o eixo Z como a coordenada fora do plano e importar as longarinas através da layer utilizada, no item “Frames”:

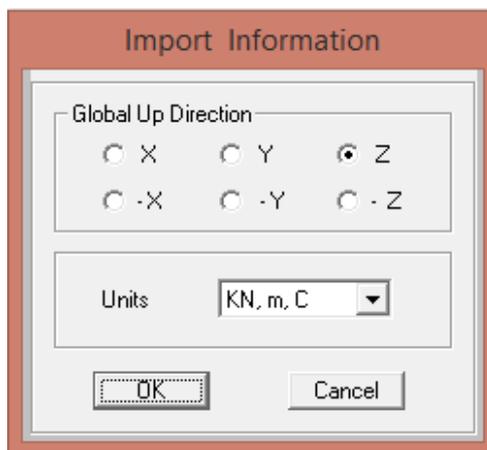


Figura 5 – Janela para a escolha do eixo.

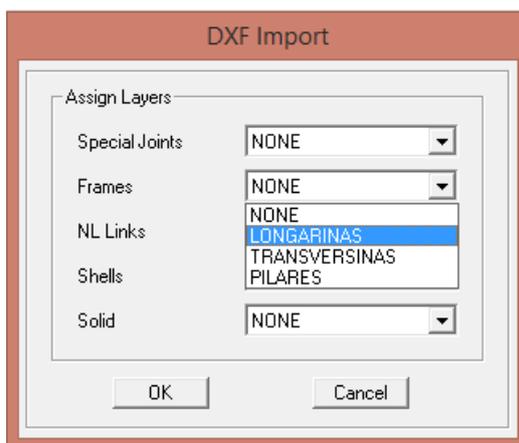


Figura 6 – Janelas para importação das longarinas.

Depois de as longarinas serem importadas do Autocad, recomenda-se a criação de grupos para facilitar a posterior atribuição da seção do elemento.

Clicar em ASSIGN > ASSIGN TO GROUP > ADD NEW GROUP > digitar o nome do grupo > OK.

Agora, repetir o processo de importação e criação de grupo para as transversinas e os pilares, pois também serão como “Frames” no SAP2000.

Depois da importação e criação do grupo dos pilares, há a necessidade de se clicar no ícone da barra de ferramentas para a visualização do modelo em 3D.



Figura 7 – Barra de ferramentas de visualização.

2.2.2 Adicionar malha de elementos finitos no tabuleiro da ponte

Clicar em DRAW > DRAW POLY AREA > selecionar os cantos das transversinas das extremidades para formar um retângulo > ENTER > ESC.

Crie um grupo para a laje do tabuleiro criado, clicando na parte central do retângulo seguindo o mesmo processo dos grupos dos elementos “Frames”.

Clique na parte central da laje criada > EDIT > EDIT AREAS > DIVIDE AREAS > digitar os valores especificados nos locais indicados na figura 7.

Dessa forma será criada a malha com 20 elementos de 0,65m direção do eixo das transversinas e 100 elementos de 0,484m na direção do eixo das longarinas ao longo do tabuleiro. Com a malha pronta, há de se fazer a união dos nós com as longarinas e transversinas.

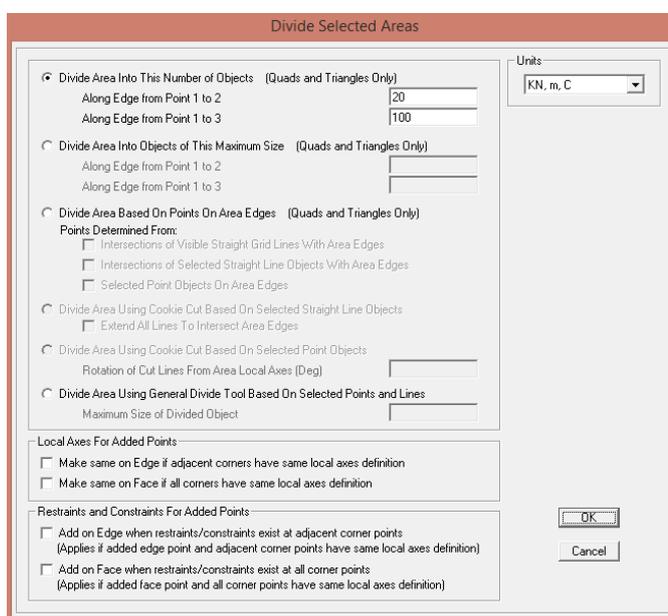


Figura 8 – Janelas para criação da malha do tabuleiro.

Dessa forma se criarão elementos de malha com 0,65m na direção das transversinas e 0,484m na direção das longarinas ao longo do tabuleiro. Com a malha pronta, há de se fazer a união dos nós com as longarinas e transversinas.

VIEW > SET 2D VIEW > X-Y PLANE > OK. Aparecerá a vista superior do tabuleiro com seus respectivos elementos, mostrada na Figura 8. Agora selecione os eixos dos elementos “Frames” e EDIT > EDIT POINTS > MERGE POINTS > OK.

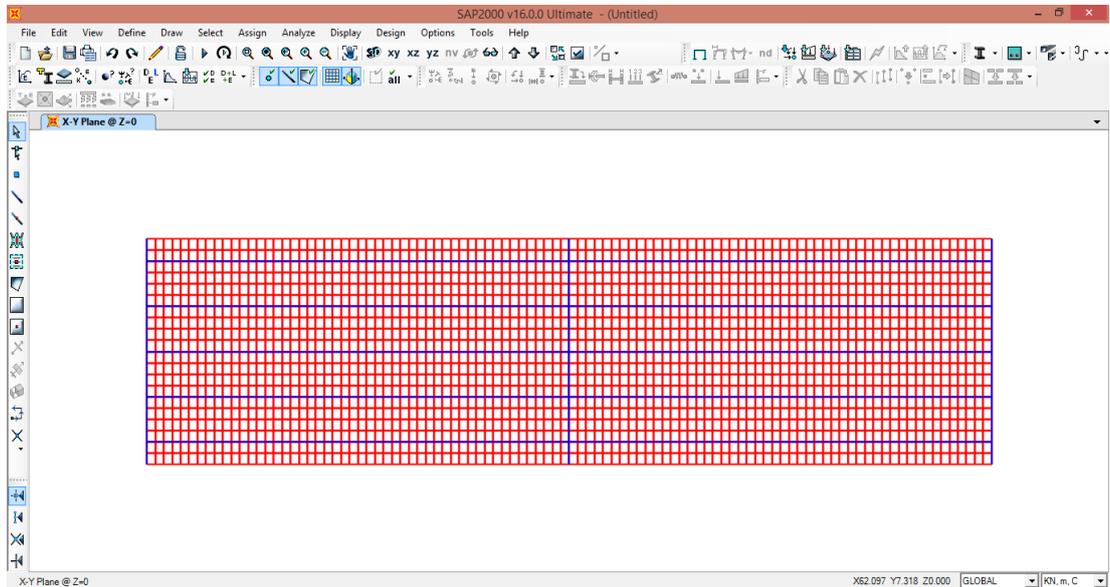


Figura 9 – Vista superior do tabuleiro.

2.2.3 Atribuir condições de contorno nos pilares

Clicar em VIEW > SET 3D VIEW > digite 10 em “elevation” > OK.

Selecione as extremidades dos pilares e ASSIGN > JOINT > RESTRAINTS > selecione a primeira opção para engastar os pilares, conforme Figura 10.

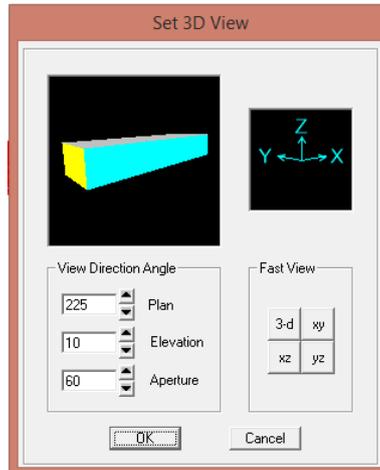


Figura 10 – Coordenadas da vista 3D.

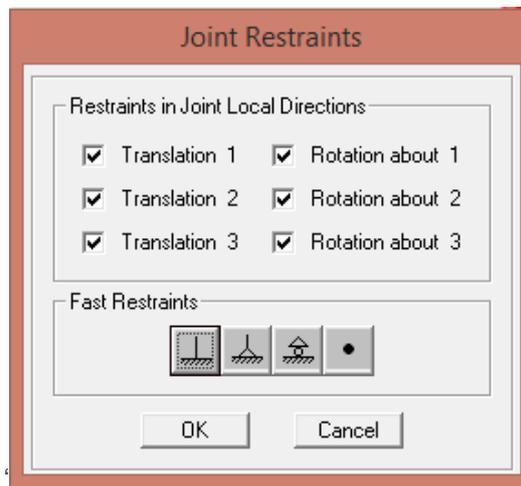


Figura 11– Inserção das restrições.

Agora volte para a vista 3D clicando em 3-d na janela do SET 3D VIEW para as próximas etapas de modelagem no SAP 2000.

2.2.4 Definição do material escolhido (concreto $f_{ck} = 35\text{MPa}$)

Clicar em DEFINE > MATERIALS > ADD NEW MATERIAL > MODIFY/SHOW MATERIAL > inserir os valores referentes ao concreto de $f_{ck} = 35\text{MPa}$.

Segundo a NBR 6118: $f_{ck} = 35\text{MPa}$ > $E = 29\text{GPa}$, adotou-se $\nu = 0,2$ e $\alpha = 10 \times 10^{-5}$.

2.2.5 Definição das seções dos elementos

Clicar em DEFINE > SECTION PROPERTIES > FRAME SECTIONS > ADD NEW PROPERTY > selecione o tipo “Concrete” > selecione os tipos de seções, renomeie cada uma e insira suas respectivas dimensões.

Frame	Dimensão (m)
B1	0,90
B2	0,55
B3	0,18
B4	0,36
D1	1,30
D2	0,15
D3	0,00
D4	0,10
D5	0,20
D6	0,20

Tabela 1 – Dimensões do frame.

As transversinas (retangulares) possuem Depth (t3) = 0.95m e Width (t2) = 0.30m. Os pilares possuem seção circular com Diâmetro de 1.40m. Concluídos os frames, agora para a seção do tabuleiro: DEFINE > SECTION PROPERTIES > AREA SECTIONS > MODIFY/SHOW SECTIONS > renomear como LAJE > inserir o concreto do tipo 35Mpa > definido anteriormente > atribuir 0.18m para Membrane e Bending > OK.

2.2.6 Atribuir as seções nos elementos

Clicar em SELECT > SELECT > GROUPS > LONGARINAS > OK > ASSIGN > FRAME > FRAME SECTIONS > LONGARINAS > OK. Repetir o processo para as transversinas e pilares.

Clicar em SELECT > SELECT > GROUPS > TABULEIRO > OK > ASSIGN > AREA > SECTIONS > TABULEIRO > OK, para o tabuleiro.

2.2.7 Visualização dos elementos estruturais da estrutura

Para visualização da ponte com seus elementos estruturais: Clicar em VIEW > SET DISPLAY OPTIONS > marcar a opção EXTRUDED. Para voltar ao tipo de visualização dos elementos sem suas seções preenchidas, basta desmarcar a opção EXTRUDED.

2.2.8 Configurações para análise da ponte

Salvar o arquivo e DEFINE > LOAD CASES > MODAL MODIFY/SHOW LOAD CASES > definir o número de modos de vibração igual a 3 > OK > OK.

Load Case Data - Modal

Load Case Name <input type="text" value="MODAL"/> <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type Modal <input type="button" value="Design..."/>
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <input type="text" value=""/> <p style="font-size: small;">Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case</p>		Type of Modes <input checked="" type="radio"/> Eigen Vectors <input type="radio"/> Ritz Vectors
Number of Modes Maximum Number of Modes: <input type="text" value="3"/> Minimum Number of Modes: <input type="text" value="1"/>		Mass Source <input type="text" value="MSSSRC1"/>
Loads Applied <input type="checkbox"/> Show Advanced Load Parameters		
Other Parameters Frequency Shift (Center): <input type="text" value="0."/> Cutoff Frequency (Radius): <input type="text" value="0."/> Convergence Tolerance: <input type="text" value="1.000E-09"/> <input type="checkbox"/> Allow Automatic Frequency Shifting		
		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>

Figura 12– Tela de configurações de análise modal.

Agora ANALYZE > SET ANALYSIS OPTIONS > selecionar a opção SPACE FRAME > OK. ANALYZE > RUN ANALYSIS > marcar a TYPE LINEAR STATIC como DO NOT RUN > TYPE MODAL > RUN NOW.

Set Load Cases to Run

Case Name	Type	Status	Action
DEAD	Linear Static	Not Run	Do not Run
MODAL	Modal	Not Run	Run

Analysis Monitor Options

 Always Show
 Never Show
 Show After seconds

Click to:

Model-Alive

Figura 13 – Tela de execução de análise.

2.2.9 Resultados das vibrações livres

Após a análise da estrutura, o SAP2000 fornece animações referentes aos três modos de vibrações, bastando clicar em START/STOP ANIMATION no canto inferior

direito da tela para início e fim das animações e as setas ao lado para visualizar os modos de vibração desejados, conforme figura 14.



Figura 14 – Ferramentas para visualização dos modos de vibração.

Especificamente para o exemplo utilizado no presente trabalho, apenas uma dentre os três modos de vibrações resultantes da análise não oferece boa visualização, portanto, aqui serão representados apenas os dois primeiros, conforme figuras 15 e 16.

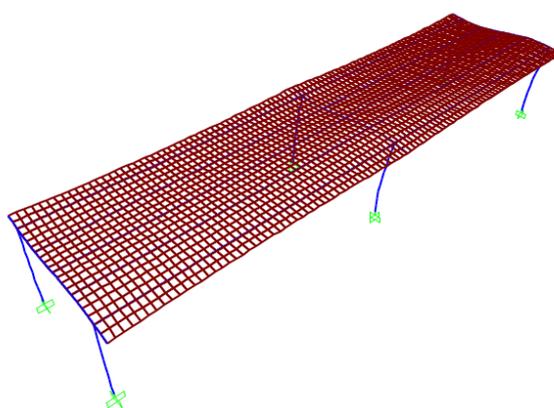


Figura 15 – 1 modo de vibração da ponte.

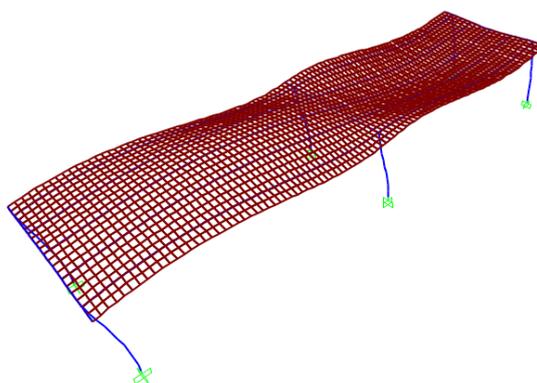


Figura 16 – 2º modo de vibração da ponte.

3 | CONCLUSÕES

A vantagem da possibilidade de implementação computacional do MEF permite que o programa SAP2000 se torne uma poderosa ferramenta para a interpretação dos fenômenos estruturais, visto que sua interface oferece uma boa visualização da estrutura modelada. Pela disponibilidade do SAP200 através de licença educacional é possível garantir a sua utilização por alunos da Universidade do Estado do Amazonas

(UEA) com o intuito de servir de auxílio no aprendizado de matérias relacionadas com a Teoria das Estruturas.

Este trabalho mostrou de uma forma simples e compacta aos estudantes do curso de Engenharia Civil da UEA a partir da utilização do SAP2000 a modelagem de uma estrutura não usual (ponte de concreto armado). Logo, pode-se servir como um recurso adicional de auxílio, criando assim uma predisposição maior ao interesse dos alunos quanto ao aprendizado de matérias relacionadas com a Teoria das estruturas, mais especificamente vibrações livres.

REFERÊNCIAS

CHOPRA, A. K. **Dynamics of structure - Theory and Applications to Earthquake Engineering**. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

CLOUGH, R. W. & PENZIEN, J. **Dynamics of Structure**. New York: Mc Graw-Hill, 1993.

JUSTO, Rodrigo André Esteves Gonçalves. **Comparação do Desempenho e de Funcionamento de Programas Comerciais (ANSYS E SAP2000) Focado à Análise Sísmica**. Lisboa. 2010.

LIMA, Gustavo Valença Fiuza. **Análise Dinâmica via Método dos Elementos Finitos do estádio Nacional de Brasília**. Brasília. 2013.

PECK, S.L.. **Trends in Ecology & Evolution**. 2004.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain; PASQUETTI, Eduardo; CHIARELLO, Juliana Ana. **Visualbarras: Um Software Didático para o Ensino de Análise Matricial de Estruturas Reticuladas Planas**. Passo Fundo. 2001.

PRIKLADNICKI, Rafael. **Ensino de Software: Desafios, Estratégias de Ensino e Lições Aprendidas**. Porto Alegre.

RAMIRO, F. S. **Softwares Educacionais – Seu Uso e Importância no Ensino – Aprendizagem dos Alunos de Engenharia Civil**. Porto Alegre. 2014.

SANTOS A. A.. **Elaboração de um Tutorial do SAP2000 para Estudo de Vibrações Livres em Pórticos Espaciais: XXXV – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, 2007.

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L. **The Finite Element Method**. 1989.

ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS

Antônio das Graças Amaral Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro.

Uberaba - MG

Elisa Norberto Ferreira Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro.

Uberaba - MG

RESUMO: A análise sensorial de alimentos é uma disciplina que se desenvolveu ao longo da história da humanidade, ganhou destaque após os eventos da primeira e segunda revolução industrial, principalmente porque o interesse dos produtores e industriais de alimentos, na medida do possível, passou a ser vender produtos com auto valor agregado e de máxima qualidade aos seus consumidores. A análise sensorial utiliza a complexa interação dos órgãos sensoriais de uma equipe de avaliadores/experimentadores (visão, paladar, tato e audição), treinados ou não, para medir objetivamente características sensoriais e também a aceitabilidade desses produtos alimentícios, e, portanto, atingir o potencial máximo de qualidade e aceitabilidade dos mesmos. Esse trabalho consiste em uma revisão bibliográfica, onde se evidencia alguns dos principais testes sensoriais desenvolvidos e atualmente utilizados em indústrias de médio e grande porte; dentre essas análises sensoriais

estão: testes discriminativos (triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla), testes descritivos (perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa) e testes afetivos (preferência e aceitação por escala hedônica).

PALAVRAS-CHAVE: testes discriminativos, testes afetivos, testes descritivos.

SENSORY ANALYSIS: DISCRIMINATING, DESCRIPTIVE AND AFFECTIVE TESTS

ABSTRACT: Sensory analysis of food is a discipline that has developed throughout the history of humanity, gained prominence after the events of the first and second industrial revolution, mainly because the interest of producers and food manufacturers, as far as possible, be to sell products with value added auto and of maximum quality to its consumers. Sensory analysis uses the complex interaction of the sensory organs of a team of evaluators / experimenters (vision, taste, touch and hearing), trained or not, to objectively measure sensory characteristics as well as the acceptability of these food products, and therefore to achieve the maximum quality potential and acceptability. This work consists of a bibliographical review, which shows some of the main sensorial tests developed and currently used in medium

and large industries; (triangular, duo - trio, ordering, paired comparison and multiple comparison), descriptive tests (taste profile, texture profile and descriptive quantitative analysis) and affective tests (preference and acceptance by hedonic scale).

KEYWORDS: discriminative tests, affective tests, descriptive tests.

1 | INTRODUÇÃO

Análise sensorial é a disciplina científica que evoca, mede, analisa e interpreta reações das características de alimentos e materiais como são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Hoje considerada um importante instrumento de *feedback* para as indústrias alimentícias, a análise sensorial torna possível o acesso a valiosas informações, tais como: características e aceitação mercadológica de um determinado produto. Com o passar do tempo, os testes sensoriais deixaram de ser exceção e se tornaram regra, pois o setor de alimentos sempre se preocupou com a qualidade sensorial de seus produtos, todavia o que antigamente era na maioria das vezes definido pelo dono ou encarregado da indústria (qualidade sensorial do produto), hoje é conduzido por uma banca de provadores (BEHRENS, 2010).

Dentro da disciplina de análise sensorial encontram-se diversos testes, dentre os quais se destacam: testes discriminativos (triangular, duo – trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla), testes descritivos (perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa) e testes afetivos (preferência, aceitação por escala hedônica, aceitação por escala ideal e intenção de compra) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A análise sensorial torna possível a coleta de dados referentes a um ou mais atributos a serem medidos em determinados produtos alimentícios; todavia, a interpretação dos dados coletados se faz por meio da estatística – dos testes anteriormente apresentados, apenas os testes comparação múltipla, aceitação por escala hedônica, perfil de textura e análise descritiva quantitativa, são os que fazem uso da análise de variância (ANOVA) por meio da estatística experimental; o teste de ordenação é realizado pelo teste de Friedman e nos demais testes utiliza-se estatística básica.

O objetivo desta revisão consiste em apresentar alguns dos principais testes que compõem a análise sensorial, dando uma atenção detalhada àqueles cujos resultados devem ser analisados via análise de variância, análises sensoriais que por consequência da natureza dos dados, poderão ou não utilizar o teste não paramétrico de Friedman.

2 | TESTES DISCRIMINATIVOS

Os métodos discriminativos são realizados através de testes que irão indicar a

existência ou não de diferença entre amostras analisadas. São testes objetivos que podem ser aplicados: ao controle de qualidade, desenvolvimento de novos produtos e também para testar a precisão e confiabilidade dos provadores (TEIXEIRA, 2009).

2.1 Teste Triangular

Nesse teste o pesquisador apresenta três amostras codificadas ao julgador, sendo duas delas idênticas e uma diferente; experimentando da esquerda para a direita, o julgador deve identificar qual a amostra distinta. A probabilidade de acertos é $p = 1/3$. A interpretação dos resultados baseia-se no número total de julgadores versus o número de julgadores corretos. Se o número de julgamentos corretos for maior ou igual ao valor tabulado, conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras no nível de probabilidade correspondente. Para que o teste represente resultados confiáveis é necessário dentre outras coisas, ocorra a seleção de 20 a 40 julgadores (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.2 Teste Duo-Trio

No teste duo-trio, o julgador recebe três amostras (uma padrão e outras duas distintas), o julgador deve tentar identificar qual é a amostra idêntica ao padrão. A probabilidade de acerto é de 50% ($p = 1/2$). A interpretação dos resultados se dá pelo número total de julgamentos corretos. Se o número de julgamentos corretos for maior ou igual ao valor tabelado, conclui-se que houve diferença significativa entre as amostras no nível de probabilidade correspondente. O número de julgadores deve ser no mínimo de sete julgadores especialistas ou no mínimo 15 julgadores selecionados.

O teste duo-trio é muito eficaz tanto para comparar diferentes formulações, quanto para treinar e testar a percepção sensorial de novos julgadores (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.3 Teste De Ordenação

O teste de ordenação avalia três ou mais amostras, simultaneamente, onde o juiz deve ordená-las de acordo com a intensidade de um atributo específico. Não quantifica o grau da diferença ou preferência entre amostras. Este teste pode ser aplicado para pré-seleção entre grande número de amostras. Uma série de três ou mais amostras codificadas aleatorizadas é apresentada ao julgador para que ordene em ordem crescente ou decrescente da intensidade do atributo específico (**Ficha 1**). O número de julgadores deve ser no mínimo de cinco especialistas ou 15 julgadores selecionados (**Quadro 1**). Para o teste de preferência em laboratório, utilizam-se 30 ou mais julgadores e, para o teste de consumidor, 100 ou mais. As amostras devem ser apresentadas de forma balanceada ou casualizada. O resultado é dado pela soma das ordens obtidas dos julgadores a cada uma das amostras. A avaliação dos

resultados é feita pelo teste de Friedman utilizando a tabela de Newell e MacFarlane para verificar se há ou não diferença significativa entre amostras. Se a diferença entre as somas das ordens for maior ou igual ao valor tabelado, conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras ao nível de significância correspondente (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie cada uma, colocando-as em ordem crescente da intensidade do atributo específico.		
_____	_____	_____
primeira	segunda	terceira
_____	_____	_____
quarta		
Comentários:		

Fonte: ABNT, NBR 13170 / 1994.

Ficha 1. Modelo para teste de ordenação.

Amostra:						
nº de codificação: (A)_____ (B)_____ (C)_____ (D)_____						
nº	Nome do julgador	Ordem de apresentação				Comentários
1		A	B	C	D	
2		A	C	B	D	
3		B	A	D	C	
4		B	C	A	D	
5		C	D	B	A	
4		C	A	D	B	
5		D	B	A	C	
6		D	C	B	A	
7		A	B	C	D	
p						
Tipos de amostras ou tratamentos		(A)	(B)	(C)	(D)	
Soma das ordens		$\Sigma(A)$	$\Sigma(B)$	$\Sigma(C)$	$\Sigma(D)$	
nº de julgamentos (p)						
nº de amostras ou tratamentos (t)						
Valor tabelado (nível de significância)						

Tabela 1. Modelo de casualização e tabulação de resultado do teste de ordenação.

Teste de Friedman – Com o número de amostras ou tratamentos avaliados (t) e o número de julgamentos (p) obtidos, utiliza-se a tabela de Newel e MacFarlane (Tabela 2, para o nível de significância), para obter a diferença crítica entre os totais de ordenação. Se as diferenças entre as soma das ordens de duas amostras (**Quadro 2**) diferirem por um valor maior ou igual ao valor tabelado (crítico), existe diferença significativa entre elas ao nível testado.

Amostras	(A)	(B)	(C)	(D)
Somatória total	$\Sigma(A)$	$\Sigma(B)$	$\Sigma(C)$	$\Sigma(D)$
Diferenças versus A	-	$\Sigma(A) - \Sigma(B)$	$\Sigma(A) - \Sigma(C)$	$\Sigma(A) - \Sigma(D)$
Diferenças versus B	-	-	$\Sigma(B) - \Sigma(C)$	$\Sigma(B) - \Sigma(D)$
Diferenças versus C	-	-	-	$\Sigma(C) - \Sigma(D)$

Quadro 1. Módulos de diferenças entre soma das ordens de amostras.

Nº de julgamentos	nº de amostras ou tratamentos										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37	
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42	
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44	
8	10	14	18	22	26	30	34	38	43	47	
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50	
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53	
11	11	16	21	25	30	35	40	45	51	56	
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58	
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61	
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63	
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66	
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67	
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69	
18	15	20	26	32	39	45	51	59	65	71	
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73	
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75	
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77	
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79	
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80	
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82	
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84	
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85	
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87	
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89	
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90	
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92	
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93	
32	19	27	35	43	51	60	68	77	85	95	
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96	
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98	
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99	
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100	
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102	
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103	
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105	
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106	
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107	
42	22	31	40	49	59	69	78	89	98	109	
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110	
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111	
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112	
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114	
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115	
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116	
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117	
50	24	34	44	54	64	75	85	95	107	118	
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124	
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130	
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135	
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140	
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145	
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150	
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154	
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159	
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167	

Fonte: ABNT – NBR 13170, 1994.

Tabela 2. Valores críticos para comparação com os módulos das diferenças entre a soma das ordens do teste de ordenação, a 5% de significância.

2.4 Teste de comparação pareada

Os testes de comparação pareada são relativamente simples – nele avalia-se um determinado atributo sensorial (doçura, acidez, etc.), por isso a interpretação sobre a diferença se dará apenas para o atributo específico que foi solicitado ao julgador.

O teste consiste na apresentação de duas amostras e o julgador deve apontar qual das duas tem maior intensidade com relação a um atributo específico. A probabilidade de acertos é de 50% ($p = 1/2$). A interpretação do resultado se baseia no número de julgamentos totais versus o número de julgamentos corretos. Se o número de julgamentos corretos for maior ou igual ao valor tabelado conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras ao nível de probabilidade correspondente.

Para que a análise possua uma boa representatividade, recomenda-se o uso de no mínimo 15 julgadores selecionados (OLIVEIRA; RIBEIRO; BATISTA, 2014).

2.5 Teste de comparação múltipla

O teste de comparação múltipla ou diferença-do-controle avalia, simultaneamente, uma ou mais amostras quanto a um atributo específico, determinando a diferença e o grau da diferença em relação a um controle (C). Apresenta-se o controle (C), a amostra-controle codificada e uma ou mais amostras-teste codificadas. Cabe ao julgador avaliar e dar valores às amostras-teste codificadas

em comparação ao controle através da escala de grau de diferença que poderá ser verbal, numérica ou mista. Para análise é necessário que se faça correspondência entre os valores verbais e numéricos. Deve-se comunicar ao julgador que uma das amostras pode ser igual ao controle.

A interpretação do resultado é realizada por meio da análise de variância e teste de comparação múltipla de médias. Quando o interesse é comparar amostra-teste com a amostra-controle, o teste apropriado é o de Dunnett, unilateral ou bilateral. O número de julgadores deve ser no mínimo 7 especialistas ou, 15 treinados. As amostras são geralmente apresentadas em delineamento experimental de blocos completos balanceados ou casualizados (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Amostra:	Julgador:	Data:		
<p>Você está recebendo uma amostra controle (C) e três amostras codificadas. Compare cada uma com o controle quanto ao atributo (especificar). Expresse o valor da diferença utilizando a escala abaixo:</p>				
1	2	3	4	5
nenhuma	ligeira	moderada	muita	extrema
valor				
	_____		_____	
	_____		_____	
	_____		_____	
Comentários:				

Fonte: ABNT, NBR 13526, 1995.

Ficha 2. Modelo para teste de comparação múltipla.

Amostra:					
nº de codificação: (A = controle codificado) _____ (B) _____ (C) _____					
nº	Nome do julgador	Ordem de apresentação			Comentários
1		A	B	C	
2		A	C	B	
3		B	C	A	
4		B	A	C	
5		C	A	B	
6		C	B	A	
p					
Soma de valores por amostra		Σ am (A)	Σ am (B)	Σ am (C)	Σ total _{am}
Soma de valores por julgador		Σ julg (1)	Σ julg (2)	Σ julg (3)	Σ total _{julg}
Média dos valores por amostra		Σ am(A)/p	Σ am(B)/p	Σ am(C)/p	
nº de julgadores ou julgamentos (p)					
nº de amostras ou tratamentos (n)					
nº de observações (N = n x p)					

Quadro 2. Modelo de casualização e resultados do teste de comparação múltipla.

Com os dados tabelados basta aplicar a análise de variância (ANOVA) e encontrar a diferença mínima significativa pelo teste de *Dunnet*.

As amostras que diferirem do controle codificado por uma diferença maior ou igual ao valor de DMS, são consideradas significativamente diferentes do controle ao nível de significância de 5%. Utilize o teste de Dunnett unilateral quando a priori

sabe-se que existe diferença entre amostras, ou bilateral quando não se sabe se existe diferença entre amostras.

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo três amostras codificadas. Avalie cada uma segundo a intensidade de dureza (atributo de textura), utilizando a escala abaixo:		
(1) Muito duro		
(2) Duro	_____	()
(3) Levemente duro		
(4) Nem duro nem mole	_____	()
(5) Levemente mole		
(6) Mole	_____	()
(7) Muito mole		
Comentários:		

Fonte: ABNT, NBR 14141, 1998.

Ficha 3. Modelo de escala estruturada de 7 pontos (numérica, verbal e bipolar).

3 I TESTES DESCRITIVOS

Nos testes descritivos procura-se definir as propriedades do alimento e medidas da maneira mais objetiva possível. Aqui não são importantes as preferências ou aversões dos julgadores, e não é tão importante saber se as diferenças entre as amostras são detectadas, e sim qual é a magnitude ou intensidade dos atributos do alimento (ANZALDÚA-MORALES, 1994).

3.1 Perfil de sabor

Pelo método perfil de sabor (Arthur D. Little, 1940 em Meilgaard et al, 1987) pode ser realizada descrição completa do odor e aroma, do sabor e das sensações bucais residuais perceptíveis pelos julgadores, determinando graus de diferenças entre amostras ou suas misturas e impressão global do produto. Os julgadores, com a ajuda do líder definem os atributos e os materiais de referência. É empregada escala constante de categoria. Sempre se avalia a amplitude do aroma e sabor, definida como a intensidade geral, ou seja, o primeiro impacto causado pelo aroma ou sabor. Embora os julgamentos sejam individuais, após cada avaliação, o líder da equipe discute com seus membros os valores de intensidade dados a cada atributo. O perfil de aroma e sabor de cada amostra é construído por consenso. Os resultados são expressos de forma tabular ou gráfica. Em geral não são conduzidas análises estatísticas dos dados obtidos. A equipe é composta por número de quatro a seis julgadores treinados. Estes devem manifestar interesse e potencial para trabalhar em grupo, habilidade para identificar e para discriminar as intensidades de gostos e odores (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.2 Perfil de textura

O método Perfil de Textura (Brandt, 1963; Civille e Szczesniak, 1973; Civille e Liska, 1975 em Meilgaard et al, 1987) pode fornecer uma descrição completa da

textura, segundo parâmetros mecânicos, geométricos, de gordura e umidade, com definição do grau em que estão presentes e da ordem com que são percebidos desde a primeira mordida até a mastigação e fases finais de deglutição. Com base nas avaliações são utilizadas classificações e definições dos termos de textura, bem como referências de intensidade descritos na literatura. Todos os termos descritivos são definidos com o objetivo de reduzir a variabilidade entre julgadores. Dependendo da escala utilizada, o tratamento dos dados pode ser obtido por consenso da equipe em cada atributo ou análise estatística pela análise de variância (ANOVA), análise multivariada (MANOVA) e análise de componentes principais (ACP). A apresentação dos resultados pode ser tabular ou gráfica. O número de julgadores pode variar de 6 a 10 e são inicialmente selecionados com base no interesse, disponibilidade e atitude, por entrevista. Os julgadores são treinados em definição de textura, procedimento de avaliação e nas escalas de referência, sendo então selecionados pela habilidade de discriminação em atributos de textura (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3.3 Análise descritiva quantitativa

O método da Análise descritiva quantitativa (ADQ) desenvolvida por STONE et al. (1974) é muito utilizado para traçar, de forma a mais completa possível, o perfil sensorial quanto aos atributos de aparência, odor, textura e sabor. O método identifica os atributos e os quantifica na ordem de ocorrência. Primeiramente, os atributos são decompostos pela equipe sensorial que busca os termos descritores, seus significados, materiais de referências adequados e a melhor sequência de avaliação. Para isto, é muito empregado o método de rede de MOSKOWITZ (1983), onde o julgador descreve as similaridades e diferenças entre pares de amostras. Os termos gerados são listados por consenso permanecendo os citados em maior número de vezes para compor a ficha. As escalas não estruturadas, de (9-15) cm, são mais empregadas. Os dados obtidos, normalmente, são submetidos à análise de variância (fontes de variação: julgador (J), tratamento (T), interação (J*T) e resíduo). Podem ser utilizados outros tratamentos estatísticos, como técnicas de análise multivariada, de acordo com os objetivos do teste. Diferenças entre tratamentos devem ser analisadas utilizando-se testes de comparação de médias, tais como de Tukey, de Duncan ou SNK (Student-Newman-Keuls). A ADQ pode ser representada por gráfico aranha e por análise de componentes principais (ACP), onde a primeira sugere similaridades e diferenças entre as amostras e a segunda aponta relações existentes entre elas, evidenciando o que mais as caracterizam. Recomenda-se que o número de julgadores selecionados seja entre 8 e 25 julgadores treinados. Avalie o desempenho de cada julgador por testes com duas ou mais amostras diferentes, em pelos menos três repetições. O critério de seleção é para os julgadores que discriminam amostras com probabilidade (p) menor ou igual a 0,50 pela ANOVA. Pode haver uma reciclagem dos julgadores selecionados. Vários delineamentos

experimentais estatísticos são recomendados, podendo-se optar pelo de blocos completos casualizados ou blocos incompletos casualizados, conforme o caso; estes são os mais frequentemente utilizados (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo duas amostras codificadas. Avalie cada uma quanto aos atributos abaixo apontando suas similaridades e diferenças.		
Códigos das amostras: _____ / _____		
	Similaridades	Diferenças
Aparência:		
Odor:		
Textura:		
Sabor:		

Ficha 4. Modelo de ficha para o método de rede.

Termos descritivos ou descritores - Atributos		Número de vezes
Aparência:	1: 2: n:	
Odor:	1: 2: n:	
Textura:	1: 2: n:	
Sabor:	1: 2: n:	

Ficha 5. Modelo para listagem consensual de atributos e número de vezes em que foram citados pelo método de rede.

Nome:..... Data:.....

Por favor, em cada amostra, avalie a intensidade de cada um dos atributos. Para isto, coloque um traço vertical na escala correspondente.

Amostra.....

Aparência	clara	intensa
Cor creme	+	+
Umidade	baixa	alta
	+	+
Aroma	ausente	intenso
Soja	+	+
Sabor	fraco	intenso
Gosto amargo	+	+
Gosto salgado	fraco	intenso
	+	+
	fraca	intensa
	+	+
Coalhada	ausente	intenso
Soja	+	+
Textura	baixa	alta
Maciez	+	+
Esfarelada	baixa	alta
	+	+

Ficha 6. Modelo de escala não estruturada para análise descritiva quantitativa.

3.4 Testes afetivos

Os testes afetivos são usados para avaliar a preferência e/ou aceitação de produtos. Geralmente um grande número de julgadores é requerido para essas avaliações. Os julgadores não são treinados, mas são selecionados para representar uma população alvo (IFT, 1981).

Os testes afetivos são uma importante ferramenta, pois acessam diretamente a opinião do consumidor já estabelecido ou potencial de um produto, sobre características específicas do produto ou ideias sobre o mesmo, por isso são também chamados de testes de consumidor (FERREIRA et al., 2000).

3.5 Testes de preferência

O provador manifesta sua preferência em relação ao produto que lhe é oferecido. As escalas mais utilizadas são de ordenação-preferência e comparação pareada. No teste de ordenação-preferência uma série de amostras é apresentada para que seja ordenada de acordo com a preferência do julgador. Na comparação pareada são apresentados pares de amostras para serem comparadas pelo julgador em relação a sua preferência.

3.6 Teste de aceitação por escala hedônica

Com o teste da escala hedônica, o indivíduo expressa o grau de gostar ou de desgostar de um determinado produto, de forma globalizada ou em relação a um

atributo específico. As escalas mais utilizadas são as de 7 e 9 pontos, que contêm os termos definidos situados, por exemplo, entre “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei”. É importante que as escalas possuam número balanceado de categorias para gosto e desgosto. As amostras codificadas com algarismos de três dígitos e aleatorizadas são apresentadas ao julgador para avaliar o quanto gosta ou desgosta de cada uma delas através da escala previamente definida (Ficha 7). Sua preferência é obtida por inferência. Os dados coletados podem ser avaliados estatisticamente pela análise de variância, ANOVA e comparação das médias de pares de amostras pelo teste de Tukey. Se for empregada escala hedônica com comparação a um padrão de referência, será utilizado o teste de Dunnett. Recomenda-se que o número de julgadores seja entre 50 e 100. O delineamento experimental a ser utilizado deve ser previamente escolhido, podendo-se optar pelo de blocos completos balanceados ou casualizados ou blocos incompletos casualizados, conforme a situação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Amostra:	Julgador:	Data:
Você está recebendo quatro amostras codificadas. Avalie globalmente cada uma segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo.		
(9) gostei extremamente	_____	()
(8) gostei moderadamente	_____	()
(7) gostei regularmente	_____	()
(6) gostei ligeiramente	_____	()
(5) não gostei, nem desgostei	_____	()
(4) desgostei ligeiramente	_____	()
(3) desgostei regularmente	_____	()
(2) desgostei moderadamente	_____	()
(1) desgostei extremamente	_____	()
Comentários:		

Fonte: ABNT, NBR 14141, 1998.

Ficha 7. Modelo de escala hedônica (estruturada verbal, numérica, bipolar).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando-se em consideração o que foi demonstrado nessa revisão, fica evidenciado que além das expostas existem ainda outros tipos de análises sensoriais, todavia são essas as que mais constam na literatura presente. Dos testes demonstrados, apenas os testes comparação múltipla, aceitação por escala hedônica, perfil de textura e análise descritiva quantitativa, são os que fazem uso da análise de variância (ANOVA) por meio da estatística experimental, e portanto pode ser que venham a utilizar o teste de *Friedman*; em todos os demais testes utiliza-se estatística básica.

REFERÊNCIAS

- ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994. 198p.
- BEHRENS, J. H. Fundamentos e técnicas em análise sensorial. p. 1–37, 2010.
- BRANDT, M.A.; SKINNER, E.Z.; COLEMAN, J.A. Texture profile method. J. **Food. Sci.** v. 28, p. 404-409, 1963.
- IFT. INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 11, p.50-57, nov. 1981.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Análise sensorial. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, n. 1, p. 42, 2008.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 1 ed., Flórida: CRC Press, 1987.
- MOSKOWITZ, H.R. **Product Testing and Sensory Evaluation of Foods. Marketing and R & D Approaches**, Food and Nutrition Press, Inc. Westport, 1983. 605 p.
- OLIVEIRA, K.; RIBEIRO, D. F.; BATISTA, E. Reconhecimento de aromas e aplicação de testes afetivos como forma de aprendizado. **Editora UniBH**, v. 7, n. n.1, p. 139–145, 2014.
- STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technol.**, v. 28, n. 11, p. 24-34, 1974.
- TEIXEIRA, L. V. Análise Sensorial Na Indústria De Alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12–21, 2009.

APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL

José Ribamar Azevedo dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, campus Itaituba
Itaituba – PA

João Roberto Ursino da Cruz

UNISA – Universidade Santo Amaro
Departamento de Tecnologia da Informação
São Paulo - SP

Marcos Paulo Santos Cardoso

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, campus Itaituba
Itaituba – PA

RESUMO: O trabalho teve como objetivo desenvolver e analisar um conjunto de experimentos baseados em jogos e gamificação, para estimular o interesse dos alunos pelo tema pensamento computacional. A metodologia da pesquisa caracteriza-se como estudo de caso de natureza aplicada. A revisão da literatura foi realizada por meio do método ad hoc. O público-alvo do estudo foram alunos do Ensino Médio de uma escola pública. Destaca-se como resultados positivos a melhora no desempenho dos participantes, os materiais elaborados e o protótipo utilizado. A partir da análise estatística, observou-se um aumento significativo nos valores do pós-teste em comparação aos do pré-teste. Portanto, os resultados da pesquisa sugerem

uma forte correlação entre jogos/gamificação e a aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional.

PALAVRAS-CHAVE: gamificação, algoritmos, lógica, pensamento computacional.

ABSTRACT: The objective of this work was to develop and analyze a set of experiments based on games and gamification, to stimulate students' interest in computational thinking. The research methodology is characterized as a case study of an applied nature. The literature review was performed using the ad hoc method. The target audience of the study were high school students from a public school. The positive results were the improvement in the performance of the participants, the materials elaborated and the prototype used. From the statistical analysis, a significant increase was observed in the values of the post-test compared to the pre-test. Therefore, the results of the research suggest a strong correlation between games / gamification and the learning of the basic concepts of computational thinking.

KEYWORDS: gamification, algorithms, logic, computational thinking

1 | INTRODUÇÃO

Pesquisas sobre a utilização de jogos e seus elementos na área da educação são

realizadas há algumas décadas (MALONE E LEPPER, 1987; LEPPER E CORDOVA, 1996; GEE, 2003; SHAFFER, 2006; KLOPPER, 2008), porém, nos últimos anos, observa-se um crescimento acelerado de pesquisas sobre o tema (KAPP, 2012). Para motivar e direcionar as pessoas na realização de determinados objetivos, jogos e gamificação vêm sendo aplicados em diferentes contextos. No contexto atual, profundamente tecnológico, a educação tem o desafio de encontrar meios de estimular os estudantes a desenvolverem habilidades que lhes permitam participar ativamente na sociedade. Nesse cenário, além do conhecimento instrumental sobre os programas e ferramentas básicas de um computador, faz-se necessária, também, a compreensão dos conceitos básicos da Ciência da Computação.

Segundo Wing (2006), pensamento computacional envolve um conjunto de habilidades intelectuais e de raciocínio que auxiliam as pessoas a interagir e aprender a pensar na resolução de problemas por meio de uma linguagem computacional. Para Aho (2012), o pensamento computacional é o conjunto de processos de pensamento envolvidos na formulação de problemas, de modo que suas soluções possam ser representadas como passos de algoritmos.

A aprendizagem de conceitos básicos do pensamento computacional tem se mostrado um processo complexo e por vezes problemático, por vários motivos, como, por exemplo a baixa capacidade de abstração, falhas na resolução de problemas e deficiências do estudante na formação básica. Esta realidade tem impulsionado pesquisas por novas ferramentas e metodologias que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos do pensamento computacional.

Nesse contexto, apresenta-se este trabalho que busca contribuir com a área em questão. Para tal, realizou-se um estudo de caso, apoiado em jogos e técnicas de gamificação, com o propósito de avaliar seus impactos sobre o ensino-aprendizagem de conceitos básicos do pensamento computacional. Para alcançar as metas, pesquisaram-se os principais elementos dos jogos e analisaram-se as técnicas de gamificação mais eficazes para posterior aplicação no experimento aqui proposto.

Nesse trabalho, realizaram-se um estudo piloto e dois experimentos controlados com alunos do primeiro ano do ensino Médio Técnico de uma escola pública, estas atividades foram realizadas na disciplina de introdução a algoritmos. O experimento foi realizado no ano de 2016, com 37 alunos do Ensino Médio de uma escola pública, estes tinham média de idade de 15 anos. A partir da análise da diferença, entre o grupo antes e o grupo depois da intervenção com jogos e técnicas de gamificação, notou-se uma diferença significativa no comportamento e nas notas dos participantes depois da intervenção.

Em relação à análise empírica para amostras pareadas, os resultados mostram uma diferença positiva no grupo depois da intervenção em comparação ao grupo antes da intervenção, isto é, os alunos efetivamente tiveram seus desempenhos melhorados depois da intervenção. Para descrever as atividades realizadas nesta pesquisa, nas próximas seções apresentam-se os trabalhos relacionados, a

Metodologia Científica, o protótipo desenvolvido, por fim, a análise dos resultados, as considerações finais e trabalhos futuros.

2 | TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção apresentam-se abordagens e ferramentas que se assemelham à proposta deste trabalho, descrevendo seus aspectos comuns e as principais diferenças.

No livro “A theory of fun for game design”, Koster (2005), faz uma discussão sobre as relações entre aprendizado, jogos e diversão, e porque procuramos aprender por meio da diversão. De acordo com o autor, o aprendizado emerge, essencialmente, da diversão.

Em outro estudo, Sheldon (2012) descreve sua experiência de professor para adaptar suas aulas, deixando-as mais atrativas e dinâmicas, mediante uso de elementos de jogos. Segundo o autor, não existe uma fórmula ou caminho pronto para aplicar os conceitos de gamificação, pois dependendo do problema pode-se requerer uma abordagem diferente.

Em Pinho *et al.*, (2016), relata-se o projeto, implementação e aplicação de um jogo digital educativo, sobre busca de dados, voltado ao Ensino Fundamental, para auxiliar o estímulo de habilidades do pensamento computacional. Diferente da proposta de Pinho, a ferramenta utilizada neste trabalho é um protótipo em fase de desenvolvimento, este foi validado por intermédio de testes de usabilidade e ensino-aprendizagem, além disso, a ferramenta foi implementada para atender alunos iniciantes do Ensino Médio.

Nesta pesquisa, entende-se como testes de ensino-aprendizagem os questionários pré e pós testes aplicados antes e após a execução das atividades gamificadas. O objetivo dos testes foi determinar se a abordagem de ensino que fez uso de gamificação auxiliou de alguma forma na melhoria do desempenho dos alunos em relação a assimilação de conceitos básicos de algoritmos e lógica computacional.

Em Falcão *et al.*, (2014), descreve-se a utilização de uma ferramenta de apoio à aprendizagem, que faz uso de elementos de jogo, para estimular o interesse dos alunos em outros ambientes, fora da sala de aula. O trabalho de Falcão apresenta semelhanças com o nosso por possibilitar o estudo fora da sala de aula por meio tecnologias mobile e páginas web. Entretanto, esta proposta difere de Falcão, por ter como foco principal o processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos do pensamento computacional.

O artigo de Brazil e Baruque (2015) objetiva avaliar o impacto da gamificação nos cursos de desenvolvimento de jogos digitais oferecidos na graduação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rio de Janeiro (IFRJ), a partir de três dimensões: satisfação, aprendizagem e envolvimento do aluno. O estudo de caso foi

feito em um Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais. Segundo os autores, a abordagem de gamificação incluiu o uso dos elementos de pontuação, níveis de experiência, títulos, desafios, conquistas e música.

A pesquisa de Brazil e Baruque (2015) indicou que 82% dos alunos são favoráveis ao uso dos elementos de desafios e conquistas nas aulas, desse total 72% deles consideram que o uso desses elementos ajuda no processo de aprendizagem do curso. Brazil e Baruque (2015) afirmam que o uso de gamificação no ensino de disciplinas ligadas ao desenvolvimento de jogos digitais foi considerada favorável e significativa pela maioria dos alunos do curso, para todos os elementos de gamificação utilizados na abordagem, com exceção apenas do elemento de música.

Entre todos os elementos de gamificação avaliados, a pesquisa indicou que as conquistas e os desafios foram os elementos que melhor contribuíram para a dimensão de aprendizagem, considerada a mais relevante para a eficácia de um curso. Brazil & Baruque, abordam um estudo de caso que difere deste trabalho no perfil das turmas. Além disso, neste trabalho, utilizou-se um conjunto de experimentos para avaliar os impactos da gamificação.

3 | METODOLOGIA CIENTIFICA

A pesquisa caracteriza-se, quanto à natureza, como pesquisa aplicada, tendo finalidade exploratória, pois busca ampliar o entendimento do problema (GIL, 2002). Quanto às estratégias técnicas utilizadas, configura-se como estudo de caso. Em relação à revisão da literatura, definiu-se o método de pesquisa *ad hoc*. Quando aos procedimentos estatísticos aplicaram-se testes paramétricos para amostras pareadas, pois pretendia-se comparar a diferença de desempenho do grupo, analisado, antes e depois da intervenção.

A respeito das fases do trabalho, este, foi organizado em oito etapas: (i) definição e planejamento das ações a serem executadas; (ii) elaboração dos materiais instrucionais gamificados dos conteúdos (operadores aritméticos, lógicos e relacionais) com o propósito de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem, utilizou-se materiais como (eva, cartolinas, fitas adesiva, pinceis, bolas, dados, etc) (iii) oficina sobre conceitos básicos do pensamento computacional com o objetivo de tornar a experiência do aluno iniciante, em algoritmos e lógica, mais lúdica e engajadora; (iv) prototipação de software mediante a técnica de prototipagem de alta fidelidade a partir dos dados coletados das experiências obtidas de fases anteriores a exemplos das oficinas gamificadas, tendo como objetivo tornar conteúdo algoritmo e lógica mais divertido e engajado por meio dos elementos de jogos introduzidos além de facilitar o acesso do mesmo fora do ambiente escolar; (v) testes de usabilidade do protótipo (vi) aplicação de questionários qualitativos e quantitativos; (vii) análise dos resultados; (viii) documentação e publicação dos resultados.

As revisões bibliográficas são frequentemente efetuadas com pouca ou nenhuma sistematização, o que as torna passíveis de produzir resultados enviesados, duplicados e/ou com pouco valor científico (Mafrá e Travassos 2006). As falhas podem ser oriundas dos processos de seleção das publicações científicas da revisão bibliográfica, em erros na elaboração dos critérios de busca ou na seleção das palavras chaves e/ou citações.

O Mapeamento Sistemático (MS) é um estudo que segue um processo de pesquisa bem definido, para identificar, analisar e interpretar as evidências disponíveis relacionadas a uma ou mais questões de pesquisa, de uma maneira não tendenciosa e até certo grau repetível (Kitchenham e Charters 2007).

O planejamento do MS foi realizado de acordo com o modelo de protocolo apresentado por Kitchenham (2004). Seu objetivo consiste em definir os parâmetros para realizar a pesquisa sistemática e as questões que devem ser respondidas. Assim, o planejamento constituiu-se na definição dos objetivos da pesquisa, formulação da questão da pesquisa, estratégias de busca, critérios para seleção dos estudos, estratégias de extração e sumarização dos resultados.

3.1 Questões norteadoras

Para nortear esta investigação, as seguintes questões e métrica foram definidas: A questão principal (QP) delineada neste trabalho foi: “Jogos e técnicas de gamificação são eficazes para o ensino-aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional?”

Em contrapartida definiu-se a seguinte questão secundária (QS): “O protótipo contribui para melhoria da aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional?”.

Quanto à métrica, definiu-se o desempenho obtido pelos estudantes nos seguintes conteúdos: (i) efetuar uma sequência de passos conforme a análise das estruturas condicionais básicas; (ii) identificar uma sequência correta de instruções; (iii) interpretar e executar instruções com variáveis e estrutura de repetição; (iv) identificar e executar operações com operadores lógicos e relacionais; (v) aplicar o raciocínio lógico na resolução de problemas.

Para responder à questão QP, “jogos e gamificação potencializam a aprendizagem de conceitos básicos do pensamento computacional?”, uma hipótese nula e uma alternativa foram definidas:

Hipótese Nula (H0): $p = 0$ (não existe correlação entre jogos/gamificação e o ensino-aprendizagem do pensamento computacional).

Hipótese Alternativa (H1): $p \neq 0$ (existe correlação entre jogos/gamificação e o ensino-aprendizagem do pensamento computacional).

4 | PROTÓTIPO DO APLICATIVO

O protótipo é um aplicativo que tem por finalidade auxiliar o processo de ensino de conceitos básicos do pensamento computacional. O projeto foi desenvolvido para execução em dispositivos móveis e computadores desktop. Para o desenvolvimento foram utilizadas as seguintes tecnologias: HTML5, JavaScript, CSS, software de prototipagem AxureRP8, e banco de dados MongoDB. Na Figura 1 apresentam-se três atividades que podem ser realizadas no protótipo:



Figura 1 - telas do protótipo

A ferramenta desenvolvida apresenta três atividades. Na primeira atividade, o usuário possui, inicialmente, 3 minutos para encontrar os ingredientes corretos, conforme as instruções exibidas, até que uma receita seja montada corretamente, caso o usuário não consiga montar a receita no tempo determinado, o sistema apresenta receitas mais simples para o usuário montar o objetivo dessas atividades é representar os passos de um algoritmo de forma interativa e dinâmica.

Na segunda, atividade o usuário possui 3 minutos para completar a meta de encaixar os quebra cabeças nos seus respectivos pares correspondentes até montar o objeto, o nível de complexidade aumenta gradativamente a partir de fácil para médio e difícil, os desafios são constituídos por questões que abragem os operadores lógicos, aritméticos e relacionais.

A terceira atividade, foi modelada com as técnicas de gamificação (feedback, sistema de pontuação e recompensa). Esta apresenta ao usuário um conjunto de símbolos com nomes aleatórios dentro dos objetos (quadrado, círculo, triângulo, etc.), logo os nomes podem estar corretos ou não. O propósito deste módulo é que o usuário escolha o objeto correto de acordo com o nome do símbolo apresentado pelo sistema, caso o usuário acerte as respostas, este acumula pontos, senão os

pontos são decrementados e caso o usuário erre a resposta três vezes seguida, o sistema redireciona-o para uma tela de explicação do conteúdo, a exemplo, cita-se a tela que trata das estruturas de repetição.

5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos, a partir da análise dos grupos de controle e experimental e da observação dos resultados dos pré e pós-testes sugerem uma correlação positiva entre a capacidade de aprender por meio de conteúdo gamificado e a melhora no desempenho dos alunos em conteúdo de algoritmo e lógica aplicada a computação.

Após a seleção dos artigos e a extração de dados, um relatório foi produzido contendo as principais informações e discussões a respeito dos assuntos e das abordagens utilizadas durante o processo de MS.

A maioria dos artigos analisados, em algum momento da pesquisa, fazem uso de softwares ou protótipos para validarem seus experimentos. Quanto aos aspectos pedagógicos, poucos estudos abordam a temática, dos 23 artigos apenas 4 citam o assunto, o que pode ser um ponto negativo de tais pesquisas. Além disto, verifica-se que é razoável a aplicação de técnicas de gamificação em sistemas de educação a distância. Por fim, constatou-se que as pesquisas concentraram seu foco no aprendizado de algoritmos básicos de ordenação como bubble sort, selection sort e quick sort.

Para obter a percepção dos alunos elaborou-se um questionário cujos itens utilizavam uma escala Likert de cinco pontos: Discordam Totalmente (DT), Discordam (D), Neutro (N), Concordo (C) e Concordo Totalmente (CT). A percepção do usuário foi aferida em relação a facilidade de uso, utilidade do aplicativo, interface do aplicativo, ensino/aprendizagem e elementos de jogo.

As atividades realizadas na oficina consistiam em: (i) ordenar um conjunto de valores, conforme um algoritmo básico de ordenação, e (ii) seguir uma sequência lógica de passos. Estas atividades tinham como propósito: auxiliar o desenvolvimento do raciocínio lógico, trabalhar a resolução cooperativa de problemas, empregar conceitos de operadores lógicos, comparar e ordenar um conjunto de números aleatórios, trabalhar de variável, atributos, estrutura condicional e de repetição. Em relação às atividades com jogos e gamificação, mediante uso de dispositivos móveis e computadores, os participantes testaram um protótipo, ao longo de quatro seções.

Ressalta-se que cada seção de teste durou uma hora, ocorrendo, em dias alternados. Em relação às características do protótipo, destaca-se os elementos de diversão, feedback, recompensa, desafio, ambiente de aprendizado lúdico e níveis de aprendizado diferente. Para avaliar as características de interação entre homem/máquina foi aplicado um teste de usabilidade sobre o protótipo. O teste buscou avaliar características como: (i) facilidade de uso; (ii) utilidade do aplicativo; (iii) interface do aplicativo; (iv) ensino-aprendizagem; e (v) elementos de jogo.

Na Tabela 1, apresentam-se as respostas dos entrevistados para o item Ensino-Aprendizagem, após testarem o protótipo.

Item avaliado –Ensino-aprendizagem	Respostas				
	DT	D	N	C	CT
Q1 - O aplicativo contribui para a minha aprendizagem	2	2	10	20	3
Q2 - Me sinto satisfeito com as coisas que aprendi no aplicativo	4	2	9	16	6
Q3 – O aplicativo contribuiu para a aprendizagem de algoritmos/lógica	3	1	12	19	2
Q4 – A organização do conteúdo me ajudou a estar confiante de que aprenderia com este aplicativo	1	2	5	25	4
Q5 - O aplicativo foi eficiente para minha aprendizagem, em comparação com outras abordagens de aprendizagem	1	2	15	16	3
Q6 - O aplicativo é adequado para o ensino de lógica computacional e/ou algoritmo.	2	2	8	16	9
Total	13	11	59	112	27
Porcentagem %	5.8	4.9	26.5	50.4	12.1

Tabela 1 - Questionário do item ensino-aprendizagem

Legenda: DT – Discordo Totalmente; D – Discordo; N – Neutro; C – Concordo; CT –Concordo Totalmente.

Nota-se na Tabela 1, que a avaliação das 6 questões do item ensino-aprendizagem recebeu as seguintes porcentagens: 5,8% dos usuários discordam totalmente das afirmativas sobre ensino-aprendizagem; 4,9% discordam destas afirmativas; 26,5% mantiveram-se neutros; 50,4% dos usuários concordam com as afirmativas sobre ensino-aprendizagem; por fim, 12,1% concordam totalmente com as afirmações sobre o item ensino-aprendizagem.

O foco principal do protótipo é auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional. Neste quesito a questão 6 (Q6) da Tabela 1 apresentou bons resultados, pois 16 usuários concordam que o aplicativo é adequado para o ensino de lógica e/ou algoritmo; além disso, mais 9 alunos concordam totalmente com o conteúdo desta questão.

O desempenho de cada participante no teste de conhecimento foi mensurado em uma escala de zero a dez, sendo que cada questão correspondia a um ponto. O gráfico da Figura 2 sumariza os resultados alcançados pelos 37 alunos no pré-teste e no-pós teste, mostrando o valor final das notas de cada aluno.

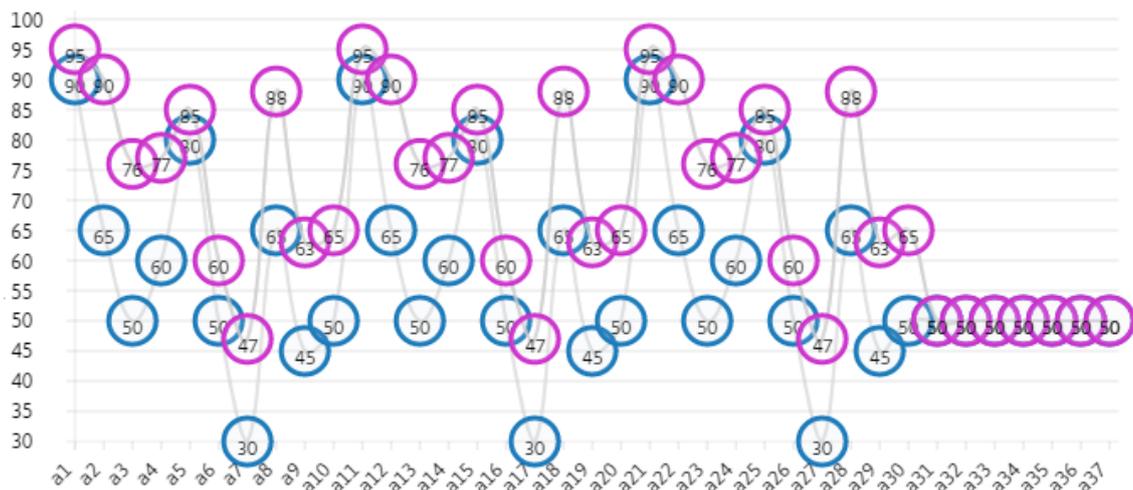


Figura 2 - gráfico das notas do pré e pós-teste

Observa-se por meio dos gráficos da Figura 2 e Figura 3 que os participantes conseguiram melhores resultados no pós-teste do que no pré-teste. Em análise, a Figura 3, verifica-se no pré-teste a média de 49,8 de acertos para um conjunto de 10 questões, enquanto que no pós-teste obteve-se a média de acertos de 74,6 para o total de 10 questões aplicadas. Também, averiguou-se o percentual de acertos em cada questão do pré-teste, do conjunto de 10 questões observadas, duas apresentaram o menor valor de acertos, por participantes (Q3 – 30% | Q7 – 30%), por outro lado, o maior valor de acertos por participantes ocorreu na questão 1 (Q1 – 88%). Logo, no pré-teste, determinou-se o valor 58 como o intervalo da diferença do conjunto de valores observados. Desse modo, no pós-teste o menor valor de acertos em uma questão foi 47%, relativo a (Q7), enquanto que o maior valor de acertos em uma questão correspondeu a 95%, relativos a (Q1), sendo o intervalo da diferença deste conjunto o valor 48.

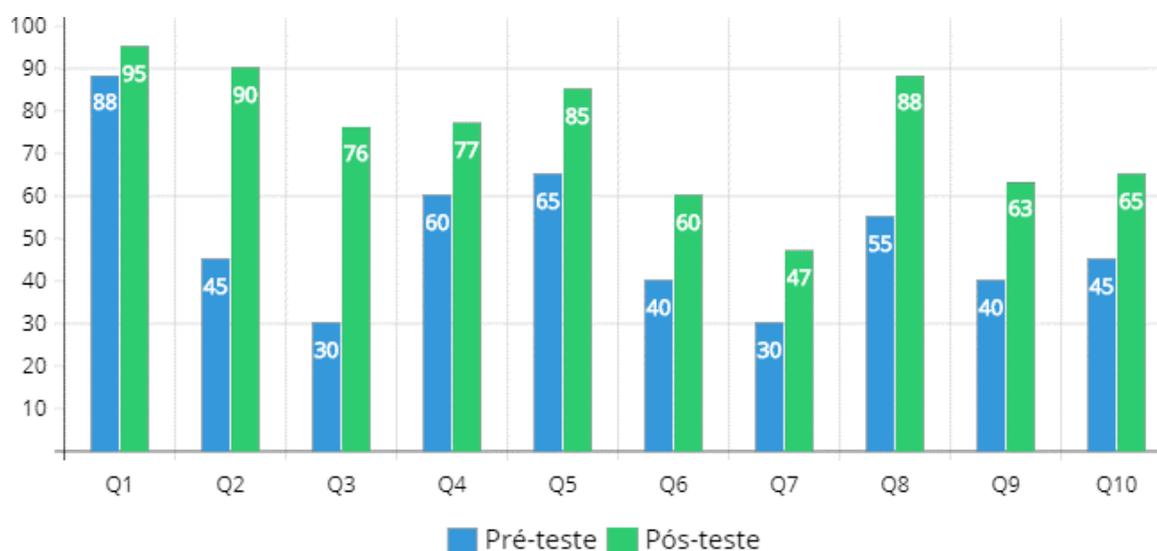


Figura 3 – gráfico da porcentagem de acertos no pré e pós-teste

Ressalta-se que no pré-teste nenhum dos participantes obteve a pontuação

máxima, fato este, também observado no pós-teste. As questões com menor percentual de acertos no pré-teste (Q3 e Q7) tratavam respectivamente sobre: (i) interpretação e execução de instruções com variáveis e estruturas de repetição e (ii) resolução de operações de 1º grau. Por outro lado, a questão com maior percentual de acertos no pré-teste (Q1) abordava a temática efetuar uma sequência lógica de passos. No caso do pós-teste a questão com maior percentual de acertos foi a (Q1), esta tratava o tema efetuar uma sequência lógica de passos, em contrapartida a questão com menor porcentagem de acertos no pós-teste foi a (Q7), esta abordava a resolução de equações do primeiro grau.

Considerando-se a análise quantitativa, observa-se que não houve diminuição nas médias do pós-teste. Para as 10 questões observadas na Figura 3, nota-se que em todas as questões do pós-teste houve aumento de acertos, com crescimento mais significativos para as questões Q2 (45%) e Q3 (46%) e menos significativos para as questões Q1 (7%) e Q5 (20%).

Com base nos dados dos testes de conhecimento sobre aplicação de conceitos básicos do pensamento computacional, referentes aos temas algoritmo, lógica aplicada a computação e matemática básica, determinou-se os seguintes resultados: (i) Pré-teste, o grupo antes da intervenção com jogos e técnicas gamificação apresentou desempenho médio (\bar{X}) de 49.8 pontos, com desvio padrão $\sigma = 17.7$, variância de 315.9 e mediana $Md = 45$. O valor da moda no conjunto não foi determinado, pois, 3 valores repetiram-se por duas vezes; (ii) no Pós-teste o grupo apresentou após a intervenção com jogos e técnicas de gamificação desempenho médio (\bar{X}) de 74.6 pontos, com desvio padrão $\sigma = 15.4575$, variância de 238.9, mediana $Md = 76.5$, neste grupo não foi possível determinar a moda, pois cada valor do conjunto ocorreu apenas uma vez.

Com o propósito de verificar se as médias do grupo antes e depois da intervenção diferem significativamente utilizou-se o test t de Student para amostras pareadas. Em relação aos 37 participantes do grupo analisado, auferiu-se a média do grupo antes da intervenção (56,8) e depois da intervenção (69.9), a variância e desvio padrão do grupo antes da intervenção foi respectivamente de 240.7 e 15.5; enquanto que a variância e desvio padrão depois da intervenção foi respectivamente de 274.6 e 16.5, enquanto o valor estatístico t calculado foi de -8.6, apontando que o grupo antes e após a intervenção apresentam valores significativamente diferentes com $p < 0.05$.

Para determinar se haviam relacionamento entre as variáveis observadas no trabalho, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) com o propósito de determinar se existia algum relacionamento estatístico entre a variável (jogos/gamificação) e a variável (aprendizagem dos participantes). Na Figura 4 pode ser observado o gráfico de correlação linear e a equação de regressão linear.

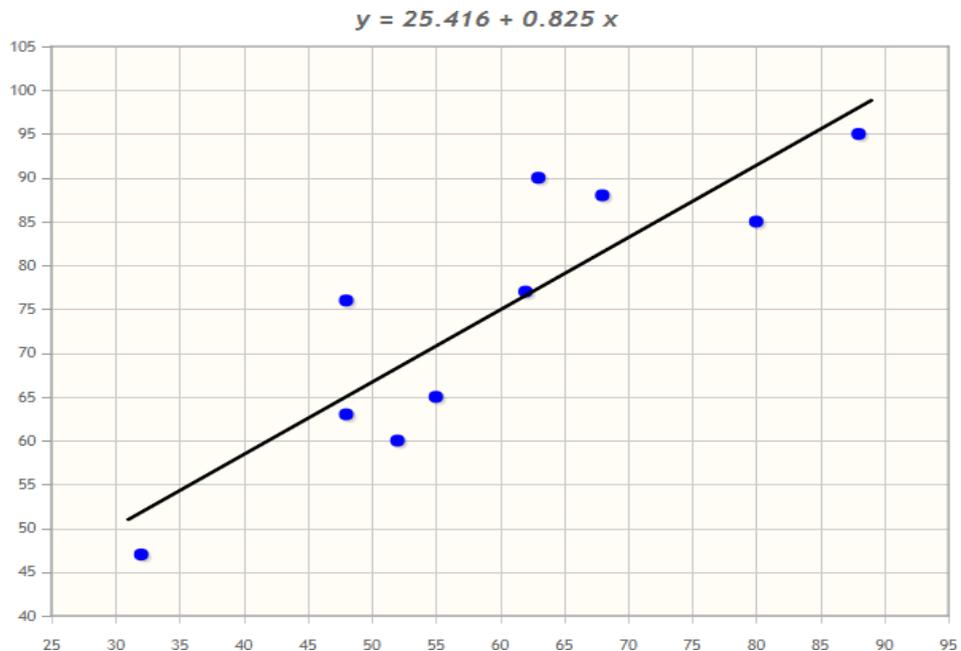


Figura 4 – Gráfico de regressão linear

Na análise quantitativa, o coeficiente de correlação linear determinou o valor de $(r = 0.8755; y = 25.416 + 0.825 \cdot x)$. Como o valor de $r = 0.8755$ está próximo de 1, isto significa que há uma forte correlação linear entre a variável independente (jogos/gamificação) e a variável dependente (aprendizagem do pensamento computacional).

5.1 Resposta as questões da pesquisa

Para a questão principal da pesquisa, QP “Jogos e técnicas de gamificação são eficazes para o ensino-aprendizagem do pensamento computacional?”, obteve-se a seguinte resposta:

Sim, a abordagem com jogos e gamificação mostrou-se eficaz para o ensino-aprendizagem do pensamento computacional, pois foram obtidos resultados positivos no pós- teste e no test t de Student para amostras pareadas. Em um intervalo de (0-100) a média alcançada pelo grupo antes da intervenção foi de 56.8 e depois da intervenção a média subiu para 69.9, o valor estatístico do teste (t) obtido a partir da análise do grupo antes e depois da intervenção foi de -8.6, apontando que o grupo antes e após a intervenção apresentam valores significativamente diferentes com $p < 0.05$, assim, a Hipótese Nula foi descartada e a Hipótese Alternativa aceita com intervalo de confiança de 95%. Além disso, aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) que apontou para a existência de um forte relacionamento estatístico entre a variável (jogos/gamificação) e a variável (aprendizagem dos participantes).

Em relação à questão secundária, QS “O protótipo contribui para melhoria da aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional?”, obteve-se a seguinte resposta:

Sim, o protótipo auxiliou positivamente na aprendizagem dos conceitos

abordados. Essa afirmativa é possível a partir da análise dos resultados do teste de conhecimento e teste de usabilidade. No teste de conhecimento foi observado que antes da intervenção a média (X) alcançada pelo grupo foi de 49.8 pontos e desvio padrão de $\sigma = 17.7$, estes valores, após o processo de intervenção com gamificação, aumentaram, significativamente, ficando a média (X) do grupo com valor de 74.6 pontos e desvio padrão de $\sigma = 15.4575$. Para maior acurácia um grupo de 10 alunos realizou-se testes utilizando apenas metodologias tradicionais de ensino e outro grupo de alunos foi submetido a testes de aprendizagem após aulas gamificadas. Os alunos que tiveram acesso as aulas gamificadas apresentaram melhor desempenho em todas as questões avaliadas. Além disso, notou-se maior interesse dos participantes em conteúdos relacionados ao tema pensamento computacional.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de jogos e técnicas de gamificação no contexto escolar contribuíram, efetivamente, para o desenvolvimento de um ambiente de imersão, propício à aprendizagem dos conceitos e habilidades básicas do pensamento computacional. A introdução de jogo e técnicas de gamificação no ambiente de aprendizagem auxiliou positivamente a mudança de comportamentos dos participantes que passaram a demonstrar maior interesse nos conteúdos abordados e, conseqüentemente, no curso.

A avaliação realizada neste trabalho mostra que a introdução de jogos e gamificação, mediante um protótipo de alta fidelidade, auxiliou positivamente o processo de ensino-aprendizagem. A ferramenta utilizada nas aulas foi bem avaliada em questões como: (i) facilidade de uso; (ii) utilidade do aplicativo; (iii) interface do aplicativo; (iv) ensino-aprendizagem; e (v) elementos de jogo. No entanto, devido as limitações de espaço foi detalhado, apenas os resultados do item ensino-aprendizagem que obteve boa avaliação dos participantes.

Em relação aos resultados empíricos apresentados, observou-se que o jogo e as técnicas de gamificação contribuíram de forma significativo para o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional referente aos seguintes temas: estruturas condicionais (se, senão, somente se), estruturas de repetição (enquanto, para), operadores aritméticos, lógicos e relacionais.

Ressalta-se, também, os materiais elaborados e os experimentos aplicados. Além disso, a partir da análise estatística, sobre as amostras pareadas, observou-se uma correlação significativa entre jogos e gamificação e a aprendizagem dos conceitos básicos do pensamento computacional.

Como trabalhos futuros pretende-se melhorar o protótipo, adicionando-se mais interação e *feedback* para o usuário, além de transformá-lo em um aplicativo totalmente funcional, também, almeja-se aprimorar os materiais instrucionais, validando-os por meio de análises estatísticas.

REFERÊNCIAS

- AHO, A. V., **Computation and computational thinking**. Computer Journal, v. 55, n.7, pp. 832–835, 2012.
- BRAZIL, A. L., BARUQUE, L. B., **Gamificação Aplicada na Graduação em Jogos Digitais**. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, p. 677 – 686, 2015.
- FALCÃO, A. P.; LEITE, M. D.; TENÓRIO, M. M., “**Ferramenta de apoio ao ensino presencial utilizando gamificação e design de jogos**”. *Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 2014).
- GEE, J. P., **What video games have to teach about learning and literacy**. Palgrave Macmillan, New York, 2003.
- GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- KLOPFER, E. **Augmented learning: Research and design of mobile educational games**. The MIT Press, 2008.
- KOSTER, R., **Theory of Fun for Game Design**. Arizona: Paraglyph Express, 2005.
- LEPPER, M. R. AND CORDOVA, D. I., **Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, Personalization, and choice**. *Journal of Educational Psychology*, 88(4), pages 715-730, 1996.
- Mafra, S. N., Travassos, G. H., **Estudos primários e secundários apoiando a busca por evidência em Engenharia de Software**. Relatório Técnico, RT-ES 687/06. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação (PESC), COPPE/UFRJ, 2006.
- Malone, T. W. and Lepper, M. R., **Making learning fun: A Taxonomy of intrinsic motivations for learning**. In **Aptitude, Learning, and Instruction**: Vol. 3. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1987.
- PINHO, G.; WEISSHAHN, Y., CAVALHEIRO, S.; CAVALHEIRO G.; PIANA, C. F. B. “**Proposta de Jogo Digital para Dispositivos Moveis: Desenvolvendo Habilidades do Pensamento Computacional**”. *Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, 2016.
- SHAFFER, D. W., **How computer games help children learn**. Palgrave Macmillan, New York, 2006.
- SHELDON, L., **The Multiplayer Classroom: Designing Coursework as a Game**. Boston, MA: Cengage Learning, 2012.
- WING, J. M., **Computational thinking**. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, pp.33–35, 2006.

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Minas
Recife - Pernambuco

Júlio Cezar de Souza

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Minas
Recife - Pernambuco

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM
Rio de Janeiro

RESUMO: A realização de um planejamento para lavra de corpos pegmatíticos do Seridó, tem como proposta fundamental a lavra de forma integral, observando as características geológicas, mineralógicas, estruturais e econômicas, com intuito de conduzir as diretrizes para implantação da lavra. A região é possui grande potencial mineral, evidenciando os pegmatitos mineralizados com os chamados minerais acessórios típicos: tantalita, columbita, berilo, espodumenio, cassiterita, gemas, entre outros. Estes minerais se distribuem de forma errática, dificultando a estimativa das reservas. Já os minerais estruturais (quartzo e feldspato), dos pegmatitos heterogêneos e possuem características que permitem a avaliação do potencial das reservas mediante trabalhos de pesquisa geológica e cubagem, o que

proporciona a possibilidade de um planejamento para aproveitamento integral dos minerais a serem lavrados. Neste contexto, os minerais acessórios são desejáveis, mas devem ser encarados como fonte de receita complementar numa lavra integral planejada voltada para os minerais industriais do pegmatito. No Pegmatito Alto da Serra Branca, localizado no município de Pedra Lavrada/PB, foi desenvolvido um método de lavra a céu aberto, prevendo uma recuperação do minério até o nível 500, totalizando seis bancadas de 5,0 m, com um sistema de rampas de acesso externo a cava, aproveitando o desnível topográfico, resultando em uma lavra em encosta com a menor REM possível com as bancadas desenvolvidas dentro do pegmatito. Obtendo-se uma movimentação de toda cava em torno de 231.281,07 m³ com uma REM de 0,46, onde verificou-se sua viabilidade econômica, levando em consideração apenas a produção dos minerais estruturais do pegmatito.

PALAVRAS-CHAVE: Lavra, Lavra Integral, Pegmatito,

ECONOMIC ASPECTS OF THE INTEGRAL LAVRA OF THE PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

ABSTRACT: The realization of a plan of

mining pegmatite bodies of Seridó, is fundamental proposal full mining, observing the characteristics, geological, mineralogical, structural and economic, with the objective of mining deployment. The region has great mineral potential, showing the mineralized pegmatites with minerals typical accessories: tantalite, columbite, beryl, spodumene, cassiterite, gems, etc. These minerals are distributed erratically, making it difficult to estimate the reserves. As for the structural minerals (quartz and feldspar), are located in the intermediate zone of pegmatites heterogeneous and have features to potential evaluation of reserves on of research and cubage, providing the possibility of a planning for full exploitation of minerals. In that context, the accessory minerals are desirable, but should be viewed as a source of additional revenue in full mining focused on industrial minerals pegmatite. In pegmatite Alto da Serra Branca, located in the municipality of Pedra Lavrada / PB, an open pit mining method was developed, providing for ore recovery to the level 500, totaling six benches of 5.0 m, with a system of external access ramps, leveraging the topographic slope, resulting in a mining the hillside with the lowest possible REM, with benches developed within the pegmatite, resulting in an amount around for 231,281.07 m³ with a REM 0.48, verifying its economic viability, taking into account only the production of structural minerals from the pegmatite.

KEYWORDS: mining, integral mining, pegmatite

1 | INTRODUÇÃO

O pegmatito Alto da Serra Branca encontra-se inserido na Província Pegmatítica da Borborema, região caracterizada pelo seu grande potencial mineral, principalmente quando se trata de corpos pegmatitos mineralizados com os chamados minerais acessórios típicos: tantalita, columbita, berilo, espodumenio, cassiterita, gemas, entre outros.

Os pegmatitos são constituídos em sua grande parte pelos seus minerais estruturais (quartzo e feldspato), formando uma grande massa e moldando suas formas, já os minerais acessórios ocorrem de forma errática no pegmatito, dificultando a quantificação das reservas. Nesse contexto, os minerais estruturais proporcionam uma cubagem mais precisa do corpo, contribuindo para realização de um planejamento da lavra visando o aproveitamento integral dos minerais a serem desmontados. Os minerais acessórios são desejáveis, mas devem ser encarados como fonte de receita complementar numa lavra integral planejada.

A lavra destes pegmatitos esteve durante muito tempo associada à obtenção dos minerais acessórios, conduzindo-o para uma exploração de forma desordenada. Muitos destes corpos encontram-se em processo de lavra rudimentar ou extraídos de forma semi-mecanizada, porém, ambos executam uma lavra predatória e com baixo grau de segurança.

O pegmatítio Alto da Serra Branca, trata-se de um corpo pegmatito heterogêneo (JOHNSTON, 1945) que tem como produto principal o Feldspato Sódico (Albita), e se encontra sob a titularidade da COMIPEL – Cooperativa de Mineradores de Pedra

Lavrada no Município de Pedra Lavrada – PB, A escolha deste corpo se deve ao fato de que o mesmo possui as informações mínimas para elaboração de um cenário de lavra integral.

2 | OBJETIVOS

O trabalho possui como objetivo principal elaborar um cenário de lavra integral do pegmatito Alto da Serra Branca, identificando as quantidades de minério e estéril a serem movimentadas, dando subsídio para uma análise da relação estéril/minério REM que o tipo de depósito suporta em função do preço dos minérios contidos no pegmatito.

3 | TRABALHOS DESENVOLVIDOS

O trabalho consistiu de duas etapas distintas, iniciando pelas visitas ao corpo pegmatito para coleta das informações necessárias para elaboração de cenário de lavra integral. Em seguida foi iniciado os trabalhos no Laboratório de Planejamento de Lavra do Departamento de Engenharia de Minas (DEMINAS) da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, utilizando o software Datamine para compilação e apresentação dos dados em 3D, e elaboração do cenário de lavra do pegmatito em questão.

3.1 Visitas de Campo

Os trabalhos iniciaram com visitas de campo, onde foi realizado o reconhecimento da área e coletadas as informações preliminares necessárias a execução do trabalhos.

Verificou-se que, *in loco*, que se trata de um pegmatito heterogêneo (Johnston, 1945), possuindo as quatro zonas característica, sendo a zona 02 e a zona 03 compõe cerca de 90 % da do corpo, caracterizando-se por uma massa de granulometria grosseira, composta basicamente de quartzo e feldspato sódico com alguns bolsões e quartzo no seu centro caracterizando a zona 4. Nas zonas 02 e 03 ocorrem de forma errática os minerais acessórios, sendo a tantalita e a turmalina de cor azul os mais importantes. Desta forma, a lavra foi desenvolvida com intuito de obtenção destes minerais, onde foram geradas três escavações, isoladas. (Figura 01).

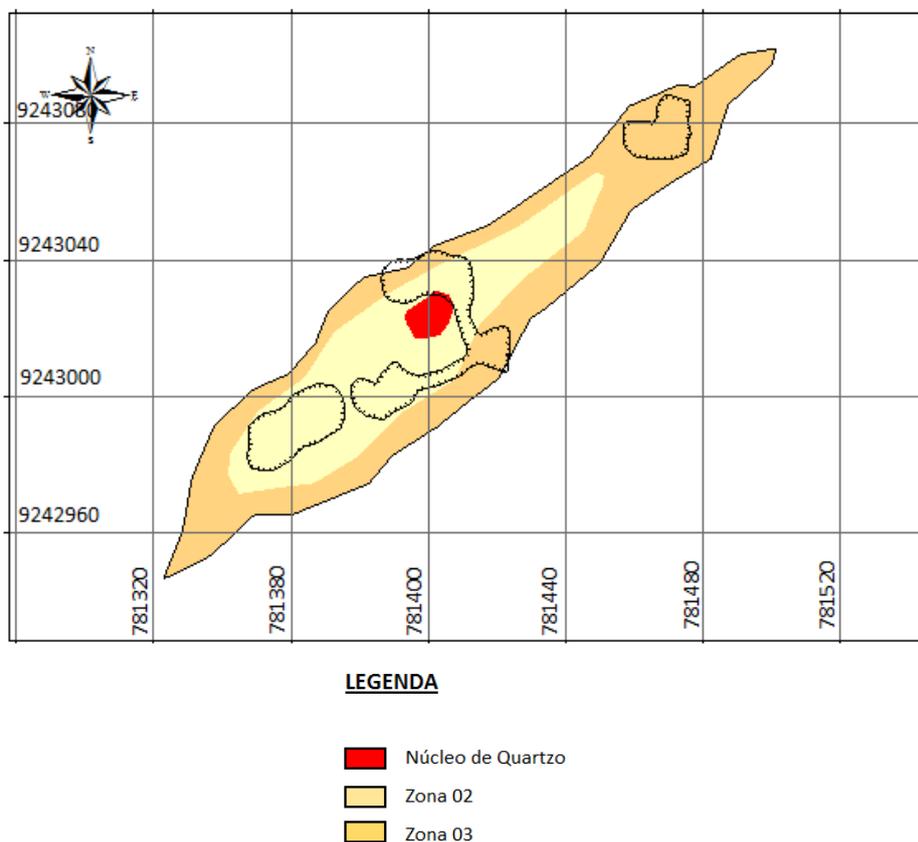


Figura 1 - Resultado do Levantamento realizado na área

3.2 Elaboração do Cenário de Lavra

Os dados foram reunidos em um modelo 3D, utilizando o software DATAMINE da CAE Mining no LAPLA – Laboratório de Planejamento de Lavra do Departamento de Engenharia de Minas da UFPE com o objetivo de propor um método de lavra integral para as condições do depósito em questão. As etapas necessárias para elaboração um cenário de lavra encontra-se descritas a seguir.

3.2.1 Organização e Importação do Banco de Dados

O banco de dados contém todas as informações coletadas em campo, e foram agrupados em arquivos TXT e em planilhas do Excel, contendo todas as informações topográficas e as coletadas em campo. Os arquivos de dados foram importados para o Datamine e representados graficamente para a confecção do modelo geológico do pegmatito.

3.2.2 Modelo Geológico

A interpretação geológica tem como objetivo cubar o corpo pegmatítico como um todo, foi realizada através da digitalização de seguimentos de retas (*strings*) do contorno em seções perpendiculares ao longo do corpo. A interpolação das espessuras mineralizadas é realizada para cada seção e projetada perpendicularmente para o

volume do corpo que se estende até a próxima seção. Em seguida une-se as seções dando origem a cubagem do depósito como um todo.

Depois de interpretada todas as seções foi gerado o modelo 3D do pegmatito, conforme ilustrado na Figura 2.

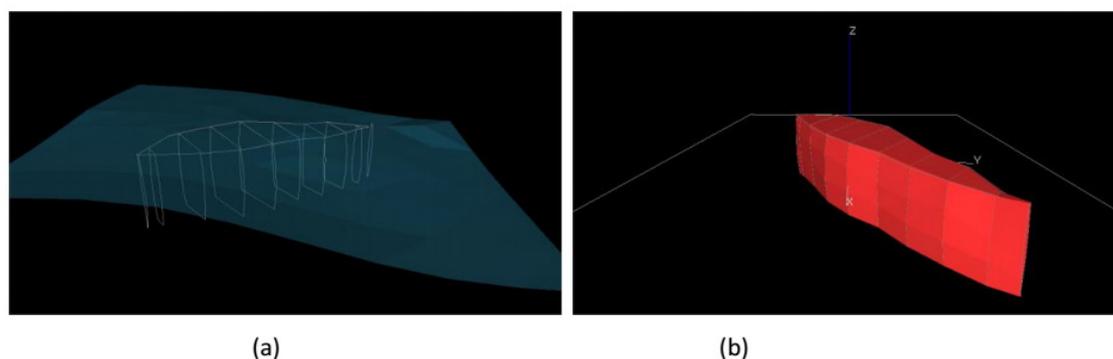


Figura 2 – (a) *String* do do corpo pegmatito, (b) *Wireframe* do corpo pegmatítico

3.2.3 Cenário de Lavra

O cenário foi desenvolvido prevendo uma recuperação do minério até o nível 500, totalizando seis bancadas de 5,0m, com um sistema de rampas de acesso externo a cava, aproveitando o desnível topográfico, resultando em uma lavra em encosta. O objetivo principal deste cenário foi desenhar um projeto dentro da menor relação estéril minério (REM) possível com o desenvolvimento de bancadas dentro do próprio minério. Os parâmetros geométricos adotados para cava encontram-se listados na Tabela 01.

Parâmetros	Valores
Elevação mínima	500,00 m
Número de bancadas	6 bancadas
Altura da bancada	5,0 m
Largura da berma	3,0 m
Inclinação da Face	70°
Sistema de Rampa	Externa a cava
Inclinação da Rampa	10%

Tabela 1 – Parâmetros geométricos para construção da cava.

O processo de construção da cava, foi iniciado na cota base 500, onde foram projetados os níveis seguintes até extrapolar a topografia, interligados com um sistema de rampas externas de 5,0 m de largura e inclinação de 10%. Inicialmente obedecendo a um ângulo de talude de 70°, e inclinação da face de 70°.

Depois de determinado o desenho da cava, foi realizado uma intercessão da mesma com a topografia gerando a cava final da mina, onde foi determinado seu

volume total.

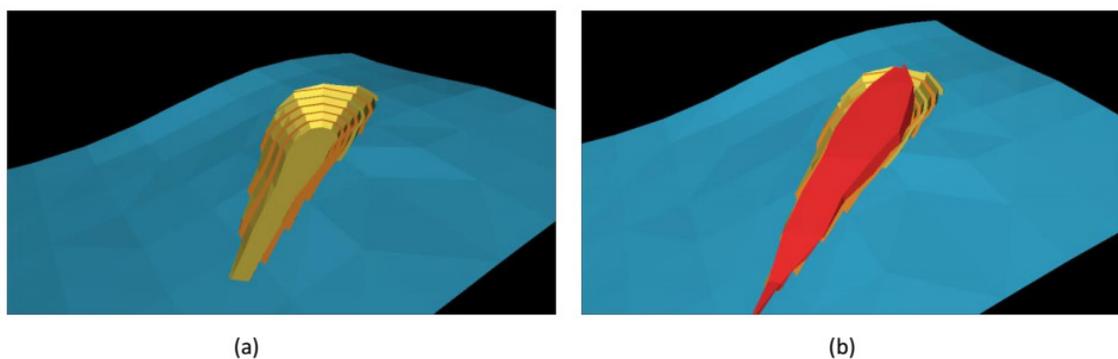


Figura 03 – (a) Vista em perspectiva da cava final (b) Vista em perspectiva da cava com o corpo pegmatítico inserido

Em seguida foi inserido o corpo pegmatítico modelado, para determinar os volumes e tonelagens a serem movimentados na cava.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cava resultante do processo de construção do cenário teve o seu limite determinado até o nível 500 m devido às informações das escavações executadas pelos garimpeiros, tendo em vista falta de furos de sonda para um melhor conhecimento em subsolo. Os resultados das características de movimentação da cava encontram-se agrupados na tabela 02.

Parâmetros	Valores
Elevação máxima	531,04 m
Elevação mínima	500,00 m
Número de bancadas	6 bancadas
Altura da bancada	5,0 m
Largura da berma	3,0 m
Ângulo de Talude final	60°
Inclinação da Face	70°
Sistema de Rampa	Externa a cava
Inclinação da Rampa	10%
Largura da Rampa	5,0 m
Volume de estéril	72.663,41 m ³
Volume de Minério	158.617,66 m ³
Volume total da cava	231.281,07 m ³
Tonelagem da cava	601.330,76 ton
Tonelagem de Minério	412.405,91 ton
Tonelagem de Estéril	198.924,86 ton
REM	0,48

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros da cava final

O cenário proposto possui uma REM de 0,48, tornando-o bastante atraente, e com uma movimentação de estéril consideravelmente pequena. Para uma análise econômica, temos os seguintes parâmetros :

Preço de 1 tonelada de Albita = R\$ 70,00

Tonelagem de albita Lavrável (*in loco*) = 412.405,91 ton

Preço da albita = R\$ 40,00/ton

Custo de Lavra = R\$ 30,00/m³

De posse dos parâmetros econômicos foi realizado uma análise, correlacionando recuperação da lavra com o lucro líquido gerado pela cava proposta. Na tabela 3 encontram-se os dados analisados.

Rec. Lavra	Tonelagem			REM	Receita	Custo	LL
	Minério	Estéril	Movim.				
100%	412.405,92	188.924,87	601.330,78	0,46	16.496.236,64	6.938.432,10	9.557.804,54
90%	371.165,32	188.924,87	601.330,78	0,51	14.846.612,98	6.938.432,10	7.908.180,88
80%	329.924,73	188.924,87	601.330,78	0,57	13.196.989,31	6.938.432,10	6.258.557,21
70%	288.684,14	188.924,87	601.330,78	0,65	11.547.365,65	6.938.432,10	4.608.933,55
60%	247.443,55	188.924,87	601.330,78	0,76	9.897.741,98	6.938.432,10	2.959.309,88
50%	206.202,96	188.924,87	601.330,78	0,92	8.248.118,32	6.938.432,10	1.309.686,22
40%	164.962,37	188.924,87	601.330,78	1,15	6.598.494,66	6.938.432,10	- 339.937,44
30%	123.721,77	188.924,87	601.330,78	1,53	4.948.870,99	6.938.432,10	- 1.989.561,11
20%	82.481,18	188.924,87	601.330,78	2,29	3.299.247,33	6.938.432,10	- 3.639.184,77

Tabela 3– Parâmetros quantitativos e econômicos da cava gerada

De acordo com os valores observados na Tabela 3, podemos afirmar que a relação estéril minério de 0,45, pode ser economicamente viável, tendo uma margem para REM de até 0,92 obtendo-se um lucro líquido, ao final da lavra, em torno de R\$ 9.557.804,54 desta forma, fica clara a que a recuperação da lavra torna-se um dos fatores mais importantes para o êxito econômico do projeto. Vale salientar também que a recuperação na lavra pode ser um número difícil de prever, no entanto, não foi aqui levado em consideração a receita proveniente dos minerais acessórios, sendo assim, um mapeamento geológico detalhado como fonte de informação deixaria o modelo do pegmatito bem mais preciso para tomada de decisão. Desta forma, o cenário torna-se bastante atraente em função dos parâmetros que envolvem a produção de feldspato sódico na região.

5 | CONCLUSÕES

Os aspectos econômicos de um projeto de mineração possuem peculiaridades singulares, sendo o risco geológico um dos fatores mais impactantes, desta forma, o conhecimento mais detalhado possível da reserva, torna-se um fator preponderante no sucesso do projeto. Estes riscos podem ser minimizados com o auxílio de

ferramentas computacionais específicas de planejamento de lavra, utilizados de forma adequada.

O trabalho realizado no Pegmatito Alto da serra Branca corrobora para um plano de lavra integral dos pegmatitos, verificando a viabilidade econômica da cava proposta, onde foi considerada apenas a receita dos minerais estruturais do pegmatito, que apesar de possuir um baixo valor agregado, o preço de venda é historicamente constante na região, servindo de sustentáculo para extração dos minerais acessórios que possam vir ocorrer no pegmatito. Além de evidenciar as informações mais importantes que precisam ser analisadas para que projeto obtenha êxito em uma lavra integral. Portanto, fica notório que quanto mais informações como geologia, topografia, e caracterização dos produtos, pode ser aplicado o modelo mais preciso, minimizando os riscos inerentes do setor mineral.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CETEM, UFCG, UFPE e a CAE Mining pela utilização do software DATAMINING Studio 3, para realização deste trabalho acadêmico.

REFERÊNCIAS

HARTMAN, H.L. **SME Mining Engineering Handbook**, 3rd ed, 2 vols., Society of Mining Metallurgy and Exploration, (ed) Littleton, CO. (2011)

HARTMAN, H.L. E MUTMANKY, J.M. (2002) **Introductory Mining Engineering**, 2nd editions, Wiley, Ho Boken, NJ, 570 p.

JARDIM DE SÁ, E.F. **Revisão Preliminar sobre a “Baixa Dobrada do Seridó” e Eventuais Correlatos no Nordeste**. Revista da UFRN, Natal, 1978.

JOHNSTON JR, W. D. **Os Pegmatitos Berilo -Tantalíferos da Paraíba e Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, DNPM, 1945.

LAMA, R. D.; VUTUKURI, V. S. **Handbook on Mechanical Properties of Rocks**. Volume IV. Trans Tech Publications. Australia, 1978.

SCORZA. E.P. **Província Pegmatítica da Borborema**. Rio de Janeiro, DNPM-DGM, Boletim 112, 1944.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga

Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico de Joinville

Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú*

Joinville – Santa Catarina

Joeci Ricardo Godoi

Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú

Camboriú – Santa Catarina

Viviane Furtado Velho

Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú

Camboriú – Santa Catarina

Letícia Flohr

Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú

Camboriú – Santa Catarina

*No período de execução do trabalho descrito.

RESUMO: O material particulado inalável é um dos principais poluentes atmosféricos, prejudicial à saúde humana por ser capaz de adentrar no trato respiratório superior, podendo chegar também aos alvéolos pulmonares, causando inúmeras doenças. Santa Catarina é um dos estados que possui maior número de indústrias e carros per capita, importantes emissores de poluentes. Contudo, possui poucos estudos sobre poluição atmosférica, e nenhuma rede fixa de monitoramento da qualidade do ar. O objetivo desse estudo foi avaliar pela primeira vez a qualidade do ar na

cidade de Camboriú quanto a concentração de material particulado inalável (MP10). Através de um estudo estatístico descritivo, foi possível avaliar as concentrações de MP10 presentes na cidade entre março de 2016 e março de 2017. Os resultados revelaram que além da concentração do poluente ter excedido limites anuais de concentração estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde, observou-se através das direções dos ventos que a maioria das concentrações do poluente tiveram origem na região urbana do município e na cidade vizinha, Balneário Camboriú. Entretanto, uma maior base de dados pode viabilizar uma avaliação mais representativa. Visto que não existem dados anteriores sobre a poluição atmosférica na região, esse estudo trouxe importantes informações, representativas para a região da Foz do Rio Itajaí.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade do ar. Material particulado. Camboriú.

ASSESSMENT OF AIR QUALITY IN RELATION TO INHALABLE PARTICULATE MATTER CONCENTRATION IN THE CITY OF CAMBORIÚ, SC

ABSTRACT: Inhalable particulate matter is one of the major air pollutants, which is harmful to human health because it is able to enter

the upper respiratory tract and also reach the pulmonary alveoli, causing numerous diseases. Santa Catarina is one of the Brazil's states that has the largest number of industries and cars per capita, important emitters of pollutants. However, it has few studies on air pollution, and no fixed network for monitoring air quality. The aim of this study was to evaluate the air quality in the city of Camboriú regarding the concentration of inhalable particulate matter. Through a descriptive statistical study, it was possible to evaluate the concentrations of inhalable particulate matter present in the city from March 2016 to March 2017. The results revealed that particulate matter have exceeded annual limits of concentration established by the World Health Organization, and it was observed that the majority of concentrations were originated in the urban region of Camboriú and the neighboring city, Balneário Camboriú. However, a larger database may enable a more representative evaluation. Moreover, this study has brought important information about the air quality in the area, since there are no previous data on atmospheric pollution.

KEYWORDS: Air quality. Particulate matter. Camboriú.

1 | INTRODUÇÃO

O material particulado é uma denominação geral para um conjunto amplo de substâncias físicas e químicas, constituídas em sua maior parte de fumaça, poeira, ou qualquer material sólido ou líquido que permaneçam suspensos no ar devido ao seu pequeno tamanho (CETESB, 2001). Os maiores emissores de material particulado são fábricas, usinas de energia, incêndios, atividades de construção, veículos motorizados, e a ressuspensão de poeiras por eventos naturais (CASTANAS; KAMPA, 2008).

As partículas inaláveis (MP10) correspondem a uma parcela do material particulado com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 micrômetros (1×10^{-6} m). Essas partículas são prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. No meio ambiente, podem causar danos à vegetação, contaminar o solo e a água, além de deteriorar a visibilidade (CETESB, 2016). Na saúde humana, por sua vez, é capaz de adentrar no trato respiratório superior, podendo também, alcançar os alvéolos pulmonares (CETESB, 2001).

Visando controlar os níveis de concentrações de poluentes atmosféricos, a Organização Mundial da Saúde – OMS, realizou estudos para estabelecer recomendações de qualidade do ar. Em relação ao MP10, o relatório de orientações de qualidade do ar desse órgão, atualizado em 2005, recomenda que as médias diárias desse poluente não ultrapassem o valor de $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, já anualmente, recomenda-se que a média não ultrapasse $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (WHO, 2006). De acordo com o mesmo órgão, os problemas provenientes à exposição de altas concentrações podem ser agudos ou crônicos. Ao se ultrapassar os níveis de $75 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, por exemplo, em um período de exposição diário, pode-se elevar em cerca de 1,2% os riscos de mortalidade a curto

prazo, e se excedidas a média anual ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), pode-se aumentar em cerca de 95% os riscos de mortalidade por problemas cardiopulmonares e câncer de pulmão. Além disso, segundo Ostro (2004), os níveis de concentração estão relacionados a sérios problemas de saúde humana, como mortes e internações hospitalares resultantes de doenças respiratórias e cardiovasculares, ataques de asma, bronquite aguda, restrição de algumas atividades, entre outras enfermidades.

Em áreas urbanizadas os principais emissores de MP10 são os veículos automotores. De acordo com Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo de 2015, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), as indústrias e veículos automotores contribuem respectivamente, com 10%, e 38,1%, da concentração de MP10 na região metropolitana de São Paulo. Por sua vez, Santa Catarina é um estado cuja presença industrial e urbanística é de alta relevância, com vinte nove indústrias para cada cem mil habitantes (IBGE 2013, apud. Câmara et al., 2015).

Existem poucos estudos sobre a poluição atmosférica no estado de Santa Catarina, como os de Câmara et al. (2015), Hoinaski et al. (2013), Vasques et al. (2008) e Scapini et al. (2006). Na região do Vale do Itajaí, por exemplo, não se tem conhecimento sobre a real condição da qualidade do ar em termos anuais de exposição. Levando em conta esses aspectos e o fato de não existir nenhuma rede fixa de monitoramento da qualidade do ar no estado, é de suma importância que sejam realizados mais estudos sobre a poluição atmosférica e seus impactos na região. Diante disso, este estudo buscou avaliar pela primeira vez, em termos anuais, a qualidade do ar em relação à concentração de material particulado inalável na cidade de Camboriú.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

Segundo o censo demográfico de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Camboriú possui população de 62.361 habitantes, e a densidade demográfica igual a 293,68 hab/km². De acordo com esta mesma instituição, a frota veicular é composta aproximadamente por 48.742 veículos (0,78 veículo per capita) (IBGE, 2010). Na economia destacam-se a mineração de granito e mármore e a rizicultura. Os principais municípios que fazem divisa com Camboriú são Balneário Camboriú, Itajaí, Itapema e Brusque, que possuem alta densidade populacional e grande tráfego de veículos. Há também o complexo portuário em Itajaí, que é um dos principais do país. Na região de Brusque existe grande quantidade de indústrias têxteis e metalmeccânica. Assim, a proximidade com esses municípios facilita o aumento da concentração de MP10, devido ao uso de automóveis e das atividades industriais. Além disso, a principal rodovia brasileira, a BR 101, também

passa entre as cidades de Camboriú e Balneário Camboriú, contribuindo para o número de veículos, e poluição emitida pelos mesmos. No verão, o grande fluxo de turistas nessas cidades contribui para a elevação da circulação de veículos.

2.2 Concentração de Material Particulado Inalável

Os valores referentes às concentrações de material particulado MP10 foram obtidos por meio de amostras do poluente coletadas entre março de 2016 e março de 2017, realizadas três vezes por semana ao longo desse período, utilizando um amostrador de grandes volumes para partículas de até 10 μm (AGV MP10).

2.3 Dados Meteorológicos

Para o estudo das variáveis meteorológicas, foram coletados dados diários referentes à temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e direção dos ventos ao longo do período de análise, fornecido pela Epagri-Ciram (Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina) e pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2017; EPAGRI-CIRAM, 2017). Com esses dados foram construídos gráficos para melhor avaliação do comportamento dessas variáveis ao longo do estudo.

Para avaliar os dados de direção dos ventos, foi realizada a construção de gráficos de rosa dos ventos, através do software MATLAB[®]. A representação gráfica da origem da poluição foi realizada relacionando-se os dados da rosa dos ventos com o respectivo valor da concentração de MP10 em cada dia de amostragem.

2.4 Análise de dados

A análise descritiva dos dados foi realizada com auxílio do Excel[®], e a construção de gráficos feita com os softwares Statistica[®] e MATLAB[®], os quais facilitaram a interpretação dos resultados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de análise da condição da qualidade do ar deu-se em um ano, iniciado na última semana de março de 2016 e finalizado na terceira semana do mesmo mês do ano seguinte. O número médio de amostras registradas por mês foi de dez a onze coletas, exceto nos meses de dezembro de 2016, e fevereiro e março de 2017, que apresentaram cerca de cinco coletas por mês.

De acordo com os dados, as concentrações máximas diárias de MP10 ultrapassaram, nos meses de abril, maio, agosto, setembro, outubro e novembro, os valores máximos diários estabelecidos pela OMS (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

A Figura 1 apresenta um gráfico de caixas (boxplot) com a variação das

concentrações de MP_{10} observadas ao longo de um ano de análise. Os resultados revelaram que anualmente, a concentração de material particulado inalável excedeu o limite estabelecido pela OMS ($20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), já que calculou-se uma concentração anual média de $26,14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. De acordo com a OMS, ultrapassar este valor pode elevar em até 95% os riscos de mortalidade por problemas cardiovasculares e câncer de pulmão (WHO, 2006).

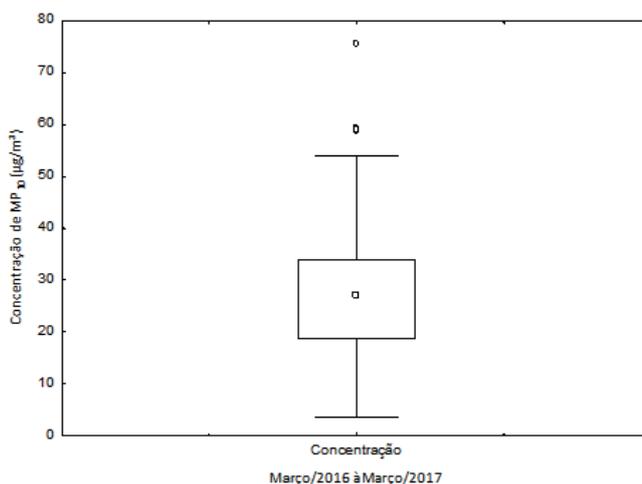


Figura 1: Gráfico de caixas com as concentrações de MP_{10} ao longo de um ano de análise, coletadas no Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú.

Fonte: Arquivo próprio.

Na Figura 2 são mostradas as variações mensais nas concentrações de material particulado MP_{10} ao longo do período de monitoramento. Foi possível observar, que os eventos com as concentrações mais elevadas tenderam a ocorrer nos meses mais frios.

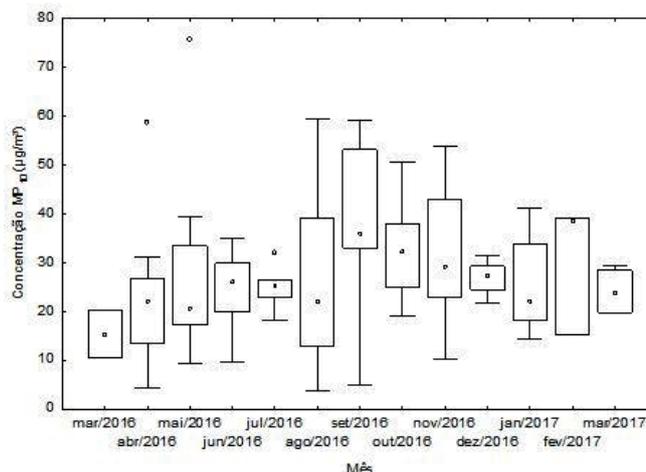


Figura 2: Gráfico de caixas com as concentrações de MP_{10} segregadas por mês de amostragem, coletadas no Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú.

Fonte: Arquivo próprio

Para confirmar essa informação, foram coletados dados referentes à temperatura, pressão atmosférica e umidade pertinente a esse período, as quais estão ilustradas nas Figuras 3, 4 e 5.

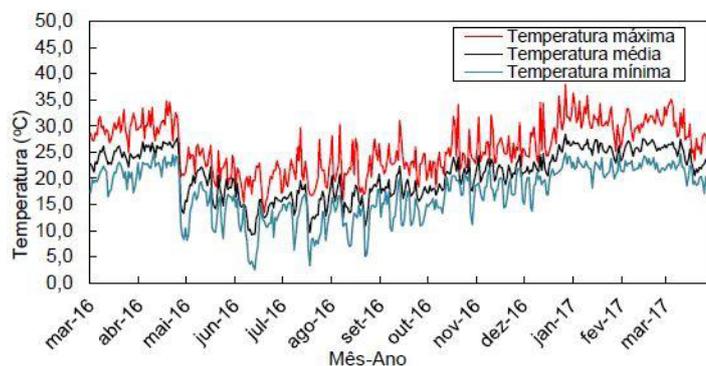


Figura 3: Temperaturas mínimas, médias e máximas registradas de março de 2016 a março de 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

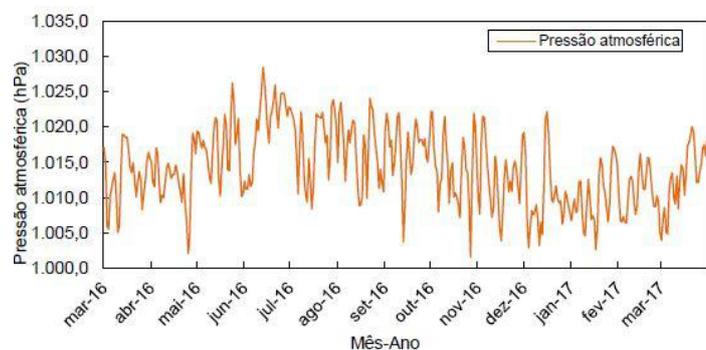


Figura 4: Pressão atmosférica registrada de março de 2016 a março de 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

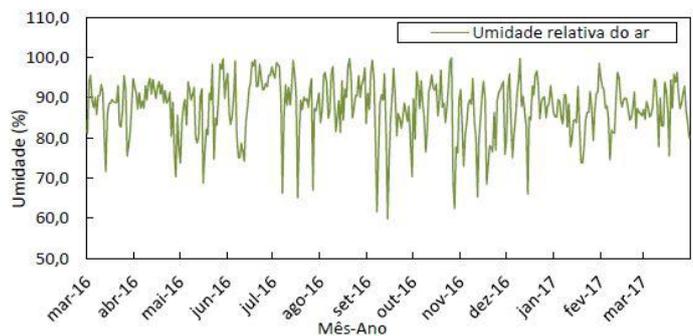


Figura 5: Umidade relativa do ar registrada de março de 2016 a março de 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

Como pode ser observado, as baixas temperaturas e elevada pressão atmosférica possuem relação com o comportamento das concentrações de MP10, efeito já esperado, uma vez que no inverno a altura da camada de inversão térmica é menor. Ou seja, o volume disponível para dispersar os poluentes é menor. De acordo com a Figura 5, a variação da umidade mostrou-se estar ligada às concentrações

do poluente em maio e setembro, o que pode explicar as variações de concentração de MP10 nesses meses, principalmente os valores que ficaram fora dos limites internacionais.

Esse efeito foi observado também por Hoinaski et al. (2013) em um estudo realizado nas cidades de Tubarão e Capivari de Baixo, Santa Catarina. Neste estudo, as concentrações tenderam a uma maior variação durante o outono, inverno e primavera, épocas mais secas e com pouca ocorrência de chuvas, o que contribui para o aumento de poluentes na atmosfera (HOINASKI et al., 2013).

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam os dados de direção dos ventos no período de monitoramento, obtidos na estação de coleta de dados meteorológicos. A representação gráfica da origem da poluição relaciona estes dados com o respectivo valor da concentração de MP10 em cada dia de amostragem.

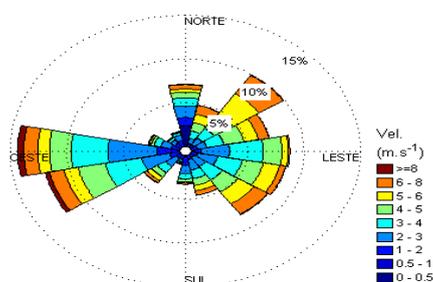


Figura 6: Rosa dos ventos com os valores de direção dos ventos coletados de março de 2016 a março 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

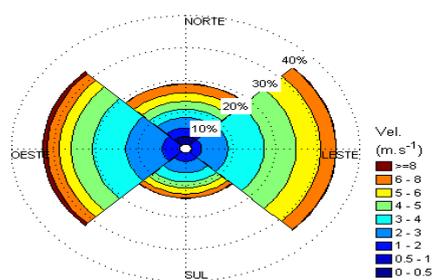


Figura 7: Rosa dos ventos com os valores referentes às direções dos ventos, destacando-se os ventos leste e oeste, de março de 2016 a março de 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

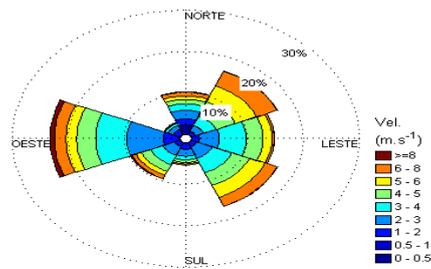


Figura 8: Rosa dos ventos com dados de direção dos ventos segregados por quadrante de vento, de março de 2016 a março de 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

É possível observar na Figura 6, grande frequência de ventos leste e oeste, o que ocorre devido à influência das brisas marítimas e terrestres. Ao destacar essas direções na Figura 7, nota-se que esses ventos possuem quase a mesma frequência, exceto pelo fato de os ventos leste apresentarem maior variação. Se considerarmos apenas as direções predominantes, há possibilidade dos ventos oeste terem sido os mais predominantes. Por outro lado, se somado todas as componentes de leste, este se torna, muito possivelmente, a direção de maior influência. Nota-se ainda, na Figura 8, grande intensidade de ventos Nordeste e Sudeste.

Diante dos resultados encontrados, elaborou-se um gráfico de rosa da poluição, o qual relaciona cada amostra de MP10 a respectiva direção do vento no dia de amostragem. A Figura 9 indica a rosa da poluição ao longo do período de análise, onde cada tom de cinza representa uma faixa de concentração de material particulado inalável. Na Figura 10 têm-se as concentrações médias obtidas, separadas por quadrante de vento.

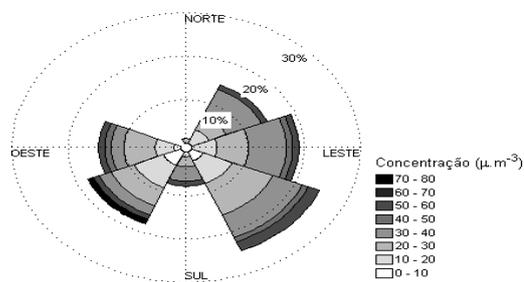


Figura 9: Rosa da poluição referente ao período de estudo, sendo o centro o ponto de amostragem do poluente.

Fonte: Arquivo próprio.

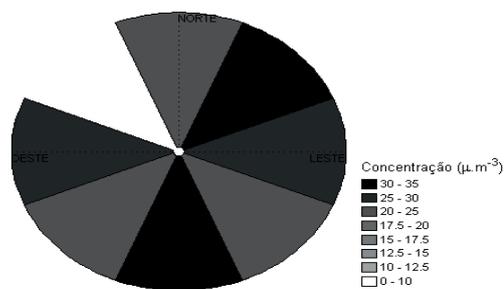


Figura 10: Rosa da poluição com as concentrações médias de concentração separadas por quadrante de vento.

Fonte: Arquivo próprio.

A Figura 11 ilustra um mapa georreferenciado com a localização do equipamento utilizado nas coletas de MP_{10} (AGV MP_{10}), com a área urbanizada das cidades de Camboriú e a vizinha Balneário Camboriú, representadas em cinza.

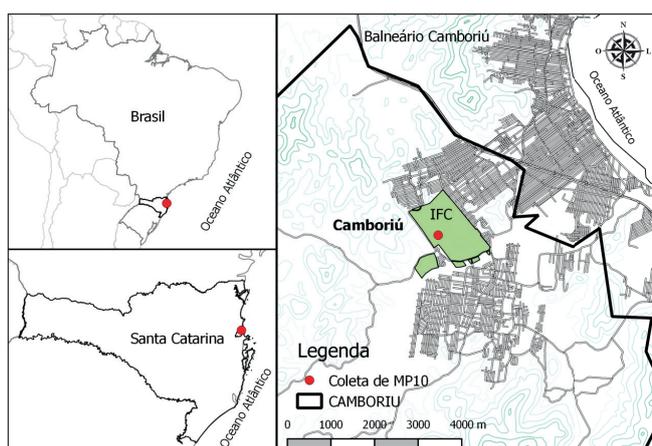


Figura 11: Mapa com a localização do AGV MP_{10} , e as áreas urbanizadas de Camboriú e Balneário Camboriú, representadas em cinza.

Fonte: Arquivo próprio.

Comparando-se os gráficos de rosa da poluição com o mapa das cidades de Camboriú e Balneário Camboriú, a localização das áreas de maior concentração urbana encontram-se na mesma direção de onde os gráficos indicaram vir a maioria das concentrações (nordeste e sul). Os ventos oeste, por sua vez, apesar de frequentes, não se mostraram transportadores de elevadas concentrações do poluente durante o estudo.

Essas cidades juntas, de acordo com os censos de 2010, possuem mais de 100.000 veículos circulando todos os dias. Além disso, a principal rodovia brasileira, a BR 101, também passa entre essas cidades, contribuindo para o número de veículos, e poluição emitida pelos mesmos. Somado ao grande fluxo de turistas nessas cidades durante o verão, contribui para a elevação de veículos circulando

nesses territórios.

Com isso, pode-se constatar que há possibilidade da área urbanizada dessas cidades serem uma das possíveis fontes de poluição por material particulado MP10. Conseqüentemente, a população residente está sujeita ao contato com poluentes emitidos pelos automóveis.

4 | CONCLUSÃO

Santa Catarina é um dos estados Brasileiros mais industrializados e urbanizados, sendo estes fatores conhecidos por poluírem a atmosfera. Mesmo tendo conhecimento de que o ar é um recurso indispensável para a vida, existem poucas informações em relação à qualidade do mesmo na região. Neste estudo são apresentadas informações importantes quanto à qualidade do ar na cidade de Camboriú.

Por meio dos resultados atingidos, observou-se que mesmo havendo poucos eventos com concentrações acima dos limites estabelecidos pela OMS para exposição em 24 horas ($50 \mu\text{g.m}^{-3}$), esses e os demais foram suficientes para atingir concentração anual superior à recomendada ($20 \mu\text{g.m}^{-3}$). De acordo com a OMS, ultrapassar esse limite pode elevar em até 95% os riscos de mortalidade por problemas cardiopulmonares e câncer de pulmão, devendo-se ressaltar então, a necessidade de alertar a comunidade local quanto aos riscos provenientes da poluição atmosférica. Além disso, os resultados revelaram a necessidade de dar continuidade a esse tipo de análise para obter resultados mais precisos, e buscar soluções para esse fato, uma vez que Camboriú e as cidades vizinhas são considerados pontos turísticos, que continuam tendo crescimento em suas áreas urbanas.

Os resultados podem ser considerados como representativos da Região Metropolitana da Foz do Rio Itajaí, podendo ser utilizados como base para estudos futuros, além de referência para as cidades próximas que são mais urbanizadas, como Joinville, cidade com grande concentração de indústrias metalúrgicas.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao Instituto Federal Catarinense – Campus Camboriú pelo financiamento deste projeto em termos de custos e bolsa de iniciação científica, Edital 106/GDG/IFC-CAM/2015.

Os autores agradecem ao professor Leonardo Hoinaski, coordenador do Laboratório de Controle de Qualidade do Ar da Universidade Federal de Santa Catarina, pela disponibilização do equipamento de amostragem de material particulado (MP_{10}), e pelo apoio com a manutenção e operação do equipamento.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume**, NBR 9547, p. 14, 1997. Disponível em: <http://www.esaat.com.br/docs/met_abnt/9547.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.
- BRAGA, A. et al. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Revista USP, São Paulo, n. 51, p. 58–71, 2001. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/viewFile/35099/37838>>. Acesso em: 01 de outubro de 2017.
- CAMARA, V. F.; LISBOA, H. M.; HOINASKI, L.; DAVID, P. C. **Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina**, Brasil (Survey on atmospheric emissions from brick and tile kilns in southern. , v. 61, n. 358, p. 213–218, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00213.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.
- CASTANAS, E.; KAMPA, M. **Human health effects of air pollution**. *Environmental Pollution*. ELSELVIER, v. 151, n. 2, p. 362–367, 2008.
- CETESB. **Qualidade do ar**: Informações. 2001. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>. Acesso em: 24 set. 2017.
- CETESB. **Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2015**. , p. 167, 2016. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/ar-2015.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- CPTEC (Brasil). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Org.). **Banco de Dado Meteorológicos. 2017**. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/>>. Acesso em: 30 set. 2017.
- EPAGRI-CIRAM. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Solicitação de Informações**. 2017. Disponível em: <http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=226>. Acesso em: 30 set. 2017.
- HOINASKI, L.; FRANCO, D.; STUETZ, R. M.; SIVRET, E. C.; DE MELO LISBOA, H. **Investigation of PM10 sources in Santa Catarina, Brazil through graphical interpretation analysis combined with receptor modelling**. *Environmental Technology*, v. 34, n. April 2013, p. 2453–2463, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/21622515.2013.772659>>. Acesso em: 01 out. 2017.
- IBGE. Balneário Camboriú. **Infográficos: frota municipal de veículos**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/frota.php?lang=&codmun=420200&search=santa-catarinalbalneario-camboriulinfogr%E1ficos:-frota-municipal-de-ve%EDculos%27>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- IBGE. Camboriú: **Infográficos: frota municipal de veículos**. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/frota.php?lang=&codmun=420320&search=santa-catarinalcamboriulinfogr%E1ficos:-frota-municipal-de-ve%EDculos%27>>. Acesso em: 23 set. 2017.
- OSTRO, B. **Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels**. *Environmental Burden of Disease Series*, n. 5, p. 1–54, 2004.
- SANTA CATARINA. LEI Nº 5.630, DE 20 DE NOVEMBRO DE 1979. 1979. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/1979/5630_1979_Lei.html>. Acesso em: 23 set. 2017.
- SCAPINI, C.; BRANCHER, M.; LISBOA, H. D. M. **X-017 – comparação das concentrações de mp 10 monitoradas na cidade de Florianópolis com padrões de qualidade do ar**. n. 1, p. 1–7, 2006. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/TrabalhosCompletoPDF/X-017.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- VASQUES, T. V.; LISBOA, H. D. M.; CONTI, R. D. **X-018 - Monitoramento da qualidade da água de**

chuva no campus da UFSC em Florianópolis, e análise da trajetória de partículas com modelo *hysplit* , p. 1–16, 2008. Disponível em: <<http://abes.locaweb.com.br/XP/XPEasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/TrabalhosCompletoPDF/X-018.pdf>>. Acesso em: 20 set.2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment**. Geneva: World Health Organization, p. 1–22, 2006. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 20 set. 2017

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima

Pós-doutoranda, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas

Mestrando, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

Elaine Cristina Lopes Pereira

Pós-doutoranda, IMA/UFRJ, Instituto de Macromoléculas, Rio de Janeiro, RJ

Lucas Furtado Loesh

Mestrando, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

Fernanda A. Sampaio da Silva

Pós-Doutoranda, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

Heleno Souza da Silva

Pesquisador, COPPE/UFRJ, Engenharia Metalúrgica, Rio de Janeiro, RJ

Renata Antoum Simão

Professora, COPPE/UFRJ, Engenharia Metalúrgica, Rio de Janeiro, RJ

José Adilson de Castro

Professor, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

Gláucio Soares Fonseca

Professor, UFF, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Volta Redonda, RJ

RESUMO: Este trabalho deste livro compõe

dados apresentados no Congresso de Modelagem XXI ENMC cujo os dados foram selecionados para a publicação na Revista e neste capítulo de livro. Diferentes métodos de síntese de fosfatos de cálcio incluindo a hidroxiapatita vêm sendo testada. Partimos de uma síntese por co-precipitação tendo como reagentes precursores o ácido ortofosfórico e o hidróxido de cálcio. Monta-se um artefato com controle de gotejamento e fluxo da solução de hidróxido de cálcio com o gotejamento controlado de ácido fosfórico na taxa de 5 gotas por minuto em fluxo constante em um total de 5 horas em um sistema montado sobre a placa de aquecimento com agitação magnética. A massa obtida foi seca (estufa a 50°C) por 3 dias, triturada (gral de ágata) e peneirada (tamizes controladas). Os pós foram prensados por prensagem uniaxial usando uma força de 500Kg em um molde-matriz de aço com um diâmetro de 15mm e uma altura de 3-4mm. Pastilhas são calcinadas a 1100°C em forno com rampa específica controlada. As pastilhas são caracterizadas por DRX, FTIR, Raman e AFM, além da análise do dilatômetro e histeresímetro. Após essa etapa, as nanopartículas de prata (AgNPs) foram sintetizadas na superfície e analisadas por MEV e EDS. Foi possível obter o modelamento das etapas cruciais. Os resultados mostraram que foi possível obter a matriz de hidroxiapatita comprovada pela

caracterização físico-química e recobri-la com nanopartículas de prata (AgNPs) em estrutura semelhante ao design final necessário para aplicação de defeitos ósseos críticos.

PALAVRAS-CHAVE: Síntese de hidroxiapatita (HA). Síntese de Nanopartículas de prata (AgNps). Caracterização físico-química. Método de redução do citrato.

DEVELOPMENT HYDROXYAPATITE BIOMATERIAL COVERED WITH SILVER NANOPARTICLES (AgNPs) FOR APPLICATION IN BONE CRITICAL DEFECTS

ABSTRACT: This work of this book consists of data presented at the XXI ENMC Modeling Congress whose data were selected for publication in the Journal and in this book chapter. Different methods of calcium phosphate synthesis including hydroxyapatite have been tested. We start from a co-precipitation synthesis using orthophosphoric acid and calcium hydroxide as precursor reagents. An artifact is assembled with drip and flow control of the calcium hydroxide solution with controlled drip of phosphoric acid at a rate of 5 drops per minute in constant flow in a total of 5 hours in a system mounted on the heating plate with magnetic stirring. The mass obtained was dried (oven at 500°C) for 3 days, ground (agate grating) and sieved (controlled sieves). The powders were pressed by uniaxial pressing using a force of 500 kg in a steel matrix mold with a diameter of 15 mm and a height of 3-4 mm. Inserts are calcined at 1100°C in a controlled specific ramp furnace. The inserts are characterized by DRX, FTIR, Raman and AFM, in addition to dilatometer and hysteresis analysis. After this step, the silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized on the surface and analyzed by SEM and EDS. It was possible to obtain the modeling of the crucial steps. The results showed that it was possible to obtain the hydroxyapatite matrix proven by physical-chemical characterization and cover it with silver nanoparticles (AgNPs) in a structure similar to the final design required for application of critical bone defects.

KEYWORDS: Hydroxyapatite synthesis. Synthesis of Silver nanoparticles (AgNps). Physico-chemical characterization. Synthesis of silver nanoparticles (AgNps). Method of reducing citrate.

1 | INTRODUÇÃO

A hidroxiapatita (HA) compõe a classe do grupo dos fosfato de cálcio e é a cerâmica mais biocompatível presente na natureza. Possui inúmeras propriedades amplamente descritas na literatura. Entretanto, ainda possui a problemática de ser um material friável (isto é, muito susceptível à fratura em especial a fratura catastrófica clássica que ocorre nas hidroxiapatitas cerâmicas (KAWASHI et al., 2000). Devido a esta inconveniência o material sozinho ainda hoje é restrito a aplicação em enxertos de substitutos ósseos críticos de pouca espessura em regiões de pouca incidência de tensões como a região retro-molar da mandíbula e maxila. Possuem similaridade físico-química com os tecidos ósseos e dentários naturais dos seres vivos. Dentre os

fosfatos de cálcio, a hidroxiapatita se apresenta como fosfato mais estável, o qual é encontrado em maior proporção nos tecidos ósseo e dentário no organismo.

A Hidroxiapatita (HA) é um dos compostos pertencente à família das apatitas incluída dentro do grupo químico dos Fosfatos de Cálcio e suas derivações e é ainda composta por íons em concentrações diversas, tais como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , CO_3^{2-} , etc., permitindo o controle desses importantes íons nos líquidos corporais por meio da sua liberação ou armazenamento.

A metodologia de caracterização físico-química clássica desse biomaterial consiste em usar espectroscopia de infra-vermelho com transformada de Fourier (FTIR) para identificação dos grupamentos químicos básicos que definem pertencer ou não a classe dos fosfatos de cálcio em especial identificar a hidroxiapatita além da sua cristalinidade por meio da Difração dos Raios-X (DRX), além dessas outras vem sendo usadas e ainda estudadas para estes materiais por serem inovadoras como Raman e AFM (LIMA, et al., 2011; WANG, et al., 2018). Alguns implantes ortopédicos revestidos por hidroxiapatita representam substrato ideal para o crescimento bacteriano. Assim, como resultado complicações por infecção e proliferação bacteriana após a reposição cirúrgica tem sido apontada como a principal causa das falhas além do dano fisiológico e custos adicionais após a etapa cirúrgica (ABDULRAHMAN, et al., 2018; RIAZ, et al., 2018; IGASHIRA, et al., 2017). A prata é introduzida na hidroxiapatita pois os inúmeros trabalhos têm reconhecido a prata como um forte inibidor do crescimento bacteriano. Além disso, a prata exibe boa estabilidade térmica, baixa volatilidade, é biocompatível, não tóxica e exerce efeito bactericida quando na interação de superfície. Podemos fazer recobrimento de nanopartículas de prata sobre a superfície da hidroxiapatita bem como promover a dopagem de prata (Ag^+) na hidroxiapatita (RIAZ, et al., 2018)

O presente trabalho tem como objetivo sintetizar e caracterizar nanopartículas de prata AgNps sobre a superfície de pastilhas de hidroxiapatita com o intuito de promover o potencial bactericida da superfície de biomateriais. O objetivo do trabalho foi sintetizar e produzir amostras em pastilhas de hidroxiapatita para defeitos ósseos críticos, caracterizá-la físico-quimicamente e recobri-las com nanopartículas de prata.

2 | MATERIAL E MÉTODO

O projeto inicia-se com a obtenção e separação dos reagentes obtidos pelo projeto PNPD-CAPES indispensável a realização desse trabalho. Em seguida, inicia-se a síntese de hidroxiapatita deficiente. Para os reagentes de síntese usa-se ácido ortofosfórico, além do hidróxido de cálcio [H_3PO_4 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$] respectivamente. Monta-se o artefato de síntese com base em haste metálica. Em um Becker levar a mistura de água ultra-pura com o hidróxido de cálcio. Inicia-se usando 2 gramas aferidos em balança eletrônica analítica dissolvida de maneira ponderal e aos poucos

em 50mL de água ultra-pura em Becker de 250mL de boca mais estreita acoplada em pHmetro, termômetro a fim de ocorrer a reação e ser estabilizada a 40 graus Celsius. Quando se atingiu a temperatura desejada, iniciou-se o processo de gotejamento da solução ácida. O gotejamento sobre a reação ocorre usando um fluxo de 5 gotas por minuto de ácido fosfórico sobre a solução em um volume total de 30 mL ocorrido em torno de 5 horas total de reação que ocorrer em Becker sobre a placa de aquecimento com agitação magnética (usamos 1 agitador magnético no interior da solução que ocorreu a reação). Para a primeira síntese, faz-se gotejamento do ácido fosfórico e um regulador de soro fisiológico adaptado acoplado a haste que compõe o garfo de apreensão da solução a fim de proceder o gotejamento constante em fluxo de fluxo constante de 5 gotas por minuto. Ao término do gotejamento manteve-se a temperatura por 24 horas (período de maturação da solução). Terminada a digestão de aproximadamente 12 horas de síntese a solução em forma de gel foi seca em estufa por cerca de 3 dias, em seguida macerada com gral e pistilo em gral de ágata. Após maceração homogênea foi passado em tamises a fim de determinação de faixa granulométrica de pós com granulometria abaixo de 200 micrômetros. Os pós obtidos a partir da síntese à verde foram caracterizados em histeresímetro. Em seguida foram confeccionadas pastilhas de hidroxiapatita colocando os pós da HA obtidos após a síntese à verde em matriz em forma de cilindro de aço lubrificada com óleo mineral com diâmetro de 15mm e altura de 3,4mm. Em seguida, leva-se em prensa hidráulica por meio de prensagem uniaxial usando 500Kgf em um tempo de 1 minutos por prensagem de cada pastilha usando uma matriz de aço obtendo assim pastilhas circulares. Estas pastilhas foram inseridas em barquetes cerâmicos como suporte e levadas ao forno para serem calcinadas a 1100°C em forno mufla modelo Q318M24 com faixa de trabalho entre 300°C à 1200°C com tensão de 220Volts e potência de 3720 Watts usando uma rampa específica de aquecimento de subida, manutenção e de descida em graus Celsius até atingir o patamar de 1100°C por meio de obtenção de rampa otimizada obtida previamente em outras sínteses. As pastilhas calcinadas obtidas são conservadas em dessecador.

Em seguida, as pastilhas de HA calcinadas a 1100°C foram selecionadas e obteve-se a síntese de nanopartículas de prata (AgNPs) sobre a superfície das mesmas. A metodologia de síntese selecionada após ensaios iniciais de metodologia à verde foi a de seguir com base no método de redução do citrato a fim de conhecer o processo, caracterizá-lo e no futuro modelá-lo e compreendê-lo antes de partir para outras metodologias. Assim o método selecionado consiste na adição de solução de nitrato de prata (AgNO_3) em um Erlenmeyer com água destilada. A solução resultante é elevada à ebulição branda (com temperaturas variando de 80 a 90°C). Posteriormente, cerca de 2 a 5 minutos fora adicionado foi adicionado 4mL de uma solução de citrato de sódio 1% $\text{m}\backslash\text{v}$. A suspensão resultante passa por diferentes padrões de colorimetria e a avaliação em UV-Vis em especial em leitura de absorbância na faixa de 300 a 400nm. Para todos as condições avaliadas foi

possível verificar a mudança de coloração esperada e, conseqüentemente, reação de redução do AgNO_3 . A fim de avaliar as propriedades da HA obtida após a síntese foi usada técnicas de caracterização físico-química por meio de quatro técnicas básicas: DRX (Difração de Raios-X) e espectroscopia de transformada de Fourier (FTIR) além da análise de Espectroscopia Raman e Microscopia de Força Atômica (AFM) além da histerese. Após a síntese de nanoprata sobre a superfície da HA, a mesma é caracterizada por Microscopia eletrônica de Varredura (MEV) acoplada ao EDS. a fim de analisar a superfície do compósitos.

2.1 Caracterização físico-química

2.1.1 Caracterização por Difração de Raios X (DRX)

A técnica de Difração dos Raios X foi usada com o objetivo de analisar a cristalinidade dos pós obtidos da hidroxiapatita. Caracterizaram-se os pós à verde logo após a síntese, e também, após a confecção das pastilhas calcinadas a 1100°C . Os pós foram caracterizados a fim de verificar as fases cristalinas obtidas dos pós à verde e também os pós calcinados a 1100°C na busca de possíveis fase inerentes a hidroxiapatita e também verificar a influência da temperatura de calcinação sobre a cristalinidade das amostras. Foi utilizado para esta análise o Difratômetro Bruker, modelo D2 Advance Brunker

2.2 Análise de Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As amostras de hidroxiapatita sintetizadas à verde e calcinadas a 1100°C foram analisadas com auxílio do espectrofotômetro de absorção na região do infravermelho por transformada de Fourier com o objetivo de identificar os grupamentos químicos principais presentes na hidroxiapatita. Foi usado o modelo Thermo Scientific Nicolet iS50.

2.3 Microscopia de Força Atômica (AFM)

A microscopia de força atômica (AFM) foi usado com o objetivo de análise da superfície das pastilhas de hidroxiapatita a nível de nano e micro escala. A análise foi feita em equipamento marca Witec Alpha 300 com Modo contato intermitente Ponta $7.4\text{N}\text{m}$.

2.4 Análise de Histerese

Avalia a influência do campo magnético em disposição ao material. Neste caso vemos que ao magnetizar um objeto este precisa superar o atrito e a inércia. Ao fazer isso, dissipam certa quantidade de potência na forma de calor, que é chamada de perda por histerese. No caso da hidroxiapatita que é um biomaterial naturalmente

não magnético o perfil de histerese obtido foi apenas um direcionamento retilíneo inerentes a materiais diamagnético.

2.5 Espectroscopia Raman

Esta técnica foi usada com objetivo de identificar pontos no espectro inerente a grupamento química da hidroxiapatita. É uma técnica inovadora e os bancos de dados incluindo da hidroxiapatita ainda vem sendo montado pelos pesquisadores. Foi caracterizado em Raman apenas as pastilhas de hidroxiapatita calcinada a 1100°C. A análise procedeu-se em um aparelho Raman (Witec-focus innovations-modelo alpha300) (laboratório de superfícies PEMMCOPPE\UFRJ). O método usado nesta análise foi o pontual incidindo sobre as amostras.

2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV\EDS)

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi usada a fim de identificar a superfície, topografia, rugosidade de superfície e estrutural topográfica e possíveis concavidades de superfície após sintetizar nanopartículas de prata sobre a superfície das pastilhas de hidroxiapatita. As pastilhas de hidroxiapatita revestidas com recobrimento de nanopartículas de prata foram metalizadas em um metalizador marca Emitech, modelo K550X, sob corrente de 50 mA por 180 s. O MEV apresenta detector de elétrons secundários (Jeol JSM – 5800 LV-UFF Volta Redonda).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram obtidas pastilhas de hidroxiapatita antes e após a calcinação (após a retirada do forno por rampa específica) e caracterizadas por diferentes técnicas. As mesmas foram retiradas e as sínteses das nanopartículas de prata ocorreram neste caso sobre a superfície das pastilhas de hidroxiapatita. A obtenção da precipitação da solução de nanopartícula de prata (AgNPs) ocorre por redução do citrato a partir do nitrato de prata e a solução obtida foi analisada por UV-Vis durante fases das diferentes colorimetria obtida em análise das soluções na faixa ampla do espectro de 300 a 600nm (OLIVEIRA, et al., 2014) com ponto mais identificador em mais 300 a 400. As nanopartículas de prata sobre a superfície da hidroxiapatita pode ser observada por MEV\EDS.

3.1 Caracterização Físico-Química da Hidroxiapatita Obtida Antes da Aplicação da Nanopartícula – Amostras Calcinada e Não Calcinada

3.1.1 Caracterização por Difração de Raios-X (DRX)

A Figura 1 ilustra o difratograma da amostra. Os espectros de Difração dos Raios-X obtidos dos pós obtidos à verde após a síntese. Observa-se que o aumento

da temperatura influencia diretamente no aumento da cristalinidade do material. O difratograma da hidroxiapatita mostra pequena sugestão de pico a sugestão pico a 26,5 e 31-32 o que faz o material ser predominantemente amorfo mas não por completo, pois apresenta picos de sim-cristalinidade em 26,5 e 31-32. Esta análise é importante pois a cristalinidade da hidroxiapatita obtida deve ser suficiente para resistir aos fluidos biológicos quando o material é aplicado.

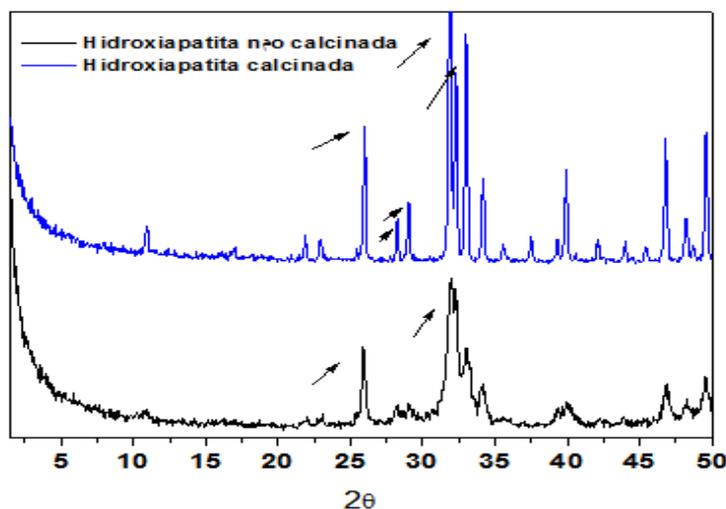


Figura 1 – Difratograma representando o espectro obtido pela técnica de Difração dos Raios X das pastilhas de hidroxiapatita (DRX)

Fonte: Autor

3.1.2 Caracterização por Espectroscopia do Infravermelho

A análise foi feita no pó à verde. A Figura 2 mostra o espectro obtido identificando os grupamentos químicos principais que justificam a biocompatibilidade da HA. Os grupamentos fosfatos estimulam e biointeração, e carbonatos a dissolução do material de maneira concomitante ao reparo ósseo.

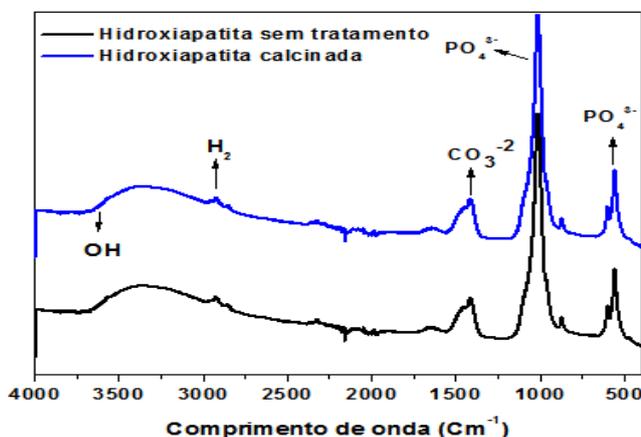


Figura 2 – Espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) da hidroxiapatita

Fonte: Autor

A Figura 2 apresenta as bandas de absorção características da HA, tais como os modos vibracionais do ânion PO_4^{3-} em 560 cm^{-1} , 602 cm^{-1} , $1000\text{-}1050\text{ cm}^{-1}$ que foram detectadas no produto sintetizado. De forma similar, bandas de absorção em $3300\text{-}3570\text{ cm}^{-1}$ foram observadas e atribuídas aos modos vibracionais do ânion OH^- bandas de absorção entre 1365 cm^{-1} e 1465 cm^{-1} foram atribuídas ao estiramento assimétrico do grupamento CO_3^{2-} . Estes resultados estão em. Os resultados indicam que o tratamento não promoveu alteração em sua estrutura química.

3.1.3 Caracterização da Hidroxiapatita por Espectroscopia Raman

A Figura 3 ilustra o espectro obtido pela técnica Raman.

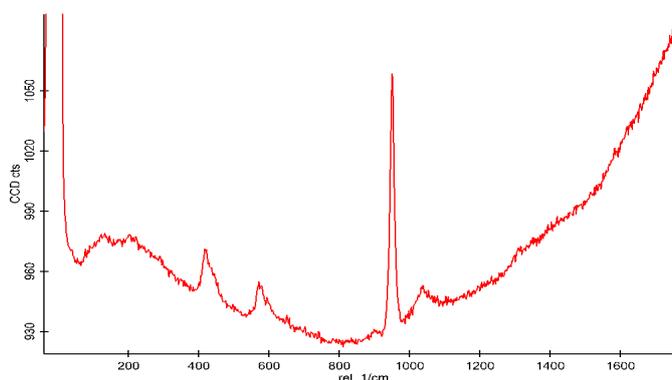


Figura 3 – Espectro Raman obtidos da hidroxiapatita sintetizada

Fonte: Autor

Ao comparar na literatura um espectro de Raman obtido de uma hidroxiapatita de um esmalte dentário pelos estudos de Zavala-Alonso (p. 93, 2012). Foi possível identificar de maneira exatamente semelhante no perfil ao da hidroxiapatita obtida, sendo as áreas de picos de 400 identificados como PO_4^{3-} , bem como os sinais de 600 e 950 da hidroxiapatita.

3.1.4 Caracterização por Microscopia de Força Atômica (AFM)

A Figura 4 mostra a imagem obtida pela técnica AFM das pastilhas de hidroxiapatita.

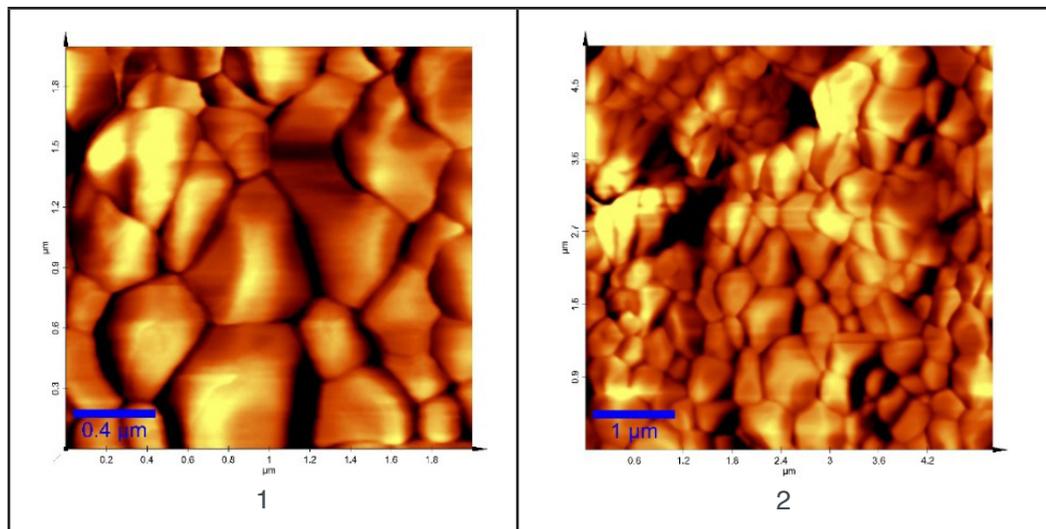


Figura 4 – Imagem de AFM obtidas das pastilhas de hidroxiapatita (HÁ)

Fonte: Autor

Nas imagens da superfície das pastilhas obtidas da hidroxiapatita mostra que faixa de grãos obtidas variando em média 0,4micrômetro à 1 micrômetro. Foi possível verificar na análise morfológica por Microscopia de Força Atômica a presença de grãos que compõe o corpo das pastilhas variando na escala de 1micrômetro iniciando a fronteira abaixo dos 100 nanômetros. Os protocolos foram otimizados no laboratório de caracterização de superfícies (PEMM\COPPE\UFRJ).

3.1.5 Análise de Histerese

A Figura 5 ilustra o ciclo de histerese com comportamento Diamagnético importante no perfil do comportamento da hidroxiapatita sob fluidos biológicos.

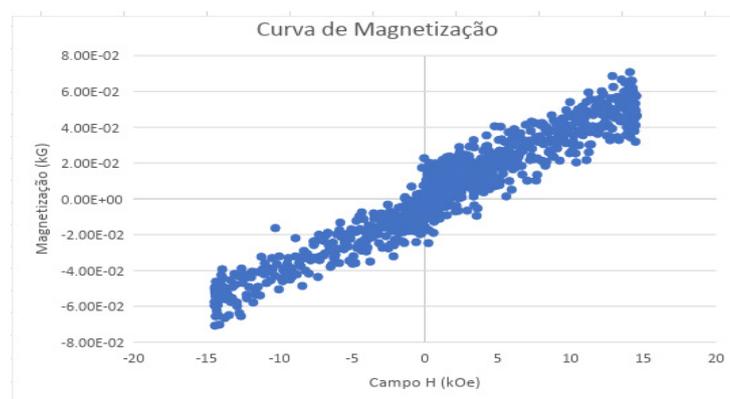


Figura 5 – Perfil de histerese da hidroxiapatita obtida após síntese por co-precipitação

Fonte: Autor

3.1.6 Caracterização Específica da Superfície da Hidroxiapatita Revestida por Nanopartículas de Prata (AgNPs) por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A partir da caracterização da superfície coberta com nanopartículas de prata (AgNPs) por Microscopia eletrônica de Varredura (MEV) acoplada por EDS obteve-se imagens das pastilhas de HA (Figura 6) e, foi possível verificar que houve a formação de um nanofilme de nanop prata não tanto homogêneo porém entremeados com regiões da prata e HA aumentando a biocompatibilidade da mesma.

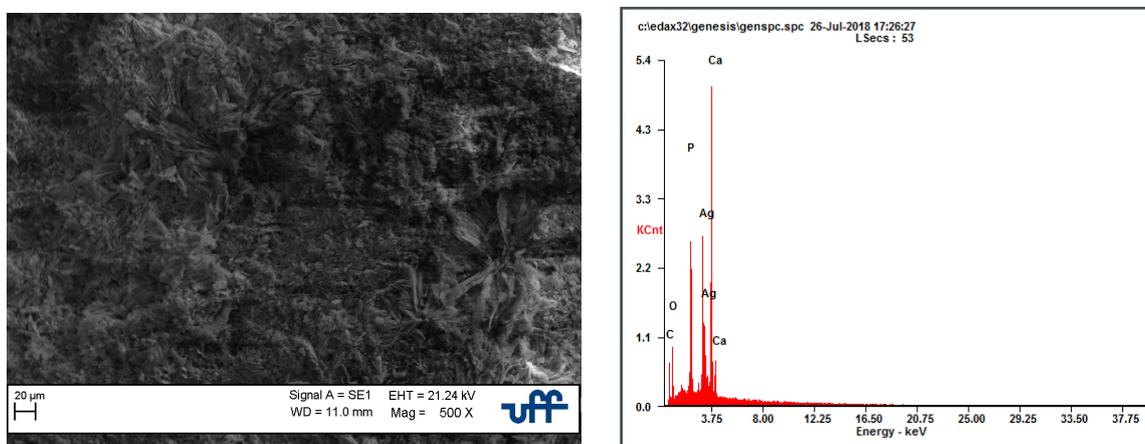


Figura 6 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) obtido da superfície das pastilhas de hidroxiapatita recobertas com filme de nanop prata

A Figura 7 ilustra MEV EDS a superfície da HA recoberta com AgNPs

A Tabela 1 resume a proporção dos elementos presente do EDS

Elemento	Wt%	At%
C K	16,23	35,35
O K	18,92	30,93
P K	10,84	09,15
AgL	26,03	06,31
Ca K	27,98	18,26

Tabela 1 – Ilustra os elementos presente na análise de EDS da superfície das pastilhas de hidroxiapatita recobertas por Nanopartículas de prata (AgNPs)

Foi possível obter o filme de prata sobre a superfície da hidroxiapatita, entretanto ainda não é garantida a fixação do mesmo sobre a superfície ao longo prazo, logo estudos posteriores devem ser investidos pois uma superfície com as propriedades vantajosas da hidroxiapatita aliada as propriedades benéficas das nanopartículas de prata propiciaria um ambiente profícuo a maior biocompatibilidade do sistema.

4 | CONCLUSÃO

Foi possível obter o material sintetizado inicialmente pela técnica de coprecipitação. A varredura inicial por diferentes técnicas de caracterização físico-

química mostraram identificação das principais fases e picos, além de identificar a morfologia da superfície da nanop prata (AgNPs) sobre a superfície da HA. A metodologia da síntese da hidroxiapatita e também da síntese clássica de nanopartículas de prata demonstrou ser viável, eficiente e de relativo baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ABDULRAHMAN, H. B., KRAJCZEWSKI, J., KUDELSKI, A., **Modification of surfaces of silver nanoparticles for controlled deposition of silicon, manganese, and titanium dioxides**, Applied Surface Science, V. 427, part B, p. 334-339, 2018, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433217325217>
- FARIA, B. E. F.F., **Produção e caracterização de nanopartículas de prata estabilizadas com polissacarídeos da goma do cajueiro**, dissertação de mestrado Faculdade de Medicina, UNB, 2016, http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/19977/1/2016_BrunaEsterFerreiraFaria.pdf
- KAWACHI, E. Y., BERTRAN, C. A., dos reis e Oswaldo, R. R., **Biocerâmicas: tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar**, Química Nova, v. 23, n.4, pp.518-522, 2000., <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422000000400015>.
- IGASHIRA, H., KAMO, M., KYOMOTO, M., IKOMA, T., **Fabrication of hydroxyapatite microparticles including silver nano-dots at grain boundary for long-term antimicrobial property**, Biomaterials and Soft materials, V. 2, Issue 4, p. 1285-1290., 2017, <https://doi.org/10.1557/adv.2016.650>, <https://www.cambridge.org/core/journals/mrs-advances/article/fabrication-of-hydroxyapatite-microparticles-including-silver-nanodots-at-grain-boundary-for-longterm-antimicrobial-property/23D56A682E6E4FAEB4D21408F549D37F>
- LEE, P C, MEISEL, D, **Adsorption and Surface-Enhanced Raman of Dyes on Silver and Gold Sols**, Journal Physical Chemistry, V.86, p. 3391-3395, 1982, https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37611084/j100214a025.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1556335214&Signature=h%2FD%2FV%2FSM5ABGZovPxFrPATE0zMw%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DAdsorption_and_Surface-Enhanced_Raman_of.pdf
- LIMA, I. R. ALVES, G. G., SORIANO, C. A., CAMPANELI et al., **Understanding the impact divalent cation substitution on hydroxyapatite: An in vitro multiparametric study on biocompatibility**, Journal of Biomedical Materials Research, pp. 351-358, 2011., DOI: 10.1002/jbm.a.33126, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21626666>
- MIRTA, M., LEITE, F. L., HERRMAN, P. S. P., PISSETTI, F. L. ROSSI, A. M., MOREIRA, E. L, MASCARENHAS, Y. P.; **XRD, AFM, IR and TGA study of nanostructured hydroxyapatite.**, Materials research, V. 15, n 4, p. 622-627, 2012, <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392012005000069>
- NÚÑEZ, DANIELA; EIGUETA, Elizabeth ; VARAPRASAD, KOKKARACHEDU; OYARZÚNB, PATRICIO. **Hydroxyapatite nanocrystals synthesized from calcium rich bio-wastes**, Materials Letters: V. 230, p. 64-68., 2018, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.07.077>
- OLIVEIRA, J. F. A., **Funcionalização de nanopartículas de prata com antibióticos beta-lactâmicos: uma alternativa a resistência bacteriana**. Dissertação de mestrado do Instituto de Química da UNICAMP, 2014, http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/248816/1/Oliveira_JessicaFernandaAffonsode_M.pdf
- PARASHAR, U. K, KUMAR V, BERA T, SAXENAPS, NATH G, Srivastava SK, GIRI,R., Srivastava A. **Study of mechanism of enhanced antibacterial activity by green synthesis of silver nanoparticles**. Nanotechnology v. 22, 2011, doi:10.1088/0957-4484/22/41/415104, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21918296>

RIAZ, M., ZIA, R., IJAZ, A., HUSSAIN, T., MOHSIN, M., MALIK, A., **Synthesis of monophasic Ag doped hydroxyapatite and evaluation of antibacterial activity.**, Materials Science and Engineering: C, Volume 90, 1 September 2018, Pages 308-313, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.076>

SHAMELI., K, AHMAD., M., WAN YUNUS WMZ, et al. **Green synthesis of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites using the UV-irradiation method and evaluation of antibacterial activity.** International Journal Nanomedicine; v. 5, p.875–887, 2010, doi: 10.2147/IJN.S13632, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2990381/>

SHARMA, K. V, YNGARD RA, Lin Y. Silver nanoparticles: **Green synthesis and their antimicrobial activities.** Advances in Colloid and Interface Science, v. 145, issue 1-2, p. 83–96, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.09.002>Get rights and content

WANG, Y. Z.; SHAN, Z.H. **The penetration and accumulation of hydroxyapatite and the hydrothermal stability of collagen matrix material.** Materials Chemistry and Physics, V. 226, n. 15, p.257-262., 2019, <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.01.030>

ZAVALA-ALONSO, V., RODRIGUES, J. P. L., TERRONE, H., MARIN, N. P. CASTANON, G. A., ANUSAVISE, K., **Analysis of the molecular structure of human enamel with fluorosis using micro-Raman spectroscopy**, Journal of Oral Science, V. 54, n.1, p 93-98, 2012,<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22466892>

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

falexaguilar@gmail.com

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

Ronnie Von Dos Santos Veloso

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

Luis Fernando Santis Espinosa

Universidad autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería y Tecnología, Campus III, Av. Central S/N esq. Con Franc. Mundo Maya, 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Lilian de Araújo Pantoja

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

Alexandre Soares dos Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Ciências Básicas, Campus JK, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

RESUMO: Este estudo avaliou as condições operacionais que maximizam a produção de hidrogênio com o uso do planejamento composto central rotacional com três fatores (a glicose, o glicerol bruto e os dejetos suínos), seis pontos axiais e quatro pontos centrais.

O processo fermentativo foi realizado com três diferentes inoculantes, os quais foram submetidos aos pré-tratamentos: térmico, ácido e alcalino. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a partir da metodologia de superfície de resposta. O inóculo enriquecido com o pré-tratamento térmico e ácido apresentaram melhor desempenho, com produção de hidrogênio superior a 140 mL por cada grama de DQO adicionada aos biorreatores. Por outro lado, o pré-tratamento alcalino afetou a rota metabólica dos microrganismos, favorecendo a produção de ácidos orgânicos e reduzindo a taxa de produção de hidrogênio. Outros fatores, como a glicose, afetaram significativamente a produção de hidrogênio em todos os tratamentos. Assim também, o glicerol bruto e o dejetos suíno foram fatores significativamente relevantes para a eficiência da produção de hidrogênio. O pré-tratamento térmico do inoculante apresentou melhor resposta em relação à inibição das bactérias consumidoras do gás, favorecendo a produção de hidrogênio no sistema analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Fermentação escura, hidrogênio, dejetos suíno, glicerol bruto

EVALUATION OF PRE-TREATMENT OF THE INOCULANT AND THE COMBINATION OF SUBSTRATES ON THE PRODUCTION OF

ABSTRACT: This study evaluated the operational conditions that maximize the production of hydrogen with the use of rotational central composite planning with three factors (glucose, crude glycerol, and swine manure), six axial and four central points. The fermentative process was with three different inoculants, which were subjected to pre-treatment: Thermal, acid, and alkaline. The results obtained were analyzed with the ANOVA with the response surface methodology. The Inoculum enriched with the thermal and acid pretreatment were the best in the production of hydrogen, with higher production of 140 mL for each gram of COD added to the bioreactor. However, the alkaline pretreatment caused the metabolic route of the microorganisms to be diverted in the production of organic acids, and low rate of hydrogen production. Moreover, the factors influenced the production of hydrogen, such as glucose, which resulted significantly influential in all treatments. Also, crude glycerol and swine slurry were significantly influential in the production of hydrogen. Evidently producing hydrogen by dark fermentation is a viable alternative, since organic waste has an adequate final disposition and hydrogen as a biofuel. Thus, inoculate with thermal pre-treatment remains the best treatment to inhibit the gas consuming bacteria, in comparison with the chemical treatments that need external agents to adjust the pH.

KEYWORDS: Hydrogen, dark fermentation, crude glycerol, swine manure

1 | INTRODUÇÃO

O hidrogênio possui um considerável potencial para ocupar uma parcela importante na oferta de energia global, uma vez que o gás de hidrogênio pode ser obtido por fontes renováveis com a vantagem de possuir elevado teor energético, até 142 kJ g⁻¹. Além disso, a combustão do hidrogênio gera apenas água como produto da reação contribuindo significativamente para os cortes nas emissões GEEs (Elbeshbishy *et al.*, 2011; Nuchdang; Phalakornkule, 2012; Singh; Wahid, 2015)

O hidrogênio pode ser obtido por diferentes formas, pela foto-fermentação, bio-fotólise direta, bio-fotólise indireta e pela fermentação escura. No entanto, o processo de fermentação escura é o processo mais rentável na atualidade. A fermentação escura tem sido utilizada com um consorcio bacteriano misto como inóculo, mais eficiente, em relação ao uso de culturas puras. Também, o uso do consorcio bacteriano misto tem a vantagem de possuir melhor controle do processo e melhor operação que não demanda técnicas onerosas, trabalhosas e possibilita o uso de diferentes fontes de matérias-primas (Kan, 2013). O lodo ativado, obtido em estações de tratamento de esgoto são fonte de inóculo, uma vez que possuem micro-organismos produtores e consumidores de hidrogênio, tais como as bactérias *Clostridium* e as bactérias metanogênicas (hidrogenotróficas e acetoclásticas). Para tanto, alguns autores reportam a necessidade da utilização de pré-tratamentos que sejam eficazes no enriquecimento do inóculo com bactérias produtoras de

hidrogênio, inibindo as bactérias metanogênicas. Dentre estes, a inibição das bactérias metanogênicas pode ser realizado por pré-tratamentos como o térmico, o ácido e o álcali (Dong *et al.*, 2010; Hu; Chen, 2007; Saady, 2013).

O glicerol bruto (GB) é considerado o principal coproduto da cadeia de produção de biodiesel, chegando a produzir 10 kg de GB a partir de 100 kg de biodiesel (Athanasoulia; Melidis; Aivasidis, 2014; Nuchdang; Phalakornkule, 2012). Este coproduto contém 55% de glicerol, 17% de éster metílico, 14% de sabões alcalinos, 10% de metanol, 4% de água e outros componentes, por isso é chamado de glicerol bruto (Kolesárová *et al.*, 2011; Thompson; He, 2006) todavia, o processo de purificação do glicerol é realizado por um processo complexo e de custo elevado, reduzindo sua competitividade econômica no cenário atual de elevada oferta deste coproduto, onde os mercados tradicionais apresentam dificuldades em absorvê-lo (Kanchanasuta; Sillaparassamee, 2017). Porém, o glicerol bruto tem sido catalogado como substância de fácil degradação em processos biológicos, que pode ser qualificado como co-substrato ideal no processo de produção de hidrogênio (Athanasoulia; Melidis; Aivasidis, 2014).

A suinocultura ocupa uma posição importante no fornecimento de carne no mundo inteiro e a oferta deste produto tem crescido nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2014), o Brasil ocupa a quarta posição entre os maiores exportadores mundiais de carne suína, com um total aproximado de 505 mil toneladas por ano. A criação dos animais em sistemas intensivos e/ou sistemas extensivos geram uma enorme quantidade dejetos, elevando a preocupação com o aumento da poluição ambiental atribuída à suinocultura (Cancelier *et al.*, 2015). Uma alternativa de aproveitamento tecnológico dos efluentes da suinocultura e do glicerol, seria utilizá-los na fermentação escura para produção de hidrogênio. Essa estratégia tecnológica poderia minimizar o efeito poluente da disposição final dos efluentes da suinocultura e ao mesmo tempo criar novas alternativas de uso para o glicerol bruto da cadeia de produção do biodiesel (Hernández and Rodríguez 2013).

A metodologia de superfície de resposta (MSR) permite analisar as variáveis operacionais que podem ou não ter efeito significativo na resposta principal. A otimização dos processos, de produção da co-digestão e da fermentação escura, é um passo importante para o desenvolvimento de processos econômico e tecnicamente viáveis (Carrillo-Reyes & Buitrón, 2016; Sinha & Pandey, 2011; Wang & Zhao, 2009). Além de proporcionar uma melhor compreensão dos fatores limitantes que poderiam afetar o desempenho da produção de bio-metano e bio-hidrogênio durante a fermentação (Tenca *et al.*, 2011; Yusof *et al.*, 2014).

Assim, o presente estudo pretende avaliar a mistura da glicose, do glicerol bruto (GB), da produção de biodiesel, e os dejetos suínos (DS), da suinocultura, na produção de hidrogênio por fermentação escura. Esta tecnologia tem potencial para ser aplicada ao tratamento de efluentes gerados na suinocultura e ampliar as alternativas de uso dos coprodutos da cadeia de produção de biodiesel do Brasil,

gerando informações sobre as melhores condições operacionais dos sistemas de produção de hidrogênio por meio da MSR.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dejetos suínos foram obtidos frescos e provenientes do departamento de Zootecnia da UFVJM, Diamantina/MG e da suinocultura do estado de Morelos, México. Os efluentes foram mantidos a -4°C até sua utilização. Os inóculos utilizados, microflora mista anaeróbia, foram provenientes do lodo ativado das estações de tratamento de efluentes das duas localidades já mencionadas. Os reagentes e solventes utilizados neste trabalho apresentavam grau analítico, P.A. e os padrões analíticos usados para as análises cromatográficas possuíam grau de pureza mínima $>99\%$. O glicerol bruto utilizado foi proveniente do processo de recuperação após a transesterificação de óleos residuais (óleos de fritura), de girassol, de soja entre outros com metóxido de sódio, doados pelos Laboratórios de Produção de Biodiesel, Biolubrificantes e Biograxas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, Diamantina/MG.

2.1 Seleção de bactérias produtoras de hidrogênio

A fim de enriquecer seletivamente a microflora mista produtora de hidrogênio, o lodo ativado de esgoto foi dividido em três partes, e cada parte foi avaliada por três diferentes métodos de pré-tratamento, a saber: I) por calor úmido a 105°C , sob 1 atm durante 60 minutos, II) pela adição de soluções ácida, sendo esta elaborada com ácido sulfúrico a 3 mol L⁻¹, pH 1,0 e III) pela adição de solução básica de hidróxido de sódio 3 mol L⁻¹. Os pré-tratamentos II e III foram mantidos por 24 horas e após este período de reação tiveram o pH corrigido para 7,0. De acordo com autores, estes processos inibem o crescimento de bactérias metanogênicas e facilita a multiplicação de bactérias esporulantes, bactérias produtoras de hidrogênio (Saady 2013; Song *et al.* 2012;).

2.2 Ensaios de produção de hidrogênio

O processo para a produção de hidrogênio foi conduzido utilizando o delineamento composto central conforme apresentado nas Tabela 1 e Tabela 2. Os ensaios foram conduzidos de forma descontínua em biorreatores de frascos de vidro semelhante aos utilizados para a produção de biogás. Os bioprocessos foram realizados utilizando como substratos as misturas Glicose/GB/DS acrescido de 2,0 mL de solução de nutrientes modificada de acordo com os estudos de produção de biogás (Aquino *et al.*, 2007; Chernicharo, 2007) (Tabela 3). Tais ensaios foram inoculados com lodo ativado previamente submetidos a diferentes pré-tratamentos (térmico, ácido e básico) conforme descritos anteriormente (Seleção de bactérias

produtoras de hidrogênio). O volume final no biorreator foi ajustado para 25 mL com água destilada e o pH então, determinado. Os frascos foram fechados para manter um ambiente anaeróbico e, então, incubados em banho termostático a $30 \pm 1,0^\circ\text{C}$ até o final da fermentação que é evidenciada pelo término da produção de gás. O processo fermentativo foi monitorado quanto ao volume de hidrogênio produzido por período de 20 dias, a cada 24h.

Fatores	Axial (-a)	Mínimo (-1)	Ponto central (0)	Máximo (+)	Axial (+a)
Glicose (g L^{-1})	2,75	4	7	10	11,24
Glicerol Bruto (g L^{-1})	2,75	4	7	10	11,24
Dejeto Suíno (g L^{-1})	2,93	5	10	15	17,07

Tabela 1. Matriz do delineamento composto central utilizado na produção de hidrogênio empregando como substrato a glicose, o glicerol bruto (GB) e o dejeto suíno (DS), contendo os quatro pontos axiais e quatro pontos centrais.

Ensaio	Glicose (g L^{-1})	GB (g L^{-1})	DS (g L^{-1})	Substrato Total (g L^{-1})	SV Inicial (g L^{-1})
1	3,00	4,00	5,00	12,00	7,94 \pm 0,07
2	3,00	4,00	15,00	22,00	10,21 \pm 0,13
3	3,00	10,00	5,00	18,00	11,95 \pm 0,05
4	3,00	10,00	15,00	28,00	18,42 \pm 0,54
5	15,00	4,00	5,00	24,00	23,88 \pm 0,49
6	15,00	4,00	15,00	34,00	24,19 \pm 0,00
7	15,00	10,00	5,00	30,00	29,17 \pm 1,40
8	15,00	10,00	15,00	40,00	31,98 \pm 1,23
9	0,514	7,00	10,00	17,51	7,61 \pm 0,13
10	17,485	7,00	10,00	34,49	25,42 \pm 0,20
11	9,00	2,75	10,00	21,75	16,21 \pm 0,33
12	9,00	11,24	10,00	30,24	22,53 \pm 0,02
13	9,00	7,00	2,93	18,93	17,93 \pm 0,47
14	9,00	7,00	17,07	33,07	19,61 \pm 0,02
15	9,00	7,00	10,00	26,00	19,79 \pm 0,40

Tabela 2. Diferentes ensaios empregados para avaliar os efeitos da combinação da glicose, do glicerol bruto (GB) e do dejeto suíno (DS) na fermentação escura conforme delineamento composto central.

Macronutrientes	Concentração (mg L^{-1})	Micronutrientes	Concentração (mg L^{-1})
NH ₄ Cl	1.112,0	FeCl ₃ .6H ₂ O	5,00
(NH ₄) ₂ HPO ₄	132,5	ZnCl ₂	0,13
(NH ₄) ₂ HPO ₄	44,50	MnCl ₂ .4H ₂ O	1,25
MgCl ₂ .6H ₂ O	250,00	(NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	1,60
CaCl ₂ .2H ₂ O	189,00	AlCl ₃ .6H ₂ O	0,13
NaHCO ₃	2.500,00	CoCl ₂ .6H ₂ O	5,00

-	-	NiCl ₂ .6H ₂ O	13,00
-	-	H ₃ BO ₃	3,00
-	-	CuCl ₂ .2H ₂ O	8,00
-	-	HCl	1,00

Tabela 3. Solução de nutrientes utilizada como suplemento nos ensaios de produção de biogás e biohidrogênio.

2.3 Quantificação do volume de biogás

O sistema de aferição de volume de gás para produção de biogás e biohidrogênio foi adaptado do trabalho de Aquino *et al.* (2007). O processo foi realizado em frascos de vidro invertido de 250 mL contendo solução de NaOH₃ mol L⁻¹, cuja função era a captura de CO₂. O frasco continha, uma tampa adaptada com uma abertura para entrada do gás produzido no biorreator e outra abertura para a saída do líquido deslocado pela entrada do gás (Figura 1). As medições foram realizadas a cada 24 horas pelo método de deslocamento de líquido. Para tanto, uma proveta foi utilizada para recolher o líquido deslocado pela entrada do gás (Figura 1) cujo volume, era então convertido para volume de biogás normalizado (NmL). Para quantificação foram consideradas as condições normais de pressão e temperatura (1 atm, 0°C) de acordo com a lei dos gases ideais.

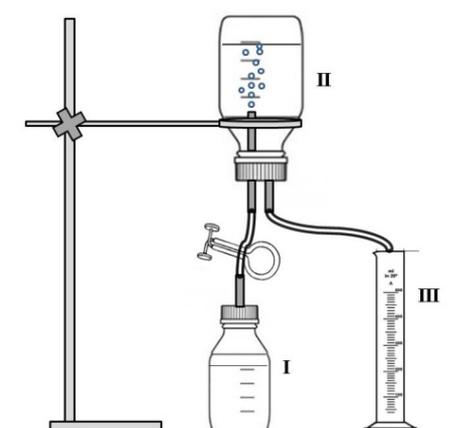


Figura 1. Aparato utilizado para a determinação do volume de biogás produzido: (I) reator contendo abertura de saída para o biogás, (II) frasco com solução de NaOH₃ mol L⁻¹ usado para remoção de CO₂ e (III) proveta para quantificação de volume de líquido deslocado pela entrada do biogás (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2017).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do glicerol bruto (GB), dejetos suínos (DS) e do lodo ativado (inóculo)

Na Tabela 4 encontram-se os resultados da caracterização físico-química e elementar do GB, DS e do lodo ativado. O pH alcalino do GB remete ao processo

que lhe deu origem, subproduto da transesterificação de óleo vegetal por catálise homogênea com metóxido de sódio, que resulta em pH extremamente alcalino (10,30). O valor de pH é um importante indicador para avaliar a estabilidade dos sistemas de digestão anaeróbia, pois afeta os micro-organismos acidogênicos e metanogênicos (Dennehy *et al.*, 2016; Glanpracha; Annachhatre, 2016). O valor de sólidos voláteis no GB foi cerca de 80% superior ao contido no DS. O percentual de carbono no GB foi cerca de 40% maior que o determinado para o DS. Por outro lado, não foi encontrada quantidade significativa de nitrogênio no GB (%N <0,05). O percentual de carbono encontrado no GB (88%) não é característico deste efluente que, segundo Thompson; He, (2006), pode variar entre 24 e 38%. Esse excedente de carbono pode indicar a presença de ácidos graxos livres e saponificados não convertidos pelo processo de transesterificação e a presença de ésteres metílicos não recuperados (Valerio *et al.*, 2015). O dejetos suíno apresentou 25% de proteínas que contribuiriam como fonte de nitrogênio. Segundo Marone *et al.* (2015) e Dennehy *et al.* (2011) a adição de componentes nutricionais complementares na co-digestão de resíduos é um procedimento amplamente aplicado para aumentar a produção de biogás, uma vez que a combinação de diferentes substratos podem fornecer nutrientes equilibrados, reduzir os custos relacionados ao controle do pH e ao balanço da razão C/N, necessários para otimizar o processo de produção de biogás.

Parâmetros	GB	DS	Inóculo
	Média ± Desvio Padrão		
pH	10,30±0,00	6,51±0,54	6,73±0,15
ST (g L ⁻¹)	870,34±0,00	199,86±0,00	80,95±0,11
SV (g L ⁻¹)	870,10±0,00	167,55±0,00	40,72±0,92
SV/ST (%)	99,97	83,90	50,30
DQO (g L ⁻¹)	1974,02±3,10	137,83±1,34	11,92±0,59
Carbono (%)	88,04	49,62	NR
Nitrogênio (%)	<0,05	4,08	NR
Hidrogênio (%)	11,08	6,50	NR
Proteína (%)	<0,05	25,55	NR

Tabela 4. Caracterização físico-química e elementar do glicerol bruto (GB), do dejetos suíno (DS) e do lodo ativado (inóculo) utilizados no processo fermentativo.

ST: Sólidos Totais; SV: Sólidos Voláteis;

DQO: Demanda Química de Oxigênio; NR: Não Realizado.

3.2 Caracterização dos substratos e o biogás produzido

Os ensaios de produção de hidrogênio foram avaliados com diferentes inóculos, usando três métodos de pré-tratamentos para inibir os microrganismos consumidores do gás. Foram empregados os pré-tratamentos: térmico (calor úmido a 105°C, 1 atm, durante 60 minutos), ácido (pH 1 por 24h) e o alcalino (pH 10 por 24h). Da

mesma forma, foram avaliadas diferentes concentrações da mistura de glicose/GB/DS (Tabela 2). O tempo de fermentação foi de aproximadamente de 20 dias, onde foram observados diferentes comportamentos de respostas dependentes da mistura dos substratos. Como ilustrado na Tabela 5 os resultados dos rendimentos de produção máxima de biogás variaram de acordo ao inóculo usado, mesmo quando foi utilizada a mesmas concentrações da mistura dos efluentes. Os melhores resultados de produção de hidrogênio foram obtidos pelo inóculo pré-tratado com ácido e pelo inóculo que sofreu pré-tratado térmico com rendimentos na faixa de 46 a 170 mL gDQO⁻¹. Contrariamente, quando o inóculo que sofreu pré-tratamento básico foi empregado, foram observados baixos rendimentos de biogás, na faixa de 43 a 151 mL gDQO⁻¹. Os resultados indicam que o pré-tratamento álcali inibiu completamente a atividade, tanto das bactérias metanogênicas como das bactérias produtoras de hidrogênio; resultando em baixo rendimento da produção do hidrogênio.

Ensaio	DQO Inicial (g/L)	Biogás Térmico (mL g DQO ⁻¹)	Biogás Ácido (mL g DQO ⁻¹)	Biogás Álcali (mL g DQO ⁻¹)
1	6.688	72.700	84.651	97.100
2	10.661	108.109	79.529	132.341
3	9.169	170.561	54.319	151.368
4	14.286	46.716	66.471	85.297
5	18.202	93.761	56.184	54.360
6	17.388	74.854	45.829	43.156
7	22.776	59.479	34.842	50.732
8	21.846	81.439	33.688	63.513
9	7.752	53.540	79.239	64.248
10	16.509	95.131	37.811	64.158
11	11.852	93.850	62.473	86.846
12	14.260	131.323	36.090	98.259
13	11.995	107.679	82.766	49.549
14	13.909	125.804	11.697	87.848
15	15.377	77.302	43.833	59.380

Tabela 5. Ensaio de produção de hidrogênio usando três tipos de pré-tratamentos dos inoculantes: térmico, ácido e álcali.

DQO: Demanda química de oxigênio

3.3 Cinética de produção de hidrogênio

Os melhores resultados de produção de bio-hidrogênio são ilustrados na Figura 2, onde foi observado que os rendimentos do hidrogênio variaram na faixa de 60 a 180 mL por grama de DQO adicionados no biorreator. Os dados obtidos permitiram inferir que a produção de hidrogênio por culturas mistas é afetada em função do

metabolismo fermentativo das bactérias ali presentes e ainda, de suas interações com os substratos. Nos ensaios com concentrações maiores que 11 gramas de DQO por substrato no reator, da mistura glicose/GB/DS, foi observado um menor rendimento de bio-hidrogênio, inferior à 120 mL por grama de DQO adicionado (Figura 2). Contrariamente, no ensaio 3 com inóculo térmico e ácido e concentração de substrato de 9.69 g DQO L⁻¹, foi observada uma maior eficiência na produção de hidrogênio durante o curso de fermentação de 20 dias. Foram observadas curvas de produção de hidrogênio (Figura 2) com fase de adaptação dos micro-organismos de 1-3 dias e produção exponencial até o dia 20 aproximadamente. A fase estacionária foi lenta, com produção de biogás próxima a zero, para todos os ensaios. Nessa fase, os microrganismos foram sensíveis às mudanças no sistema, provavelmente ao pH baixo, menor que 6,5. Este resultado pode ser atribuído à elevada concentração de ácidos orgânicos (ácido acético e butírico, principalmente) produzido durante a fermentação, afetando o desenvolvimento celular e diminuindo o desempenho do bio-hidrogênio.

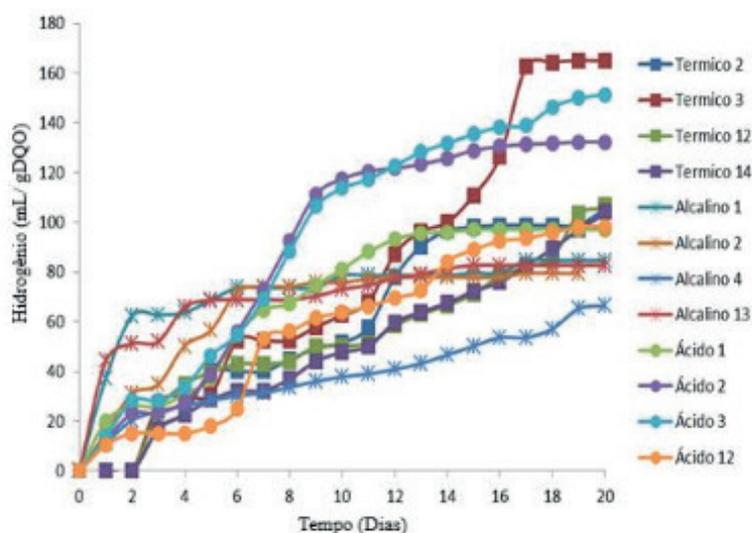


Figura 2. Cinética de produção de hidrogênio dos melhores ensaio da mistura da glicose, glicerol bruto e dejetos suínos com diferentes tipos pré-tratamentos dos inoculantes: térmico, ácido e básico.

3.4 Análise de variância

A análise de variância ANOVA da metodologia de superfície de resposta mostrou que o modelo de ajuste na produção de hidrogênio foi altamente significativo, confirmando assim, que o modelo foi capaz de representar adequadamente os dados na região experimental. Apresentando um efeito significativo na produção de hidrogênio, com nível de significância de 5% (Figura 3). Os resultados mostraram que o pré-tratamento do inóculo que resultou em maior produção de gás foi o pré-tratamento térmico (Figura 3A). A concentração de glicose apresentou um

efeito positivo (p -valor $<0,1$) e as concentrações de glicerol e de dejetos suíno não apresentaram efeito significativo (p -valor $>0,1$) sobre a produção de gás quando o inóculo foi pré-tratado termicamente (Figura 3A). Para o inóculo pré-tratado com ácido, o glicerol foi quem apresentou efeito positivo significativo (p -valor $<0,1$) (Figura 3B). No inóculo que sofreu pré-tratamento alcali, o glicerol e o dejetos suíno apresentaram efeito negativo (p -valor $<0,15$) após 8 dias de fermentação e a glicose não apresentou efeito significativo (p -valor $>0,5$) (Figura 3C).

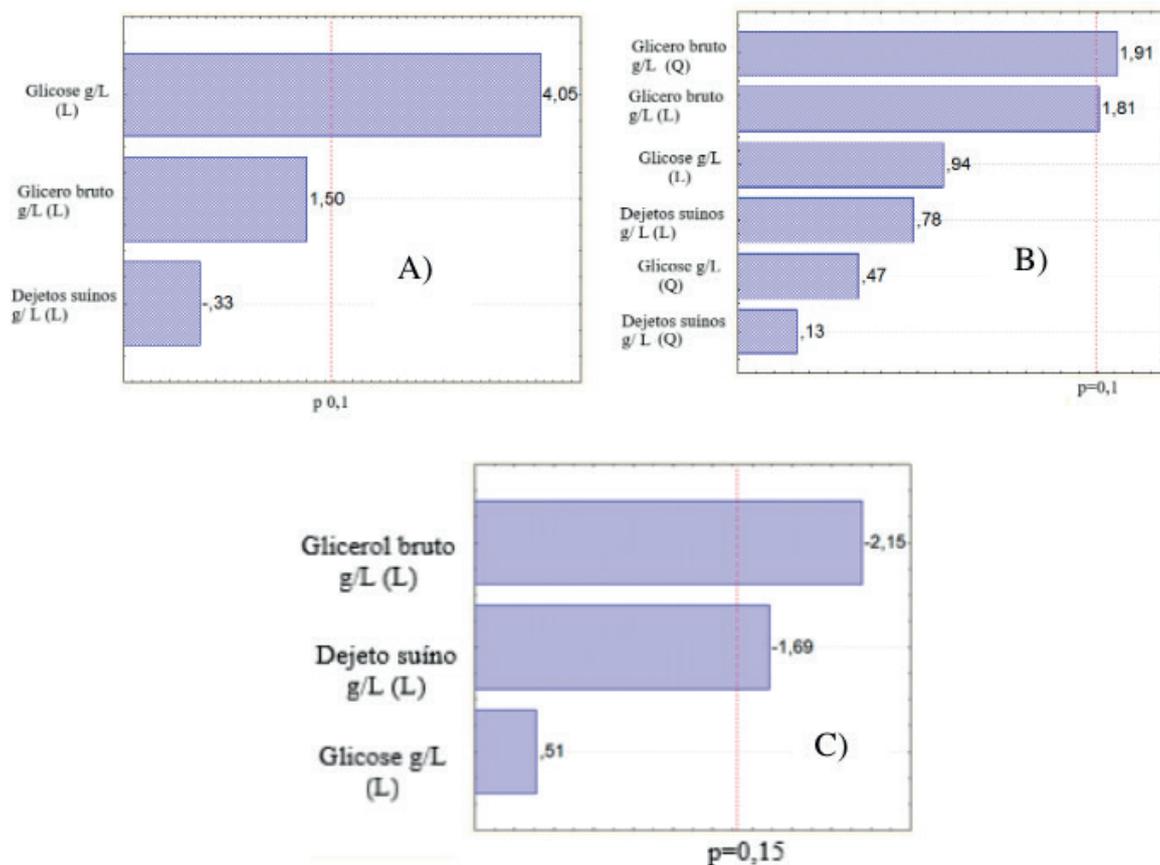


Figura 3. Gráfico de Pareto para os efeitos estimados da glicose, glicerol bruto e dejetos suíno após pré-tratamento do inóculo: A) Térmico, B) Ácido e C) alcalino.

4 | CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou visualizar o efeito da mistura dos efluentes e os diferentes inóculos utilizados, que tem relação direta com o desempenho da produção de biohidrogênio. Nas melhores condições foi possível produzir hidrogênio entre 100-170 mL g⁻¹ DQO adicionada no reator. Observou-se que os métodos para a preparação de inóculo e a interação entre a glicose, o glicerol bruto e o dejetos suíno afetaram o potencial de produção de hidrogênio. Os melhores resultados de produção de hidrogênio foram com o inóculo com pre-tratamento térmico e o ácido. No entanto, o pré-tratamento térmico para o inóculo foi mais vantajoso devido à eliminação da necessidade de neutralização do pH após o pré-tratamento. Desta

forma, confirmou-se que o pré-tratamento térmico ainda continua sendo o método de pré-tratamento mais eficiente na produção de hidrogênio, também o uso combinado do GB/DS é melhor na produção de hidrogênio que o uso da glicose como substrato.

AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

REFERÊNCIAS

Aguilar-Aguilar, F. A.; Nelson, D. L.; Pantoja, L. A.; Santos, A. S. Study of Anaerobic Co-digestion of Crude Glycerol and Swine Manure for the Production of Biogas Study of Anaerobic Co-digestion of Crude Glycerol and Swine Manure for the Production of Biogas. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 6, 2017.

Aquino, F.S., Chernicharo C.A.L. Foresti E.Florêncio M.L.S., Monteggia, L. O. Metodologias para determinação da Atividade Metanogênica Específica (AME) em Lodos Anaeróbios. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 192–201, 2007.

Athanasoulia, E.; Melidis, P.; Aivasidis, A. Co-digestion of sewage sludge and crude glycerol from biodiesel production. **Renewable Energy**, v. 62, p. 73–78, 2014.

Cancelier, A. *et al.* Avaliação da produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 209–217, 2015.

Carlos Augusto De Lemos Chernicharo. **Biological Wastewater Treatment Vol.4: Anaerobic Reactors**. London, UK: [s.n.]. v. 04

Carrillo-Reyes, J.; Buitrón, G. Biohydrogen and methane production via a two-step process using an acid pretreated native microalgae consortium. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 324–330, 2016.

Dennehy, C. *et al.* Synergism and effect of high initial volatile fatty acid concentrations during food waste and pig manure anaerobic co-digestion. **Waste Management**, v. 56, p. 173–180, 2016.

Dong, L. *et al.* Evaluation of pretreatment methods on harvesting hydrogen producing seeds from anaerobic digested organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 15, p. 8234–8240, 2010.

Elbeshbishy, E. *et al.* Single and combined effect of various pretreatment methods for biohydrogen production from food waste. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 17, p. 11379–11387, 2011.

Glanpracha, N.; Annachhatre, A. P. Anaerobic co-digestion of cyanide containing cassava pulp with pig manure. **Bioresource Technology**, v. 214, p. 112–121, 2016.

Hallenbeck, P. C.; Ghosh, D. Advances in fermentative biohydrogen production: the way forward? **Trends in Biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 287–297, 2009.

Hernández, M.; Rodríguez, M. Hydrogen production by anaerobic digestion of pig manure: Effect of operating conditions. **Renewable Energy**, v. 53, p. 187–192, 2013.

Hu, B.; Chen, S. Pretreatment of methanogenic granules for immobilized hydrogen fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 32, n. 15 SPEC. ISS., p. 3266–3273, 2007.

Kan, E. Effects of pretreatments of anaerobic sludge and culture conditions on hydrogen productivity in dark anaerobic fermentation. **Renewable Energy**, v. 49, p. 227–231, 2013.

Kanchanasuta, S.; Sillaparassamee, O. Enhancement of hydrogen and methane production from co-digestion of palm oil decanter cake and crude glycerol using two stage thermophilic and mesophilic fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 5, p. 3440–3446, 2017.

Kolesárová, N. *et al.* Utilization of biodiesel by-products for biogas production. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2011, 2011.

Nuchdang, S.; Phalakornkule, C. Anaerobic digestion of glycerol and co-digestion of glycerol and pig manure. **Journal of Environmental Management**, v. 101, p. 164–172, 2012.

Saady, N. M. C. Homoacetogenesis during hydrogen production by mixed cultures dark fermentation: Unresolved challenge. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 38, n. 30, p. 13172–13191, 2013.

Singh, L.; Wahid, Z. A. Methods for enhancing bio-hydrogen production from biological process: A review. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 70–80, 2015.

Sinha, P.; Pandey, A. An evaluative report and challenges for fermentative biohydrogen production. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 13, p. 7460–7478, 2011.

Song, Z. X. *et al.* Effects of pretreatment method of natural bacteria source on microbial community and bio-hydrogen production by dark fermentation. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 7, p. 5631–5636, 2012.

Tenca, A. *et al.* Biohydrogen from thermophilic co-fermentation of swine manure with fruit and vegetable waste: Maximizing stable production without pH control. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 18, p. 8582–8588, 2011.

Thompson, J. C.; HE, B. B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. v. 22, n. 2, p. 261–265, 2006.

Valerio, O. *et al.* Improved utilization of crude glycerol from biodiesel industries: Synthesis and characterization of sustainable biobased polyesters. **Industrial Crops and Products**, v. 78, p. 141–147, 2015.

Wang, x.; Zhao, Y. A bench scale study of fermentative hydrogen and methane production from food waste in integrated two-stage process. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 34, n. 1, p. 245–254, 2009.

Yusof, T. R. T. *et al.* Optimization of Methane Gas Production From Co-digestion of Food waste and Poultry Manure Using Artificial Neural Network and Response Surface Methodology. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 7, p. 27–37, 2014.

Zhang, J. *et al.* Microbial lipid production by the oleaginous yeast *Cryptococcus curvatus* O3 grown in fed-batch culture. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1906–1911, 2011.

CAPTURA DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves

Universidade Federal da Bahia, Departamento de Ciências da Biointeração, Instituto de Ciências da Saúde UFBA. SS-BA.

Paulo Fernando de Almeida

Universidade Federal da Bahia, Departamento de Ciências da Biointeração, Instituto de Ciências da Saúde, UFBA. SS-BA.

Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella

Universidade federal da Bahia, Departamento de Físico/Química, Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia, UFBA. SS-BA.

Ana Maria Álvares Tavares da Mata

Instituto Politécnico de Setúbal. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, IPS/Portugal

RESUMO: Os manguezais são um ecossistema comparado a um “berçário natural” devido a sua riqueza biológica. O petróleo é considerado mineral, mesmo sendo matéria orgânica, sem composição química definida. Os cristais são formados em ambiente favorável com lento aquecimento. Suas moléculas (grupos de átomos) se juntam de forma ordenada. Este trabalho fez parte de etapas no processo de biorremediação de manguezal contaminado com petróleo, sob a ação de fungos e residual de mamona (consórcio microbiano). Resultou após 3 meses, houve acima dos esporos de fungos, a deposição de vapores químicos em

cristais de Halita, contendo carbono inorgânico, PI UFBA 2011, e PI UFBA 2014, residual cristalizado contendo partículas inorgânicas nanoestruturado resultante do processo bio/geo/químico. Tal produto se atribui as energias vegetais armazenadas e ao processo de hidrólise do aminoácido cisteína da ricina, uma metalo-protease, devido à síntese microbiana e captura de oxigênio e nutrientes energéticos para sua proliferação. Os produtos foram investigados em difratometria de raios-X, espectrofluorimetria, microscopia eletrônica de varredura e ressonância magnética nuclear. Investigado com Teste PCA e Método Bradford apresentou atividade antimicrobiana. Conforme resultados obtidos o produto cristalizado tem potencial de conter moléculas orgânicas para aplicação em fármacos, cosméticos e nanopartículas para processos industriais e produção de novos materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Biorremediação. Fungos. Petróleo. Carbono Cristalizado. Nanopartículas.

VOLATILE CARBON CAPTURE OF THE BIORREMIATION PROCESS FOR USE IN BIOTECHNOLOGY

ABSTRACT: Mangroves are an ecosystem compared to a “natural nursery” due to their biological richness. Petroleum is considered

mineral, even if it is organic matter, with no defined chemical composition. The crystals are formed in a favorable environment with slow heating. Its molecules (groups of atoms) come together in an orderly fashion. This work was part of steps in the bioremediation process of mangrove contaminated with petroleum, under the action of fungi and residual castor bean (microbial consortium). After 3 months, there were above fungal spores, deposition of chemical vapors in halite crystals containing inorganic carbon, PI UFBA 2011, and PI UFBA 2014, crystallized residual containing nanostructured inorganic particles resulting from the bio / geo / chemical process. This product is attributed to stored plant energies and to the hydrolysis process of the cysteine amino acid ricin, a metallo protease, due to the microbial synthesis and capture of oxygen and energetic nutrients for its proliferation. The products were investigated in X-ray diffraction, spectrofluorimetry, scanning electron microscopy and nuclear magnetic resonance. Investigated with PCA Test and Bradford Method presented antimicrobial activity. According to the obtained results the crystallized product has the potential to contain organic molecules for application in drugs, cosmetics and nanoparticles for industrial processes and production of new materials.

KEYWORDS: Bioremediation. Fungi. Petroleum. Crystallized Carbon. Nanoparticles

1 | INTRODUÇÃO

Os manguezais são um ecossistema comparado a um autêntico “berçário natural” devido a sua riqueza orgânica e biológica. Segundo o autor, representam uma base no eixo vital na cadeia alimentar, abrigando uma fauna composta por minúsculas formas microscópicas de vida até a reprodução e crescimento de peixes, aves, répteis e até mamíferos. Além de abrigar as espécies de vivem permanentes como ostras, caranguejos e peixes, visto que, este ecossistema é revigorado com as trocas de maré apresenta assim fonte de alimento, fonte de sustento com condições naturais para fixação e equilíbrio de seres neste meio ambiente (BOTELHO, 2003; LEITÃO, 1995; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

A cristalização é o resultado do desequilíbrio entre solubilidade e precipitação de sais e pode indicar a formação de micro-cristais. O pH alcalino, viabiliza a solubilidade da cistina unida em ligação de sulfato no petróleo e favorece a precipitação do fosfato de cálcio e fosfato amônio-magnésiano-hexa-hidratado (PI BR 10 0030520, CRISTINA M. QUINTELLA; ODETE GONÇALVES; 2017). A saturação ocorre dependendo da concentração dos solutos cálcio, magnésio, sódio, fosfato, oxalato, citrato e sulfeto (LULICH, et al.; 2005).

A cisteína, presente na ricina de mamona, é um aminoácido sulfurado, fonte de sulfato inorgânico, uma metalo-protease que usa um íon metal no seu mecanismo catalítico e hidrolisa as proteínas em aminoácidos, facilitando a sua absorção pelas células, uma vez que possui um papel despolimerizante (ALVAREZ-SANCHEZ *et al.*, 2000).

O presente trabalho refere-se à produção de cristalizados nanoestruturado proveniente do sedimento biorremediado manguezal contaminado com petróleo e o consórcio microbiano em reações bio/geo/químicas. O produto residual orgânico/inorgânico cristalizado contendo estrutura organizada cristais de Halita (NaCl), com larga afinidade e interação entre os minerais metalóides e as partículas de carbono polimerizado em dióxido de silício (SiO_2) ligados a oxigênio e sódio do consórcio microbiano. Destaca-se que os cristais puros, totalmente superficiais em forma de agulhas ou quadrangular se constituem de carbono inorgânico, mineral purificado proveniente de hidrocarbonetos voláteis. Sendo assim, os fungos sintetizam a biotransformação físico/química do consórcio microbiano para o seu metabolismo e após três meses em processo de hidrólise e adsorção se dá a cristalização molecular acima dos conidióforos dos fungos e em seu entorno superficial residual que compreende ser argilo mineral em átomos de silicato octaedrais dióxido de silício (SiO_2).

O objetivo deste estudo é a caracterização dos produtos cristalizados para sua aplicação molecular, possivelmente compostos proteicos antimicrobiano nas indústrias de fármacos, em cosméticos e nas indústrias de novos materiais o emprego de nanopartículas de carbono inorgânico nanoestruturado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O sítio de estudo - Se apresenta a localização e área de estudos onde foi coletado o sedimento manguezal contaminado para o processo de biorremediação utilizado neste experimento com a formulação de consórcio microbiano, UFBA BR PI 1004444-2 A2, 03 mar. 2010. Está situado entre os municípios de Madre de Deus, Candeias e São Francisco do Conde, localizados no estado da Bahia, e é representativa do Bioma Mata Atlântica, no ecossistema manguezal. Contudo, encontra-se nas proximidades da zona de produção, refino e transporte do petróleo da Refinaria Landulfo Alves - Mataripe (RLAM), nas coordenadas $12^\circ 44' 26,0''$, o qual deságua na Baía de Todos os Santos (BTS), que conseqüentemente, expõe esta região a acidentes oriundos da atividade petrolífera.

O petróleo do Recôncavo Baiano - O petróleo é considerado mineral, mesmo sendo matéria orgânica, sem composição química definida mais propriamente composto de hidrocarboneto, carbono e hidrogênio. No Recôncavo Baiano, este, devido a sua formação, a partir de matéria lacustre, possui composição dominante de parafinas e cadeias normais os alcanos, diferenciando-se, assim, do petróleo de outras bacias sedimentares. Possui alto teor parafínico de 14,71% p/p, 0,20 % v/v de água emulsionada, sedimentos abaixo de traços, densidade a $15,6^\circ\text{C}$ de 0,8727, grau API 30,64, ponto de fluidez de $39,00^\circ\text{C}$ e ponto de névoa de $49,22^\circ\text{C}$ (BORGES *et al.*, 2007). Os hidrocarbonetos alcanos (no petróleo bruto até 12 carbonos são

voláteis, de baixa massa molecular) são as alíquotas de mais fácil degradação do processo de biorremediação em derrame ambiental de petróleo. Conforme trabalhos de Schreber e colaboradores (2001), mostraram que os sedimentos orgânicos oriundos de ambientes hipersalinos possuem valores altos para a razão de H/C indicando o potencial para óleo dessa matéria orgânica.

2.1 Experimental do consórcio microbiano – Semeadura

Inicialmente foram feitas as análises toxicológicas no Laboratório de Microbiologia de Farmácia/UFBA, através das técnicas de micro- cultivo em Agar batata, descrita por Lacaz (2002). Após coletadas as amostras, foi analisada a granulometria do sedimento manguezal. Estas foram selecionadas e quantificadas, levadas ao Aquecedor Agitador Magnético - Stirring Hot Plate – (Logen- 350°C) por 4 min. à 87°C, retiradas e distribuídas em 10 placas de Petri com o fungo *Aspergillus* spp e 10 placas de Petri com o fungo *Penicillium* spp. Estas foram identificadas e fechadas hermeticamente para a proliferação na semeadura de bioaugmentação da população microbiana de fungos. Foi acompanhado o desenvolvimento microbiano por sete dias e utilizados em repicagem no experimental de tanques (aquários) e protótipo para biorremediação.

Processo de Cristalização na biorremediação - Entretanto nas placas de Petri que não foram utilizadas, houve um acompanhamento, sendo observado que haviam se desenvolvido, na parte superficial das placas, maior proliferação e concentração da população fúngica com elevação dos esporos microbianos, aos 90 dias a formação sintetizada de pequenos cristais sólidos, transparentes e com brilho em forma de agulhas e retangular. Os cristais foram produzidos a partir dos rejeitos dos fungos, isto é, filamentos dos quais se serviam como seus esporos, e provavelmente da captura dos hidrocarbonetos voláteis em sais minerais de halita. Inicialmente se investigou em Difractometria de Raios-X, a seguir para análise de orgânicos e inorgânicos, foram analisadas em três modalidades físicas: A) Cristal puro – somente os filetes cristalizados. B) Cristal macerado – com algum residual. C) Cristal residual sintetizado (Figura 1).



Figura 1. Amostras cristalizadas para análise

2.2 Caracterização dos Cristais Protéicos

Cristal residual nanoestruturado - Os cristais são formados em ambiente favorável com lento aquecimento. Suas moléculas (grupos de átomos) se juntam de forma ordenada e definida numa geometria em que as faces são planas. Uma das formas na formação de minerais possivelmente são interação de processos físico-químicos, reações químicas entre sólidos e líquidos, em ambientes geológicos. Normalmente adquirindo composição química definida e, em condições favoráveis, podendo ter estrutura atômica ordenada conferindo sua forma cristalina e suas propriedades físicas (NATIONAL GEOGRAPHIC. 2008).

O cristal Halita se refere a ocorrências naturais como sal fósil. Geralmente estão presentes em ambientes evaporitos, no qual os depósitos orgânicos são soterrados em processo acelerado com formação de sedimentos argilosos ou calcário, abundantes em matéria orgânica. O autor, Rosell e colaboradores, (1998), afirma que, águas contendo elevadas salinidades são sítios que contêm elevada produtividade biológica. Os cristais, em sua síntese geralmente são sistemas cristalinos agrupados. Como exemplo destaca-se o quartzo, um mineral de sistema hexagonal que possui propriedades morfológicas como brilho, cor, transparência, habito, fratura, Clivagem. Sendo assim o cristal de halita (NaCl) – Cloro-Sódio, um composto com ligação iônica, se apresenta em sua geometria prismático com faces de romboedro, com estrutura atômica grafite que equivale a menor número de átomos (2,2).

Espectrofluorimetria - As leituras de espectrofluorimetria foram realizadas em cubetas de quartzo de 1 cm em espectrofluorímetro PerKinElmer 73809, precisely model LS55 Luminescence Spectrometer, U.K. LR64912C, com software FL WinLAB utilizando fenda de 2,5 nm e velocidade de scan de 1200 nm/min. As amostras foram diluídas no em 5 mL de solvente hexano com o método: Exc: 250 nm; emissão de 300 a 900 nm; scan: 10; inc: 50 nm. Cita o autor, Sikorska (2005 apud MEIRA et al., 2011), exemplo de fluoróforos presente na cadeia de biocombustíveis e fluoróforos encontrados em OGRs e óleos vegetais analisados por espectrofluorimetria. Dos

dados obtidos foram elaborados mapas estatísticos e espectros para interpretação.

Ressonância Magnética Nuclear (RMN ^1H) – Os dados de RMN foram adquiridos a 25 ° C utilizando um equipamento espectrômetro de RMN Bruker Avance 500 III (Karlsruhe, Alemanha) operado a 11.75 T (^1H ressonância de frequência 500.13 MHz), equipado com uma sonda 5 mm de ressonância tripla de banda larga (TBI). As amostras foram Cris Res Macer (15 mg) e amostra Cr_16 (19 mg); ambas foram maceradas, diluídas na concentração % em 40 μL de acetona para serem analisadas.

Microscopia Eletrônica de Varredura MEV/EDS – O perfil químico e imagens de microscopia eletrônicas de varredura, foram obtidas com o equipamento espectrofotômetro marca JEOL, modelo JSM-6610LV Scanning Microscope, as amostras foram previamente metalizadas com precipitação a vácuo, de película micrométrica. Neste estudo, foi utilizado o material condutor carbono, sobre a superfície da amostra o que possibilitou a identificação através da condução da corrente elétrica. O metalizador utilizado foi da marca DENTON VACUUM, modelo DESK V. As imagens foram obtidas do tipo elétron secundário (SEI) e as análises químicas foram por EDS.

Os picos obtidos no espectro podem determinar os elementos atuantes na amostra e apontar a caracterização da composição química e determinação da estrutura atômica, morfologia do material, tanto de metais, cerâmicas e polímeros, como de espécimes biológicas específicas (REED, 1996). O MEV oferece a detecção dos raios-X uma técnica não destrutiva, podendo determinar quantidades de até 1-2% dos elementos presentes na amostra medindo sua energia (EDS) como também o seu comprimento de onda (WDS) permite identificar a composição de cada amostra, qualitativamente, em pontos específicos da imagem (CRUZ et al., 2006).

O antimicrobiano Método BRADFORD (Jornal (anexo) EC 761/2009) – Os antimicrobianos são substâncias que agem sobre microorganismos inibindo o seu crescimento e proliferação ou mesmo causando a sua destruição, podendo ser estes naturais (antibióticos) ou sintéticas (quimioterápicos) (SÁEZ-LLORENS, 2000). Foi preparado, filtrado e dissolvido $\frac{1}{2}$ litro do reagente Comassie mais 1g de azul brilhante pelo método Bradford em seguida colocado no agitador magnético e coberto com papel alumínio ficando por 24:00h em agitação. Este reagente foi utilizado para investigação de tese antimicrobiano e para a investigação de teste de proteínas. Após serem todas as amostras preenchidas com o Plate Count Agar (PCA) com Tris, conforme método estabelecido, estas foram colocadas na estufa à 37°C das 13:00 h às 15:30 h para secar. Logo após foi adicionado 0,05 μl da bactéria *E. coli* e colocado novamente na estufa. Para que tenha mais eficiência na medicação antimicrobiana, quanto ao patógeno se faz necessário a confirmação da suspeita da infecção por meio de culturas positivas para microorganismos isolados e a localização do foco provável (MOTA et al., 2010).

3 | RESULTADOS

Foram identificados os fungos *Aspergillus* spp e *Penicillium* spp, os quais foram utilizados no experimental compondo o consórcio microbiano. O perfil granulométrico do substrato manguezal foi obtido com centrifugação, $D(v.05) = 23.30 \mu\text{m}$. A sintetização do produto cristalizado efetuou-se a partir do processo de evaporação/desidratação e adsorção e do fator tempo que é um diferencial. Como resultado da análise de difratometria de raios-X é importante destacar o fator tempo na validação com a comparação da sementeira 1 e sementeira 2, na qual após 90 dias, se observou maior quantidade de agregação dos metalóides (inorgânicos) aos cristais e nas estruturas cristalinas maior forma em tamanho. A caracterização do cristal Halita mostrou os picos 4.04 H; 3.35 H; 2.86 H; 2.82 H; 1.99 H; 1.62 H no tempo até 90 dias. Entretanto após este período verificou-se os picos 4.2 Qz e 3.34 Qz, além dos outros já existentes (Figura 2), caracterizando como principal Cristal de Halita e como secundário Sílica Cristalizada. Foi observado que a amostra manguezal cristal puro 1, obteve a condutividade muito elevada em 28,8 mS/cm. Eletricidade.

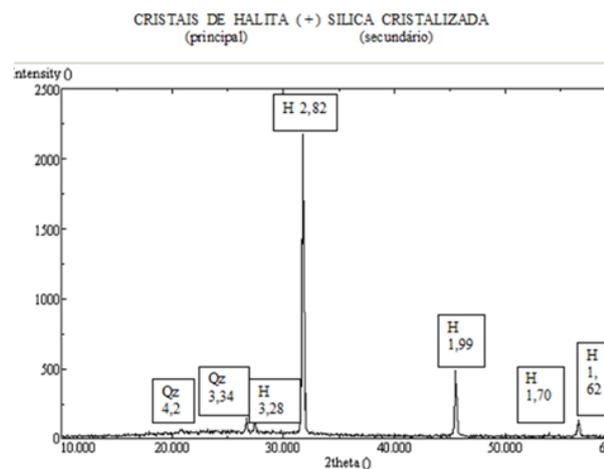


Figura 2: Difratometria de Raios-X após 90 dias da sementeira

Espectrofluorimetria cristal residual - Foram obtidos espectros de emissão fluorescente e elaborados tratamento de dados em mapas (Figura 3).

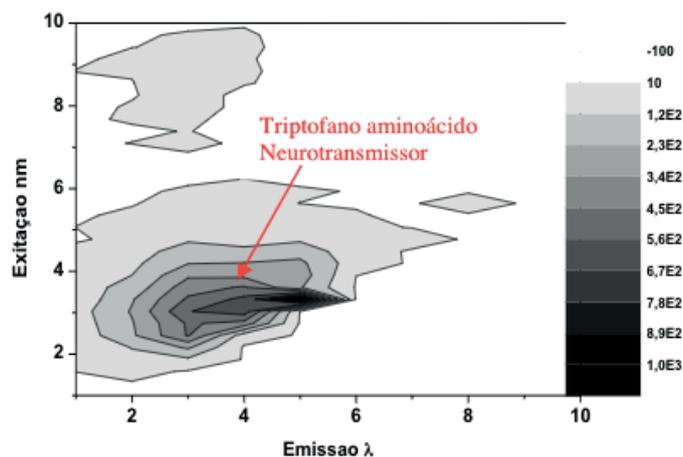


Figura 3: Caracterização de bioativo cristalizado manguezal por fluorescência molecular evidenciando ser o aminoácido Triptofano (neurotransmissor).

Na determinação analítica foi detectada a emissão entre 200 nm a 550 nm enquanto a amostra sofria excitação em comprimento de onda na faixa de 200 nm à 500 nm.

Análise em RMN ^1H - Houve a produção de cristais de halita (cristais de sal), conseqüentemente com a captura dos hidrocarbonetos voláteis (cristal puro), como uma forma de purificação de carbono inorgânico (PI BR 1020140192018, 2014). Após analisado em RMN ^1H e comparado os dados em planilha, foi observado que ambos os cristais de 2012 e 2016 apresentaram resultados muito semelhantes, isto porque ambos são produtos da formulação do consórcio microbiano, embora sejam de experimentais feitos em anos diferentes, o que garante a metodologia original utilizada. O espectro foi aumentado a proporção visual de análise na frequência entre 0 à 3.5 ppm, no qual foi observado em 0.9 ppm CH_3 terminal; em 1.3 (CH_2)@ para o cristal residual 2012 (Figura 4A). Atribui-se a $\text{CH}_2 - \text{CO}$, grupo funcional ácido carboxílico ou derivado de amida, como por exemplo metil amida. Podendo ser um propanoico butânico de cadeias pequenas, ou seja, abaixo de 10 carbonos, com indicativo de ser produzido pela fermentação anaeróbica (láctica). Isto se atribui devido a volatilização dos hidrocarbonetos de cadeias menores de 10 carbonos em forma de gás condensados (aprisionados) nos cristais de halita, fechados em placas de Petri em biotransformação biogeoquímica. Apresenta inicialmente os halogênios que estão contribuindo para as reações e biotransformações biogeoquímicas, os quais aparecem na frequência, em 0.0 ppm picos de Silício; em 0.9 ppm à 1.0 ppm se observa Iodeto de metila ou muito provavelmente CH^3 terminal, ainda na frequência de 1.3 ppm (CH_2)@, em 2.1 ppm é observado o solvente acetona. Na frequência 2.8 ppm se apresenta o Brometo de metila que provavelmente atua em processos de oxido-redução e hidrolise, em reação com os metaloides. Os compostos halogenados indicam ser formadores de sais, possuem a propriedade oxidante assim sendo reagem espontaneamente com os metaloides e não-metais

são substâncias redutoras muitas vezes reagindo com gases podendo exercer a ação antimicrobiana. O autor pontua a presença do aminoácido estrutura resultante da ligação do terminal alfa-amina (NH_2) à cadeia substituível alifática (VARALDO, 2002). É sabido que compostos halogênicos são formados por moléculas constituídas por baixo peso molecular como exemplo o cloro, volátil em condições ambiente.

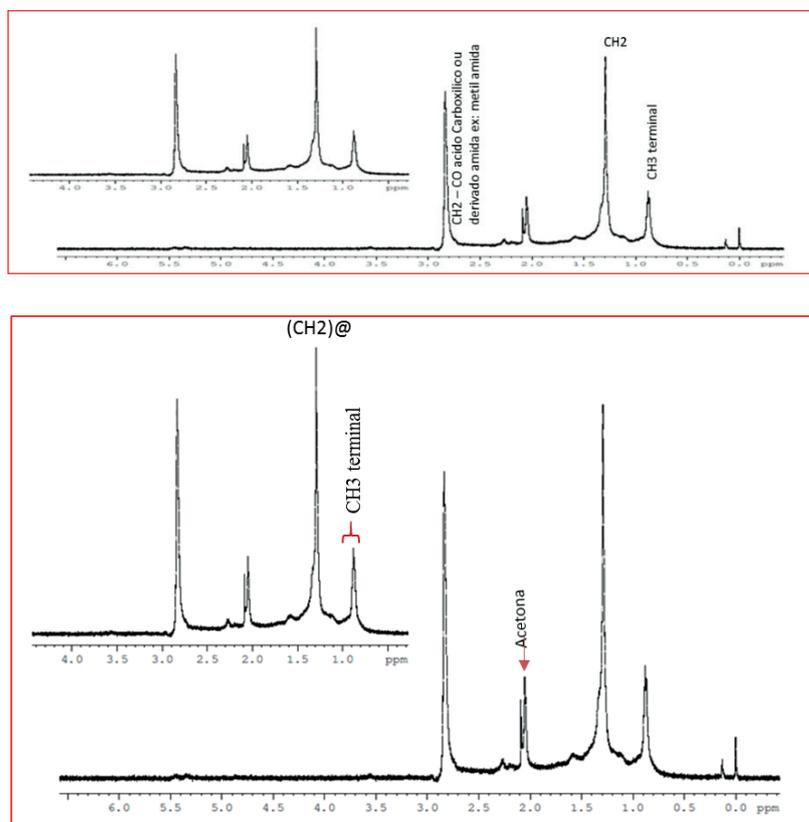


Figura 4 A e B: A) Ressonância magnética nuclear ^1H do cristal 2012 com picos de ácidos carboxílicos e metilas. B) Espectro do cristal 2016 em 2.8 ppm Brometo de metila

Análise MEV/EDS - Foram analisadas as amostras cristalizadas ao longo dos anos da pesquisa com os dados obtidos foi elaborada a tabela 1, na qual apresenta os resultados do cristal puro, cristal macerado, cristal residual, cristal residual 16 e cristal residual 17, utilizando-se a técnica MEV/EDS. Foi apontado a forte presença de cloro e sódio devido ser cristal de halita proveniente da salinidade e evaporação da solução salina, entretanto quando o residual cristalizado é macerado, destaca-se a forte presença de carbono mineral acompanhado de enxofre, silício, magnésio, oxigênio e cálcio característico de compostos orgânicos proteicos. Após deposição de vapores químicos, observou-se formação de cristal (puro) Halita e grupos de átomos, carbono volátil (Figura 5 A B), imagem MEV/EDS. Foi coletado o espectro de MEV/EDS do filete cristal puro isolado, registrado em imagem de microscópio eletrônico em placas de Petri (Figura 6 A B). Destaca-se o espectro de BSE em MEV/EDS, da amostra Cr_16 (cristal residual), apresentando elevado pico de Carbono com 86.73 Wt%, este dá evidências de purificação de carbono mineral, seguido pelo Oxigênio com 8.4 Wt% (SiO_2), confirmando a presença de enxofre com pico de 1.82

Wt% (FeS₂) (Figura 5).

Fonte	Mangue	Mangue	Mangue	Mangue	Mangue	
Data	2012	2012	2012	2016	2017	
Amostra Cristal	Puro	Macerado	Residual	Resid 16	Residual	Etiqueta
Peso	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Wt%	Padrão
C	10,71	21,03	43,58	86,73	45,04	C Vit
O	0	6,03	13,14	8,4	33,38	SiO ₂
Na	33,97	28,25	15,9	0	1,19	Albite
Mg	0	0,35	0	0,62	2,09	MgO
Al	0	1,49	0,88	0,16	2,41	Al ₂ O ₃
Si	0	0,25	1,99	0,66	6	SiO ₂
S	0	41,94	1,21	1,82	1,41	FeS ₂
P	0	0,11	0	0	0,14	GaP
Cl	55,09	0,12	20,78	0,87	3,77	NaCl
K	0	0,04	0,29	0	1,07	KBr
Ca	0,24	0,28	0,41	0,21	1,38	Wollastonite
Ti	0	0,07	0	0	0,16	Ti
Mn	0	0,04	0	0	0	Mn
Fe	0	21,03	1,83	0,52	1,08	Fe
Cu	0	6,03	0	0	0,13	Cu
Ga	0	28,25	0	0	0	GaP
Br	0	0,35	0	0	0,78	KBr

Tabela 1. Dados de amostras cristalizadas são apresentas, cristal puro, cristal macerado, cristal residual, cristal residual 16 e cristal residual 17, utilizando-se a técnica MEV/EDS, destacando 86,73 Wt% de carbono mineral.

Tal resultado leva a induzir reações de compostos orgânicos, muito provavelmente a presença de proteína como era esperado. A cisteína possui um grupo funcional formado por átomos de hidrogênio e enxofre (grupo tiol), que auxiliam na formação de ligações de dissulfureto. Estas ligações são muito importantes para definir a estrutura orgânica de várias proteínas (TORTORA, 2012). O trabalho apresenta evidências de nanopartículas nanoestruturadas, reações bio/geo/químicas, obtidas a partir de uma inovadora tecnologia baseada na combinação dos métodos de intercalação em solução sólido/pastoso, consórcio microbiano (fungos) de biorremediação manguezal.

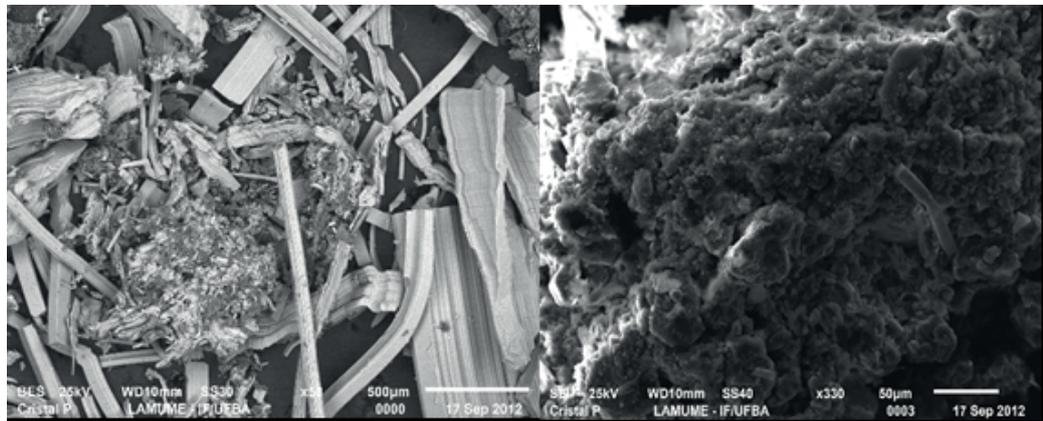


Figura 5 A B. Imagem Microscopia Eletrônica MEV/EDS de cristal puro.

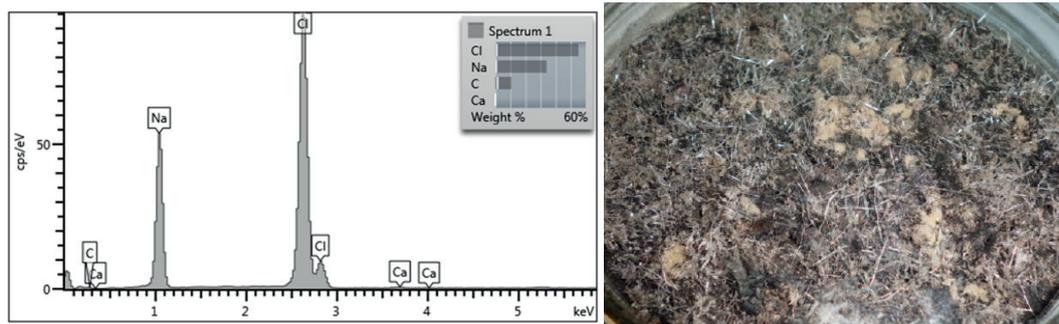


Figura 6 A B. A. Espectro de MEV/EDS do filete cristal puro isolado, B. Foto em placa Petri.

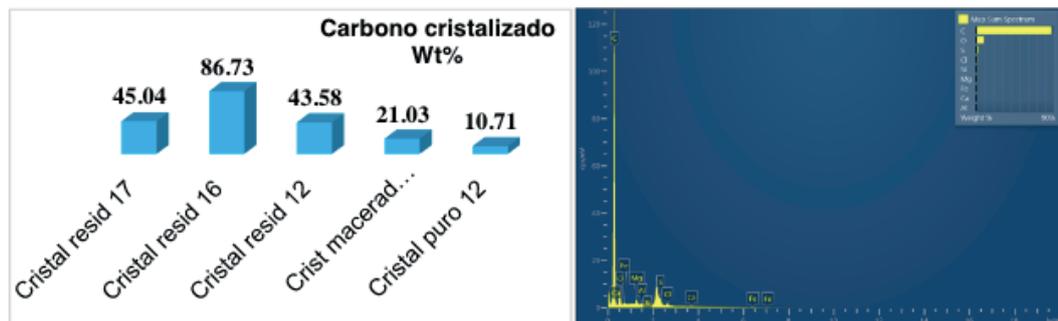


Figura 7 A B. A. Demonstrativo estatístico dos percentuais de carbono inorgânico apontados nas amostras de cristal puro e residual manguezal. Espectro da amostra cristal residual Cr_16 por microscopia eletrônica de varredura/EDS com mapeamento dos picos de minerais com predominância do carbono com 86.73 Wt%, seguido de Oxigênio e Enxofre evidenciando compostos orgânicos.

Análise de micrografia de luz polarizada - Anisotropia é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física varia com a direção, assim sendo depende da direção em que são medidas. Em consequência da anisotropia das propriedades óticas dos minerais é utilizada para distinguir os minerais uns dos outros. Os bioativos obtiveram birrefringência de proteína com indicação de estrutura molecular bem organizada. Segundo, ROOK, 1998, as fibras de colágeno são birrefringentes sob luz polarizada.

Antimicrobiano – O teste antimicrobiano PCA com bactéria *Escherichia coli* em placas de Petri, mostrou serem as amostras cristal manguezal 4 e 7 as que tiveram maior poder de inibição. No teste antimicrobiano com reagente Comassie em análise

visual, verificou-se em lupa e microscópio, visualizando assim mais detalhadamente. A amostra 7, cristal proteico 1, equivalente a M.CP.1, em placa de Petri, obteve 81 mg/L, miligrama por litro.

4 | DISCUSSÃO

Devido a estas reações microbiológicas e posteriormente a adsorção e desidratação do consórcio microbiano, se dá um processo de cristalização com nanopartículas homogêneas de SiO_2 em residual cristalizado de carbono, ou seja, carbeto de Silício, carbeto iônico salino, material cerâmico como armadura interna sendo compactado com átomos de HPAs e inorgânicos polimerizados em nanoestruturas. Entretanto, após caracterização, foi pontuado a forte presença de substâncias orgânicas proteicas, no cristal residual oriundas dos componentes coprodutos de biocombustíveis de mamona. Desta forma, aqui se apresenta um produto material homogêneo, devido à mistura dos componentes em nível molecular, usualmente em escala de nanômetro a sub-micrômetro, resultante da biotransformação biogeoquímica de rejeito de mineração ambiental e petróleo com um consórcio microbiano.

Observa-se em RMN, sinais de hidrocarbonetos de cadeia longa e talvez grupos metilas de acetatos, devido a um sinal próximo a 11,2 ppm que sugere um grupo ácido. Podendo também ser metilas ligadas a nitrogênio. Sabendo-se que os ácidos carboxílicos formam sais, são salientados como os mais importantes os de sódio e de potássio. O $-\text{Na}^+$ pode-se considerar que os sais de ácidos são oriundos da substituição do hidrogênio (H) atuante em um ácido carboxílico por um átomo de sódio ou potássio (MEISENBERG; SIMMONS, 1998). A hidrólise de ligação peptídica libera seus aminoácidos constituídos de ácidos e aminas. Como exemplo é citado, pentapeptídeo glicil-lucil-lisil-glutamil-prolina, o qual leva a formação dos aminoácidos: glicina, leucina, lisina, glutamina e prolina (MEISENBERG, SIMMONS, 1998).

Diante dos novos desafios da economia petroquímica, o produto com compostos orgânicos biorreativos, vem abrir portas para inovações orgânicas da ciência na gestão de negócios com desenvolvimento sustentável no campo, além de promover responsabilidade social com emprego e renda. Importante esclarecer que este trabalho é fruto da patente “**Processo para obtenção de biossensores e biossensores**”, depósito UFBA, 21/10/2011.

5 | CONCLUSÃO

É possível obter moléculas de carbono mineral através da biorremediação ambiental de petróleo derramado para aplicação em Biotecnologia e ou industrial

nanotubos de carbono e em eletrônicos. O aparecimento do produto transparente e com brilho cristalizados evidencia uma transformação significativa. Dessa forma, pode-se afirmar que o consórcio microbiano sofreu volatilização, e produziu a separação e purificação de carbono mineral nos cristais residuais proveniente dos aminoácidos e matéria orgânica dos hidrocarbonetos. Neste caso, a interação resulta da alteração de uma ou mais propriedades físico-químicas, tais como modificação do pH, transferência de elétrons, variação de massa, transferência de calor, liberação de gases ou íons, podendo serem detectados e medidos por um transdutor. Ficou comprovada a presença elementar dos reativos cloro, potássio (brometo de potássio), bromo (Tabela 1), e metais alcalinos como sódio. Devido serem voláteis e densos, reagem com aminas, alcenos, fenóis e hidrocarbonetos. Por outro lado, a ligação proteica de ferro/enxofre (Fe/S-C) pode ser comprovada pela transferência de elétrons.

Conclui-se que a determinação de proteína pelo Método Bradford foi positiva para o cristal proteico manguezal (M.CP.1) foi de 81 mg/L e manguezal sedimento biorremediado (M.SB) foi de 64 mg/L de proteína por litro. Com potencial de moléculas orgânicas para aplicação em fármacos, cosméticos e nanopartículas para processos industriais e produção de novos materiais.

O consórcio microbiano visa atender aos desafios tecnológicos ambientais, uma vez que a glicerina bruta e a torta de mamona são renováveis e, juntamente com fungos anaeróbicos facultativos, elaboram uma fermentação no sedimento argiloso do manguezal. Destaca-se, ainda, que o bioestímulo natural, a *Ricinus communis*, é um agente transformador que contribui para o processo de hidrólise na formação de resíduos cristalizados e na captura das substâncias ciclisadas e gasosas, ao mesmo tempo em que promove a biorremediação com redução dos contaminantes ambientais.

6 | AGRADECIMENTOS

Reconhecemos ao Programa de Recursos Humanos - PRH 49 – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis ANP/MCTI, através de bolsas de pesquisa de doutorado. Agradecemos o apoio financeiro da CAPES (Brasil) através do Programa Doutorado Sanduíche no Exterior PDSE 88881.134321 / 2016-01. Instituto de Física UFBA-LAMUME. ESTSstúbai-IPS. Laboratório NEA IGEO/UFBA, Laboratório Análises Toxicológicas IBIO/UFBA, PIBIC, CNPq. Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear – IQ/UFG.

REFERÊNCIA

ALVAREZ-SÁNCHEZ, A. L. M. E.; et al.; **A novel cysteine proteinase (CP65) of *Trichomonas vaginalis* involved in cytotoxicity.** *Microbial pathogenesis*, v. 28, p. 193-202, 2000.

BRADFORD, M.M. (1976). **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.** Anal Biochem 72:248-54.

BORGES, S. M. S.; et al.; **Recuperação secundária de óleo pesado e completção de reservatórios de campos maduros utilizando o subproduto (glicerina bruta) da produção do biodiesel.** Boletim técnico da Produção de Petróleo, n.2, p.131-152, 2007.

Ministério do Meio Ambiente. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas.** Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.) Brasília: MMA/SBF, 2003. 510 p.

COMPTON, S. J.; JONES, C. J.; **Mechanism of dye response and interference in the Bradford protein assay.** Anal Biochem, n.151, p.369-74, 1985.

CRUZ, H.; et al.; **Quantification of the microconstituents formed during solidification by the Newton thermal analysis 60 method.** Journal of Materials Processing Technology, v.178, n.1-3, p.128-134, 2006.

Official Journal of the European Union. Jornal (anexo) EC 761/2009-anexo IV (método equivalente ao OECD TG 201).

OECD, **Guideline for testing of chemicals** No. 201, Freshwater Algae and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test, OECD, Paris, 2011.

LACAZ, C. S. L. et al.; **Tratado de Micologia Médica.** 9. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

LULICH, J. P.; et al.; **Effects of dietary supplementation with sodium chloride on urinary relative supersaturation with calcium oxalate in healthy dogs.** American Journal of Veterinary Research, v.66, n.2, p.319-324, 2005.

MEISENBERG, G.; SIMMONS, W. H.; **Principles of Medical Biochemistry,** pp 742. Mosby, St Louis. 1998.

MEIRA, M.; et. al.; **Determination of the oxidation stability of biodiesel and oils by spectrofluorimetry and multivariate calibration.** Talanta, v.85, n.1, p.430-434, 2011.

MOTA, L. M.; et. al.; **Uso racional de antimicrobianos.** Medicina (Ribeirão Preto), v.43, n.2, p.164-172. 2010.

National Geographic. 2008. <http://ngm.nationalgeographic.com/2008/11/crystal-giants/shear-text>

REED, S. J. B. **Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology,** New York, Cambridge University Press, p.201, 1996.

ROSELL, L.; et al.; **Strontium geochemistry of primary Miocene gypsum: Messinian of southeastern Spain and Sicily and the Badenian of Poland.** Journal Sedimentary Research, 68, 63-79. 1998.

ROOK, GA.; **Give us this day our daily germs,** Immunol Today. Dept of Bacteriology, UCL Medical School, London, UK. 1998.

http://www.salinator.com.br/wordpress/?page_id=792

SÁEZ-LLORENS, X.; et. al.; **Impact of an antibiotic restriction policy on hospital expenditures and bacterial susceptibilities: a lesson from a pediatric institution in a developing country.**

Pediatr. Infect. Dis. J., v.19, p.200-206, 2000.

SCHREIBER, B. C.; et al.; **Characterization of organic matter formed in hypersaline environments: hydrocarbon potential and biomarkers through artificial maturation studies.** Jour. Petroleum Geology, 24, 309-338. 2001.

TORTORA-FUNKE-CASE- ARITMED- **Microbiologia** 10ª edição. São Paulo- Brasil- 2012.

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Patente: BR PI 10 2014 0192018 – 2014. **Processo de Purificação de Carbono Mineral em Cristal de Halita Sintetizado em Biorremediação de Manguezal com Aplicação em Biotecnologia.**

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Jorge Alberto Trigüis; Patente BR PI 1105934-6, 21 out. 2011. **Processo para obtenção de biossensores e biossensores.**

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Patente BR PI 10 2012 033531 0. 2012. **Estação de tratamento subterrânea para derrames de petróleo ou esgoto com aplicação de Mistura Microbiológica e método de funcionamento.**

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Patente BR PI 1004444-2 A2, 03 mar. 2010. **Processo de obtenção de produto biodegradável para aplicação na remediação de solos, águas e ambientes impactados e método de funcionamento.**

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Patente BR PI 1105932-0, 21 out. 2011. **Processo Microbiológico para captura de voláteis e produção de biopolímero proteico.**

UFBA. Instituto de Química (Salvador). Cristina M. Quintella; Odete Gonçalves; Paulo Fernando de Almeida; Patente BR 10 2017 0030520; 15 de fevereiro de 2017. **Recuperação terciária de petróleo em reservatório de campos maduros por meios de extratos vegetais.**

VARALDO, P. E.; **Antimicrobial Resistance and Susceptibility Testing: an Evergreen Topic.** J. Antimicrob. Chemother. 50, 1-4, 2002.

CARBETO DE BORO (B_4C): REVISÃO ACADÊMICA ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Denise Dantas Muniz

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Eliandro Pereira Teles

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Graduação em Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil

Danielle Guedes de Lima Cavalcante

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Ricardo Alves da Silva

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Areia, PB, Brasil.

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo descrever o carbeto de boro (B_4C) quanto às suas características estruturais, propriedades mecânicas, térmicas e de interface superficial. O B_4C é um carbeto no modelo E_xC_y no qual sua composição química possui grande espectro de composições estequiométricas, oriundo da

redução do B_2O_3 em fornos de arco elétrico operando entre 1000 e 1500 °C, possuindo estrutura romboédrica, baixa densidade, alto ponto de fusão e propriedades nucleares excelentes. Foi realizada uma revisão na literatura acerca do B_4C , suas características principais e propriedades mecânicas como a dureza e resistência à fratura frágil, propriedades de interface como a área superficial específica e a capacidade de adsorção/dessorção e as propriedades térmicas. Os resultados aferidos indicam uma altíssima dureza, área superficial específica elevada, possuindo uma boa molhabilidade em função do substrato que o envolve e a problemática da dissociação do carbono quando inserido em matrizes metálicas como o cobre, o ouro e a prata, que demandam o uso de agentes de fluxo para garantir uma melhor molhabilidade da superfície do B_4C e melhorar as propriedades dos compósitos de matriz metálica reforçados por B_4C .

PALAVRAS-CHAVE: Carbeto de boro, Caracterização, Revisão Acadêmica, Propriedades.

BORON CARBIDE (B_4C): ACADEMIC REVIEW ABOUT THE PROPERTIES AND MAIN CHARACTERIZATIONS

ABSTRACT: This paper has the goal to

describe the boron carbide (B_4C) about its structural characteristics, mechanical, thermal and surface interface properties. The B_4C is a E_xC_y model carbide in which its chemical composition has a great spectre of stechiometric ones, that becomes from the reduction of B_2O_3 in electric arc furnaces operating between 1000 and 1500 °C, having a romboedric structure, low density, high melt point and excellent nuclear properties. A review of the literature was done aboute the B_4C , its main characteristics and mechanical properties like hardness and fragile fracture resistance, interface properties like the Specific Surface Area and adsorption/desorption capacity and the thermal properties. The obtained results show an ultimate hardness, elevated Specific Surface Area, bringing a good wettability considering the substrate that evolves and the carbon dissociation problem during the insertion in metallic matrices like copper, gold ans silver, which demands flux agents to warrant a better B_4C surface wettability and increase the B_4C reinforced metallic matrix composites.

KEYWORDS: Boron carbide, Characterization, Academic Review, Properties.

1 | CARBETO DE BORO

Um carbeto de grande importância para atividades de alto valor agregado na indústria é o carbeto de boro, material covalente não-metálico com fórmula estequiométrica teórica B_4C . No entanto, é obtido através da redução do B_2O_3 em fornos de arco elétrico entre 1000 e 1500 °C, o que encarece sua obtenção; e sua composição é, geralmente, rica em boro (PIERSON, 1999; AZoM, 2011).

Possui densidade de 2,52 g/cm³, podendo ser reduzida para valores entre 2,42 g/cm³ (pó grosso) e 2,33 g/cm³ (pó fino), massa molar em 55,25 g/mol, ponto de fusão entre 2350 °C e 2450 °C, conforme figura 1 seguinte, alta resistência ao desgaste e flexão (350-500 MPa), boa inércia química, alto módulo de elasticidade (450-470 GPa), insolubilidade em água e alta seção de choque para absorção de nêutrons (TURATTI, 2009; SANTOS, 1995).

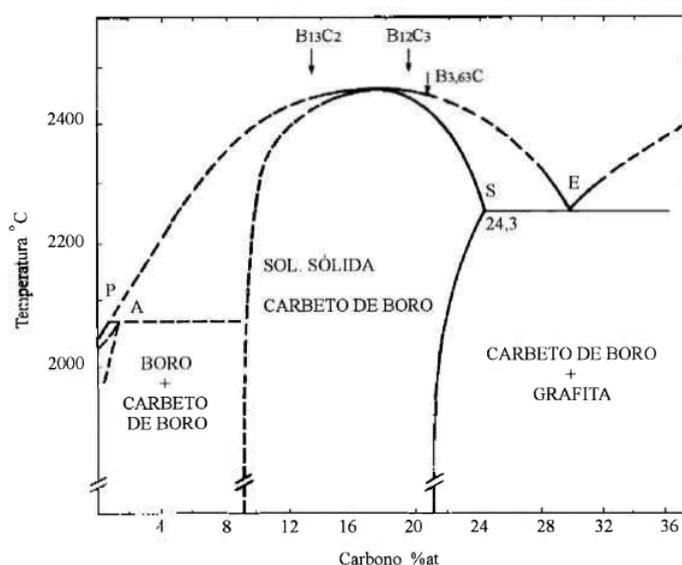


Figura 1 – Diagrama de fases para o sistema B-C à pressão ambiente (SANTOS, 1995).

Quando se analisa a região da estabilidade do B_4C na figura 1, em termos de composição, varia entre 9 e 21 at. % de concentração de carbono, isto é, $B_{10,4}C$ a B_4C . Por ser um material pulverulento, conforme figura 2, pode provocar intoxicação e irritação de vias nasais e mucosas quando em contato direto, recomendando-se a produção e o manuseio do B_4C com equipamentos de proteção individual no rosto, olhos e pele.

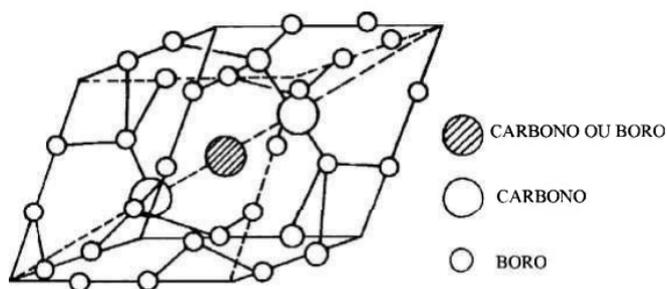


Figura 2 – Carbeto de boro na forma pulverulenta (TURATTI, 2009).

Turatti (2009) pesquisou sobre formas de sinterização do carbeto de boro com alta resistência ao desgaste, investigando a influência de vários parâmetros, como a granulometria do pó de partida, a adição de carbono e ligantes orgânicos, a temperatura máxima e a taxa de aquecimento no processo de sinterização.

Possui estrutura romboédrica, conforme figura 3, com baixa densidade e alto ponto de fusão, sendo extremamente duro e com propriedades nucleares excelentes. O B_4C resiste também à oxidação da atmosfera até 600 °C devido à formação de um filme de B_2O_3 , sendo sua resistência química considerada excelente por reagir com halogênios sob altas temperaturas (AZoM, 2011; SMITH, HASHEMI, 2012).

As principais aplicações do B_4C estão na absorção de nêutrons térmicos em reatores nucleares, blindagem de aeronaves, tanques, veículos de combate e coletes a prova de balas, combustível em foguetes propulsores, abrasivos pulverulentos e fabricação de peças resistentes à abrasão (AZoM, 2011; TURATTI, 2009; SANTOS, 1995), porém apresenta uma tenacidade à fratura relativamente baixa (2,8 – 3,3 MPa.m^{1/2}), restringindo sua aplicação como material estrutural.



Quando é um sinterizado de alta qualidade, possui microdureza de 25-40 GPa, que varia conforme seu método de preparação, com condutividade térmica entre 29-67 W/m.°C e condutividade elétrica à temperatura ambiente de $140 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, permitindo que variações estequiométricas do carbeto de boro possam apresentar comportamento metálico (B_{13}C_2) e/ou semicondutor com *gap* definido e identificado pelo cálculo da estrutura de bandas (B_{12}C_3) (SANTOS, 1995; SMITH, HASHEMI, 2012; DOMINICH et al, 2011; SURI et al, 2010).

Outro fator a ser observado, derivado da característica como semicondutor, está em ser do tipo *p*, onde a altas temperaturas possui uma concentração de poros entre 10^{17} e 10^{19} cm^{-3} , o que implica em ser promissor em aplicações de conversão termoelétrica direta de alta eficiência (SPOHN, 1995). Devido ao seu potencial de conversão termoelétrica, é usado como componente de combustíveis para foguetes propulsores quando combinado com oxigênio. Contudo, uma das grandes dificuldades do B_4C está em sua difícil sinterização, uma vez que sua expansão térmica é anisotrópica, podendo gerar trincas transgranulares em peças sinterizadas. Para melhor compreensão, a expansão térmica linear na direção $\alpha_c = 6,25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto nas direções $\alpha_{ab} = 5,29 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ (TURATTI, 2009; TKACHENKO et al, 2007).

2 | PROPRIEDADES DO B4C

2.1 Propriedades mecânicas

Dureza. De acordo com Smith e Hashemi (2012), Callister e Reitwisch (2012) e Dieter (1981), a dureza é uma propriedade mecânica dos materiais que pode ter interpretações diversas, de acordo com a experiência do experimentador. Para o caso dos estudos envolvendo testes mecânicos, a dureza implica em quantificar a resistência à penetração de um material duro em outro, sendo as informações obtidas usadas para conhecer alguma informação sobre a resistência mecânica ou sobre o tratamento térmico submetido.

São observados geralmente três tipos gerais de dureza nos materiais, que são:

- Dureza ao risco;
- Dureza à penetração;
- Dureza dinâmica ou de rebote;

Onde as duas primeiras são observadas nos materiais cerâmicos. As medidas são realizadas com o auxílio de um indentador calibrado, geralmente de diamante em formato triangular ou de aço em formato esférico (CLINTON, MORRELL, 1987). Contudo, é salutar apontar que as medidas obtidas são de dureza relativa, não

conferindo um alto nível de reprodutibilidade ou precisão. As medidas de dureza mais utilizadas possuem norma específica, das quais destacam-se a norma da American Society of Testing and Materials – ASTM C1326-13, que trata do método Knoop de mensuração da dureza e da ASTM C1327-15, que trata do método Vickers de mensuração da dureza de materiais cerâmicos.

Clinton e Morrell (1987) analisam as diferentes formas de mensurar a dureza dos materiais cerâmicos utilizando os métodos Rockwell, Vickers e Knoop, apontando as vantagens e desvantagens quando utilizados de acordo com a demanda especificada. Destaca-se que estes métodos de indentação servem para identificar não somente metais e ligas metálicas, mas expandem-se para materiais mais duros, incluso cerâmicas e compósitos metálicos reforçados por materiais cerâmicos, como o B₄C, por exemplo.

Um ponto importante a ser observado, conforme Dieter (1981) e Galanov et al (2013), está na análise da zona plástica abaixo da impressão de dureza, onde esta é envolvida por um material elástico que desempenha uma restrição ao escoamento plástico. E desta forma, a tensão compressiva média necessária para causar o escoamento plástico e avaliar a dureza do B₄C é maior do que no caso de compressão simples. E isto implica na dificuldade em se precisar uma carga necessária para criar uma moosa em um sólido de forma a analisar a plasticidade do material.

Contudo, é importante ressaltar que Clinton e Morrell (1987) apontam diretamente que poucas cerâmicas são capazes de deformar homoganeamente sob tensão, sendo que estas possuem cinco sistemas independentes de deslizamento cristalográfico. Para a grande maioria dos materiais cerâmicos, a deformação plástica destes não pode ser acomodada sem haver algum nível de fratura. Destacam os autores que existem exceções quando as cargas aplicadas são pequenas demais, de forma que a energia de deformação seja insuficiente para nuclear as trincas.

Chen et al (2017) destacam em seu artigo a questão da mensuração da dureza segundo o método Vickers para identificar os pontos de concentração dos reforços aplicados na matriz, em função da pressão e temperatura de processamento do compósito, onde a fórmula para determinar a dureza neste método é conforme a equação 1 abaixo.

$$HV = 1854,4 \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Onde P é a carga aplicada e “d” é a média aritmética das duas diagonais do indentador em micrômetros (μm). Com o método executado, os autores observaram que a dureza aumenta com a temperatura de sinterização em certa condição de pressão e sob uma carga estabelecida de 29,4 N variando a pressão de processamento das amostras em 3 e 4 gigapascals (GPa) e temperaturas variando entre 700 e 1500

°C.

Ipekoglu et al (2017) caracteriza mecanicamente compósitos de alumínio reforçados com B₄C produzidos pela técnica *squeeze casting*, onde aponta que o B₄C é o terceiro material mais duro, com 3800 HV, sendo apenas o diamante e o nitreto de boro mais duros, destacando também a alta resistência mecânica, a baixa densidade comparada com outros carbetos e a boa estabilidade química, com boa compatibilidade de interface com o alumínio. A metodologia implicou em analisar a dureza das amostras desenvolvidas, variando a composição e a pressão utilizada no processamento, de acordo com o método Brinell, aplicado em metais, onde se utilizou a norma ASTM E8 com uma máquina de teste universal com célula de carga de 10 kN.

Seus resultados apontam que a pressão possui efeito limitado no aumento da dureza das amostras, sendo que a composição é o fator principal e após a inserção do B₄C, a variação de concentração deste influi significativamente comparando com a matriz referencial; contudo, o ganho de dureza variando as concentrações é de apenas 10% quando comparadas as amostras com 3% e 10% de B₄C.

Resistência à fratura frágil. As cerâmicas, de acordo com Smith e Hashemi (2012), Callister e Reitwisch (2012), Carter e Norton (2007) e Barsoum (2003), tanto as cristalinas quanto as amorfas fraturam em respostas às mínimas deformações que estejam submetidas, antes mesmo que possa ocorrer uma deformação plástica como é observada nos metais.

Os autores acima apontam ainda que os limites de resistência medidos para a maioria dos materiais cerâmicos são substancialmente inferiores que os estimados teoricamente a partir das forças de ligação interatômicas, incluindo os carbetos. Tal situação é explicada pela existência de defeitos que são onipresentes nos materiais cerâmicos, que são concentradores de tensões, onde a magnitude da tensão de tração aplicada é amplificada, não havendo quaisquer mecanismos de deformação plástica que desacelerem ou desviem as trincas.

Smith e Hashemi (2012) e Barsoum (2003) afirmam que a habilidade dos materiais cerâmicos resistirem à fratura frágil quando há a presença de uma trinca é especificada em termos de tenacidade à fratura, que é observada matematicamente conforme equação 2.

$$K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a} \quad (2)$$

Onde K_{Ic} é a tenacidade à fratura em deformação plana, Y é um parâmetro ou função adimensional dependente da geometria da amostra e da trinca, σ é a tensão aplicada e “a” é o comprimento da trinca superficial ou a metade do comprimento de uma trinca interna. Os autores ainda destacam que pode ocorrer a fratura por fadiga

estática, quando as trincas se propagam lentamente, as tensões são de natureza estática e o lado direito da eq. 2 for inferior que K_{Ic} . Implica-se nesta informação que este tipo de fratura é sensível às condições ambientais, especialmente quando há a presença significativa de umidade na atmosfera. E este mecanismo provavelmente é gerado pela corrosão sob tensão nas extremidades, isto é, nos contornos de superfície (ZHANG et al, 2018).

Observação esta foi feita por Shorowordi et al (2003) que avaliam as características da microestrutura de compósitos de matriz de alumínio reforçados por B_4C , SiC e Al_2O_3 em modo de estudo comparativo. Para o B_4C , os autores realizam um pré-aquecimento a $175\text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas e adicionados à matriz fundida no cadinho através de mistura mecânica, adicionando sob agitação mecânica um percentual de 13% em volume fracionário durante 30 minutos e mais 16 minutos de agitação pós-adição. Para a redução da porosidade, os compósitos são moldados em molde cilíndrico de grafite; e para melhorar a distribuição de partículas na matriz de Al, as amostras foram submetidas ao processo de extrusão a quente sob temperatura de $420\text{ }^\circ\text{C}$ durante com uma taxa de extrusão de 27 com velocidade de 1m/minuto, sendo então tratadas termicamente a $400\text{ }^\circ\text{C}$ por duas horas e resfriadas em forno para remover os efeitos da extrusão.

Os resultados obtidos pelos autores apontam que a macroestrutura do sistema Al- B_4C apresentou um resultado positivo quanto à porosidade. E que apesar do reforço reagir facilmente com o ar em temperaturas elevadas, o ar aprisionado com as partículas de B_4C reagem com o B_4C dentro do fundido, o que supõem reduzir a quantidade de poros. E desta forma, dificulta a propagação de trincas e minimiza as possibilidades de fratura. Observaram também que há um aumento da molhabilidade do B_4C com a matriz devido à formação de B_2O_3 líquido nas superfícies das partículas do reforço.

2.2 Propriedades térmicas e de interface

Área Superficial Específica, Adsorção e Dessorção. A Área Superficial Específica (ASE) é descrita como sendo a relação entre a quantidade de superfície ocupada por unidade de massa, onde é analisada de acordo com a porosidade das partículas que compõem os materiais cerâmicos (CESSA et al, 2009; REIS, 2013). Esta propriedade se mostra de relativa importância quando se trata do uso de reforços cerâmicos, em particular o B_4C , no qual é um material com forte ligação covalente e que possui condições específicas de adsorção devido à sua ampla variação de composições, desde $B_{10.5}C$ até B_4C (AIZENHSTEIN et al, 2014).

Cessa et al (2009) destacam que a porosidade das partículas influencia o tamanho da ASE, no qual microporos possuem elevada área superficial interna e contribuem significativamente para o aumento da ASE. A ASE é formada pela área superficial interna, característica fortemente observada em cerâmicas euedrais,

que são formadas pelas paredes dos sulcos, poros e cavidades com profundidades maiores do que o comprimento e cuja abertura é voltada para o exterior. Já a área superficial externa é constituída pela superfície dos meso e macroporos, aumentando quando a superfície do sólido apresenta imperfeições na forma de sulcos e fissuras com dimensões maiores em comprimento do que em profundidade.

Reis (2013) aponta que a ASE atua como função da adsorção/dessorção observada nas superfícies dos sólidos, que é o processo de transferência de um ou mais constituintes, denominados adsorvatos, de uma fase fluida para a superfície de uma fase sólida, denominada adsorvente. Desta forma, as moléculas presentes na fase fluida são atraídas para a interface devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente.

Destaca-se que o processo de adsorção/dessorção, segundo a autora supracitada, pode ocorrer tanto por fisissorção (mecanismo físico) quanto por quimissorção (mecanismo químico). Para o B_4C , ao ser utilizado como reforço de matrizes metálicas, em particular o cobre, ocorre a fisissorção, cuja adsorção é observada pelas forças de Van der Waals. Esta ocorre quando forças intermoleculares de atração entre as moléculas do fluido e a superfície do sólido são maiores do que as forças de atração entre as moléculas do fluido. A estrutura molecular ou a natureza do adsorvente é particularmente importante no ordenamento do grau de adsorção que pode ocorrer, assim como o tipo e a localização dos grupos funcionais responsáveis afetam sua adsorbabilidade.

Soma-se a estes fatores as dimensões moleculares do adsorvato, onde diâmetros moleculares menores têm mais facilidade em difundir-se para o interior do sólido e conseqüentemente aumentar a adsorção (QIAO et al, 2015) e a formação de uma camada adsorvida numa superfície não é um processo instantâneo, mas que é afetada pela velocidade de difusão da substância tensoativa através da solução em direção à interface.

Desta forma, esta propriedade se caracteriza também dentro da questão dos sistemas argila-água, onde ocorrem os processos de troca catiônica e são analisadas as capacidades de cada constituinte, conforme Santos descreve (1989) e pode ser comparado no processo de adsorção do reforço em relação à matriz na qual o B_4C é inserido, uma vez que as forças interfaciais dependem diretamente da ASE disponível para que a molhabilidade do reforço seja suficiente.

Propriedades térmicas. Aizenhstein et al (2014) analisaram o uso do B_4C com diversas matrizes metálicas reativas (Ti, Si, Al, Fe, Ni) e não reativas (Cu, Au, Ag, Sn) para identificar as propriedades termodinâmicas dos compósitos e relacionar o fenômeno da molhabilidade nos sistemas estudados com o objetivo de estabelecer os parâmetros tecnológicos requeridos para a produção de cermetos baseados em B_4C .

O procedimento implicou na produção de substratos por polimento com pasta abrasiva e limpeza cuidadosa, com execução em fornos sob vácuo a 1150

°C, cujas ligas foram preparadas em fornos de arco elétrico e depois as amostras foram seccionadas e polidas com pasta de diamante e lixa de SiC. Analisou-se termodinamicamente os sistemas Cu-C e Cu-B.

O resultado termodinâmico aponta que a solubilização do carbono é muito baixa a 1200 °C e não há a formação de fase de carbeto no sistema Cu-C, enquanto no sistema Cu-B gerou uma reação eutética a 13,3 at% e 1013 °C, sendo a solubilidade do boro no Cu líquido a 1200 °C aproximadamente em 25 at%. Como não houve formação de fase ternária Cu-B-C, uma secção isotérmica para o sistema foi construído, conforme figura 4.

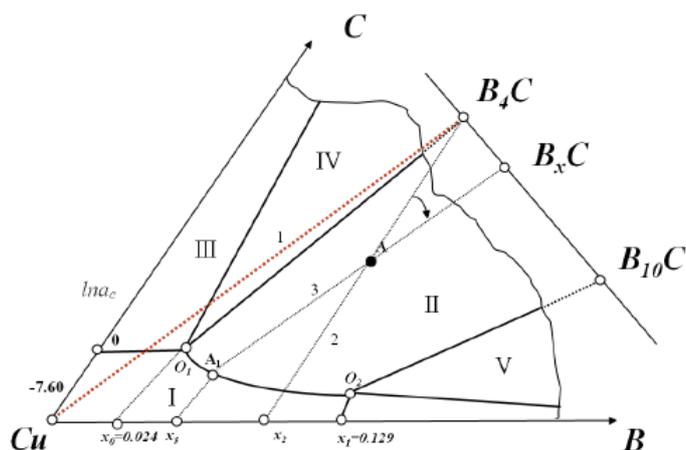


Figura 4 – Seção isotérmica esquemática do diagrama de fase ternário Cu-B-C a 1200 °C (a região rica em cobre está fora de escala) (AIZENHSTEIN et al, 2014).

Onde I representa a região de fase simples da solução líquida (LS) de Cu-B-C, II é a região com duas fases da LS variando a concentração de B_4C , III é a região com duas fases da LS mais a grafita, IV é a região de três fases com LS (ponto O_1 + grafite + B_4C), V é a região de três fases com LS (ponto O_2 +B+ $B_{10}C$, saturado com Cu), VI é região com duas fases da LS (ponto O_2 +B, saturado com Cu).

Observou-se também um ângulo de contato de 110° para o Cu no substrato do B_4C a 1150 °C após 30 minutos de contato. Como resultado, o carbono dissociou-se do carbeto e formou uma camada superficial fina localizada na interface inicial do substrato com o metal, de forma que a adição de boro se faz necessária para evitar que o carbono forme aglomerados dispersos no metal fundido e permita uma melhor molhabilidade entre os constituintes. Concluíram os autores que, devido a não formar carbeto ou boreto estáveis, o Cu não é apropriado para molhar a superfície do B_4C , o que implica na necessidade de se utilizar agentes de fluxo que permitam melhorar a interface e garantir que haja um ganho de propriedades desejadas, como a adição de Si para reduzir a quantidade de carbono livre no sistema ou a adição de Al para formar fases de borocarbeto na interface.

O B_4C , de acordo com Bai et al (2013), possui propriedades como resistência mecânica, alta capacidade de absorção de nêutrons, alto ponto de fusão, boa

resistência a corrosão. Contudo, uma desvantagem está na baixa condutividade térmica do mesmo e para compensar esta desvantagem, os autores inserem o B_4C revestido com uma camada de cobre na superfície do pó pelo método de co-deposição superficial aquosa eletrolítica para alterar a natureza da interface metal-cerâmica.

Para melhorar a interface da superfície do B_4C , os autores fizeram um pré-tratamento no pó com solução concentrada de ácido nítrico, de forma a erodir os pites côncavos da superfície das partículas e, em seguida, lavaram com água deionizada para remover o ácido nítrico e removeram as impurezas com acetona, sendo então imersas em uma solução coloidal salina de paládio a 50 °C durante 180 minutos para posterior enxague em água deionizada. E então a placa de cobre eletrolítico cobrindo as partículas de B_4C foi colocada em uma célula com capacidade de 2000 cm^3 para analisar a condutividade térmica segundo norma ASTM E1225-13.

Os resultados obtidos mostram que o B_4C teve uma boa interface de contato com o cobre, porém não reage com o cobre para formar boretos. Analisou-se também que o coeficiente de expansão térmica do compósito aumenta a medida que a fração de B_4C diminui na composição. Contudo, quando a fração volumétrica do B_4C está no intervalo entre 40 e 70%, os compósitos com coeficiente de expansão térmica relativamente baixos terão uma excelente condutividade térmica.

3 | CONCLUSÕES

Averigua-se que o B_4C possui características ímpares em relação aos demais boretos devido a sua amplitude de composições estequiométricas, reagindo facilmente com metais como o titânio, silício, alumínio, ferro e níquel para formarem novos boretos. Suas propriedades mecânicas possuem diferencial pelo altíssimo nível de dureza obtido (3800 HV), a capacidade de absorção de nêutrons, boa resistência química a ambientes ácidos e alcalinos, porém possui baixa estabilidade termodinâmica quando submetido a altas temperaturas em matrizes fundidas. Distingue-se que existe uma melhor compatibilidade superficial entre o B_4C e metais como alumínio e titânio, em detrimento de metais como o cobre e o estanho.

Outro ponto destacável está na aplicabilidade do B_4C , que se apresenta mecanicamente como excelente reforço para melhorar a dureza dos compósitos, o que implica em melhoria da tenacidade à fratura e resistência à punctura, de forma que possa ser utilizado com grande amplitude dentro de aplicações que exijam tais propriedades. Contudo, é importante observar que o B_4C exige também processamentos específicos para tentar otimizar o processo de interface do substrato com a matriz, uma vez que a dissolução do boro e a liberação do carbono na matriz selecionada para a tese, que é o cobre, prejudica as propriedades mecânicas devido ao aumento significativo da porosidade na macroestrutura do compósito, além da formação de camada de carbono na superfície da amostra.

Sugere-se então utilizar agentes de fluxo que contribuam para reduzir a quantidade de carbono livre oriundo da dissolução do B_4C em matrizes fundidas e que possa se aplicar o uso de ligas que envolvam o uso não exclusivo do cobre, mas do cobre com o alumínio ou o ferro para melhorar a questão da interface com o B_4C e obter os ganhos de propriedade desejados.

REFERÊNCIAS

AIZENHSTEIN, M.; FROUMIN, N.; FRAGE, N. **Experimental study and thermodynamic analysis of high temperature interactions between boron carbide and liquid metals**. Engineering, 6, 849-868, 2014.

AZoM. **Boron carbide (B4C) – properties and information about boron carbide**. Disponível em <https://www.azom.com> Publicado em 9/2/2011. Acesso em 23 junho 2018.

BAI, H.; MA, N.; LANG, J.; JIN, Y.; ZHU, C.; MA, Y. **Thermo-physical properties of boron carbide reinforced copper composites fabricated by electroless deposition process**. Material Design, 46, 740-5, 2013.

BARSOUM, M. W. **Fundamentals of ceramics**. Institute of Physics Publishing, Philadelphia – USA, 2003.

CALLISTER, W. D.; REITWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição, LTC, Rio de Janeiro, 2012.

CARTER, C. B.; NORTON, M. G. **Ceramic materials: science and engineering**. Springer, Amsterdã, Londres, Nova Iorque, 2007.

CESSA, R. M. A. et al. Área superficial específica, porosidade da fração argila e adsorção de fósforo em dois latossolos vermelhos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 33, 1153-1162, 2009.

CHEN, H.; LIANG, H.; LIU, L.; LI, H.; LIU, K.; PENG, F. **Hardness measurements for high-pressure prepared TaB and nano-TaC ceramics**. Res. Phys., 7, 3859-3862, 2017.

CLINTON, D. J.; MORRELL, R. **Hardness testing of ceramic materials**. Mat. Chem. Phys., 17, 461-473, 1987.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica**. 2ª edição, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1981.

DOMNICH, V.; REYNAUD, S.; HABER, R. A.; CHHOWALLA, M. **Boron carbide: structure, properties and stability under stress**. Journal of American Ceramic Society, vol 94, n. 11, 3605-3628, 2011.

GALANOV, B. A. et al. **Penetration resistance of B4C-CaB6 based light-weight armor materials**. Procedia Engineering, 58, 328-337, 2013.

IPEKOGLU, M. et al. **Mechanical characterization of B4C reinforced aluminum matrix composites produced by squeeze casting**. Journal of Materials Research, vol 32, n. 3, 599-605, 2017.

PIERSON, H. O. **Handbook of chemical vapor deposition (CVD): principles, technology and applications**. 2nd edition, Noyes Publication/William Andrew Publishing, Norwich – UK, 1999.

QIAO, Y. et al. **Boron carbide composite ceramic preparation and corrosion behavior in simulated seawater**. Ceramics International, vol 41, n. 3, 5026-5031, 2015.

REIS, D. C. N. S. P. **Importância do estudo da área superficial específica e porosidade do estearato de magnésio para o setor farmacêutico.** Monografia, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, N. A. (1995) *Estudo do processo de sinterização do carbeto de boro com adição de carbono*, Dissertação, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

SANTOS, P. S. (1989) *Ciência e tecnologia de argilas*, 2ª edição, Volume 1, Edgar Blucher, São Paulo.
SHOROWORDI, K. M. et al. (2003) *Microstructure and interface characteristics of B₄C, SiC and Al₂O₃ reinforced Al matrix composites: a comparative study*, Journal of Materials Processing Technologies, 142, 738-743.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais.** 5ª edição, Traduzido da edição norte-americana, AMGH Editora Ltda, Porto Alegre, 2012.

SPOHN, M. T. **Boron carbide.** American Ceramic Society Bulletin, vol 74, n. 6, 113-115, 2015

SURI, A. K.; Subramanian, C.; Sonber, J. K.; Murthy, T. S. R. C. **Synthesis and consolidation of boron carbide: a review.** Int. Mater. Rev., vol 55, n. 1, 4-40, 2010.

TKACHENKO, Y. G. et al. **Temperature effect on bending strength of hot-pressed boron carbide materials.** Powder Metallurgy, Metals and Ceramics, vol 46, n 5-6, 254-260, 2007

TURATTI, A. M. **Sinterização de carbeto de boro com alta resistência ao desgaste.** Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZHANG, L. et al. **Microtopography and mechanical properties of vacuum hot pressing Al/B₄C composites.** Ceramic International, vol 44, n. 3, 3048-3055, 2018.

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Waldeir dos Santos Pereira

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Mayara Barbosa Lima

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Juliane da Silva Sampaio

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Ana Caroline da Silva Macambira

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Letícia Victória Santos Matias

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Duany Thainara Corrêa da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Natan Barbosa Almada

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Rogério Favacho da Cruz

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

Jéssica Aline Godinho da Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém, Pará.

RESUMO: Objetivou-se analisar os efeitos dos últimos três eventos de seca severa na precipitação e temperatura do ar na região central da Amazônia, que caracteriza o oeste do estado do Pará. Foram feitos os perfis médios mensais das normais climatológicas (39 anos) oriundas da rede de estações convencionais do INMET, comparando-se com as médias mensais dos anos de estudo. Os resultados mostram que a região possui uma climatologia bem definida, com maiores temperaturas no mês de outubro e menores temperaturas no mês de fevereiro, para todas as estações analisadas. O mês mais chuvoso é março, enquanto os mais secos são agosto e setembro. O único evento que indiscutivelmente afetou a precipitação da região como um todo foi o El Niño de 2015, fazendo com que as médias mensais de precipitação fossem menores que a normal climatológica, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, que chegou a registrar os meses de setembro e outubro com 0 mm/mês na maioria das estações. Somente Altamira mostrou índices de chuva superiores a 0 mm nestes meses de 2015, ainda assim em um patamar de 3,6 mm/mês, cerca de 10% da normal climatológica para o mês de setembro no local (39 mm). Os meses de agosto a outubro de 2005 foram afetados na precipitação da estação de Altamira tanto quanto no ano de 2015, porém os meses da estação chuvosa não mostraram

nenhum indício de influência do evento, chegando a ter precipitações mais elevadas que a normal climatológica na maioria das estações.

PALAVRAS-CHAVE: El Niño, circulação geral, variabilidade climática.

ABSTRACT: This study aimed to analyze the effects of the last three severe drought events (2005, 2010, 2015) on precipitation and air temperature in central Amazonia, which characterizes the western part of Pará state. To do it, 39 years data from INMET's network of conventional stations was comparing it with the monthly averages climatology normal. The results show that the region has a well defined climatology, with higher temperatures in the month of october and lower temperatures in the month of february, for all stations analyzed. The wettest month is march, while the driest month is august and september. The only event that undoubtedly affected the precipitation of the region as a whole was the El Niño of 2015, causing the monthly averages of precipitation to be less than the normal climatological, both in the rainy season and in the dry season, that reached to record the months september and october with 0 mm / month in most stations. Only Altamira showed rainfall indexes higher than 0 mm in these months of 2015, yet at a level of 3.6 mm / month, about 10% of the climatological normal for the month of September at the site (39 mm). The months of august to october 2005 were affected in the precipitation of the Altamira station as much as in the year 2015, however the rainy season months did not show any indication of influence of the event, arriving to have precipitations higher than the normal climatological in the majority Of the seasons.

KEYWORDS: El Niño, general circulation, climatic variability.

1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia possui área de 4.196.943 km² considerada o maior bioma brasileiro (IBGE, 2004), estudos tentam conhecer o principal fator que a floresta amazônica pode sofrer modificações para outro tipo de vegetação (LYRA et al., 2016; GALBRAITH *et al.*, 2010; GOOD *et al.*, 2011). Oyama e Nobre (2003) afirmam que 60% dessa área poderia ser modificada e transformada em cerrado, porém, a seca extrema modificaria a climatologia da região e elevaria o número de riscos de queimadas, o que resultaria futuramente em savana (LI *et al.*, 2006). Segundo Marengo *et al.*, (2007), a seca de 2005 ocorrida na Amazônia não teve influência do El Niño, mas provavelmente ocorreu devido ao superaquecimento do atlântico norte, além da baixa umidade dos alísios do Nordeste com destino ao sul da Amazônia e a redução da pluviosidade causada pela baixa movimentação vertical na região e a falta de chuvas nesse período afetou navegações, muito comum na região, impactou a instalação de hidroelétricas, umas das fontes de energia e geração de emprego, além de agricultores e ribeirinhos (MARENGO *et al.*, 2006). Segundo Fearnside (2006), a variação da temperatura amornou uma massa de água no Oceano Atlântico, chegando a conclusão de que o El Niño não foi o causador da seca na Amazônia. No

período de 60 anos o Atlântico possuirá temperaturas anormais e em 2005 estava em um ponto extremo (MARENGO e NOBRE, 2005).

Durante junho a outubro de 2005, estimou-se $0,92^{\circ}\text{C}$ da temperatura média do mar no atlântico norte tropical, um valor acima da média do que se era esperado para 1901-1970 e aproximadamente a metade desse valor era provocado pelo aquecimento global e o restante era de caráter natural de 60 anos ($<0,1^{\circ}\text{C}$) e a temperatura medida no ano anterior do El Niño foi de $0,2^{\circ}\text{C}$, o mesmo valor calculado para os fenômenos ocorridos ano a ano devido à variabilidade. Essa mudança climática atinge a atividade florestal devido ao desequilíbrio ecológico no ecossistema, gerando para a região enormes consequências na economia (BROWN *et al.*, 2006). Se tratando disso, os aspectos sociais, econômicos e ambientais são caracterizados e estimulados por políticas públicas que fornecem parâmetros que desenvolvam uma região no fator sustentabilidade, para isso é importante conhecer a influência do homem em relação aos danos ambientais, principalmente para se obter medidas de conservação ambiental (DA SILVA *et al.*, 2013). O mundo está sofrendo alterações devido à emissão de gases principalmente com o efeito estufa, influenciando no aumento da temperatura, sendo que o planeta estará exposto a um maior número de fenômenos meteorológicos como, por exemplo, alterações nos índices pluviométricos (PARRY, 2007; JON, 2009). É vigente que as alterações no clima e o aumento dos eventos climáticos extremos influenciam na modificação da composição de espécies do planeta (PARRY, 2007).

O elevado período de ausência de pluviosidade resultou em uma percentagem de aproximadamente 300% de queimadas no sudoeste da Amazônia, isso ocasionou problemas no tráfego aéreo ocorrendo o fechamento do aeroporto Internacional Rio Branco no Acre, além de afetar o setor escolar e comercial onde a fumaça causou sérios problemas à população que foi atendida em hospitais devido problemas respiratórios (MARENGO *et al.*, 2008a,b; ZENG *et al.*, 2008). Nobre *et al.*, (2005) analisam a velocidade de como estão ocorrendo as mudanças nos ecossistemas e percebe-se uma grande diferença de como está se modificando o meio ambiente em relação a ocorrência de forma natural, isso implica em graves ameaças a enorme biodiversidade das florestas, principalmente se tratando da Amazônia. Além disso, projeções estimadas em modelos climáticos tanto global como regional apontam alterações no índice pluviométrico e aumento da temperatura da América do Sul Central nas próximas décadas (MARENGO *et al.*, 2012).

A alteração no clima do Brasil é visível, pois o país se encontra vulnerável a essas modificações atuais e futuramente locais que mais sofrerão com essas mudanças estão inseridos na Amazônia e no Nordeste, como especificado por diversos estudos climáticos (AMBRIZZI *et al.*, 2007; MARENGO *et al.*, 2007). Segundo Marengo *et al.*, (2005), a variação no clima afeta a economia e gera impactos sociais, além de causar danos ao meio ambiente. Estudar essa variabilidade e obter conhecimentos sobre sua importância no ecossistema como um todo é essencial para obter as previsões

futuras, avaliando suas causas e impactos. Nesse sentido, cabe aos acadêmicos que se interessam em fazer ciência aprofundar os conhecimentos sobre as ciências atmosféricas e oceânicas.

Estudos simulados apontam aumento da temperatura média global devido acúmulo de CO₂ na atmosfera comparado ao índice de 14°C na região Amazônica (STAINFORTH *et al.*, 2005), porém, esse dado estima um possível aumento de temperatura até 2070, mas devido reanálises dessas informações, a mesma tornou-se refutada por conta da probabilidade de números elevados para o clima da região (HEGERL *et al.*, 2006). Salazar *et al.*, (2007) avaliaram as projeções climáticas na América do Sul e suas possíveis consequências através de um modelo de vegetação potencial para gases emitidos na atmosfera e classificados nos cenários de adaptação socioeconômica como A2 e B1.

Pelo exposto, fica claro a necessidade em se compreender os impactos ambientais, sociais e econômicos referentes aos eventos de seca na região amazônica, objetivo central deste trabalho focando nas variáveis temperatura do ar e precipitação em duas estações de coleta de dados.

2 | METODOLOGIA

O BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) é um banco de dados para apoiar as atividades de ensino e pesquisa e outras aplicações em meteorologia, hidrologia, recursos hídricos, saúde pública, ciências ambientais e demais áreas correlatas. O Banco abriga dados meteorológicos horários, diários e mensais em forma digital, referentes a séries históricas da rede de estação do INMET (291 estações meteorológicas convencionais), num total de cerca de três milhões de informações referentes às medições diárias, de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial (LEMOS, 2014).

No BDMEP estão acessíveis os dados diários, a partir de 1961, das estações para as quais se disponha, em formato digital, de pelo menos 80% dos dados que foram registrados naquele período. Os dados históricos referentes a períodos anteriores a 1961 ainda não foram digitalizados, e, portanto, estão indisponíveis no BDMEP. As variáveis atmosféricas disponibilizadas para consultas no BDMEP são: precipitação ocorrida nas últimas 24 horas, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica ao nível da estação, insolação, direção e velocidade do vento, evaporação, número de horas de insolação, velocidade e direção do vento, visibilidade e nebulosidade. As observações foram realizadas nos horários sinóticos das 12, 18 e 24 UTC (que correspondem às 9, 15 e 21 horas local). Apesar de o BDMEP disponibilizar os dados desde o ano de 1961 de temperaturas médias diárias, os dados das estações da cidade de Belterra (Latitude: -2.63, Longitude:

-54.95) e Altamira (Latitude: -3.21, Longitude: -52.21) tem falhas no período de 1961-1977 na maioria dos dados. Por isso optou-se em se utilizar o período com menos ou poucas falhas, a partir de 1978 até 2016, que é o período que constitui as médias das variáveis aqui expostas.

3 | RESULTADOS OBTIDOS

A figura 1 mostra as comparações entre a normal climatológica das cidades de Altamira e Belterra com as médias mensais de temperatura nos anos de seca extrema (2005, 2010 e 2015). Fica nítido que a região sofreu influência dos fenômenos El Niño de 2010 e 2015 e do evento de 2005 (que se caracterizou como um aquecimento ocorrido no Atlântico tropical). O ano de 2005 foi mais quente até 3°C do que a normal climatológica na cidade de Altamira, enquanto que o ano de 2015 foi até 2,5°C mais quente na região de Belterra. Embora mais quente, o evento de 2005 não afetou os totais pluviométricos da região de Altamira (figura 2), que chegou a ser bastante chuvoso em alguns meses comparado com a normal. Fica nítido que principalmente o evento de 2015 afetou a precipitação de ambas as regiões, ocasionando 00 mm de precipitação nos meses de agosto e setembro em ambas. Estes eventos, embora nem sempre com influência destacada pelas médias mensais, podem ser bem visualizados nas médias diárias de temperatura do ar da série histórica de dados da figura 3, nos pontos vermelhos, onde se observa os máximos de temperatura da série ocorrendo nos anos de 2005, 2010 e 2015. A variabilidade da média móvel (linha azul) é comandada pelos interstícios entre anos mais frios (La Niña) e períodos mais quentes (El Niño), com reflexo também na umidade relativa do ar (figura 4), que mostra os anos de 2005, 2010 e 2015 com dias mais secos que a maior parte da série. Tais padrões se repetiram nas outras estações analisadas da região.

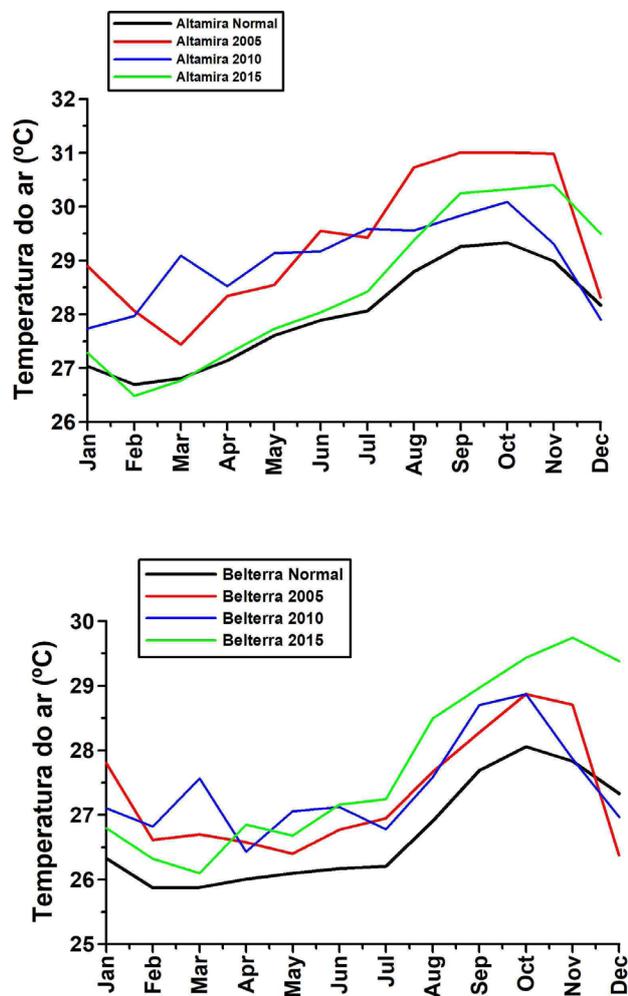


Figura 1. Normais climatológicas (1978- 2016) locais e médias mensais de temperatura do ar em anos de seca extrema nas cidades de Altamira e Belterra.

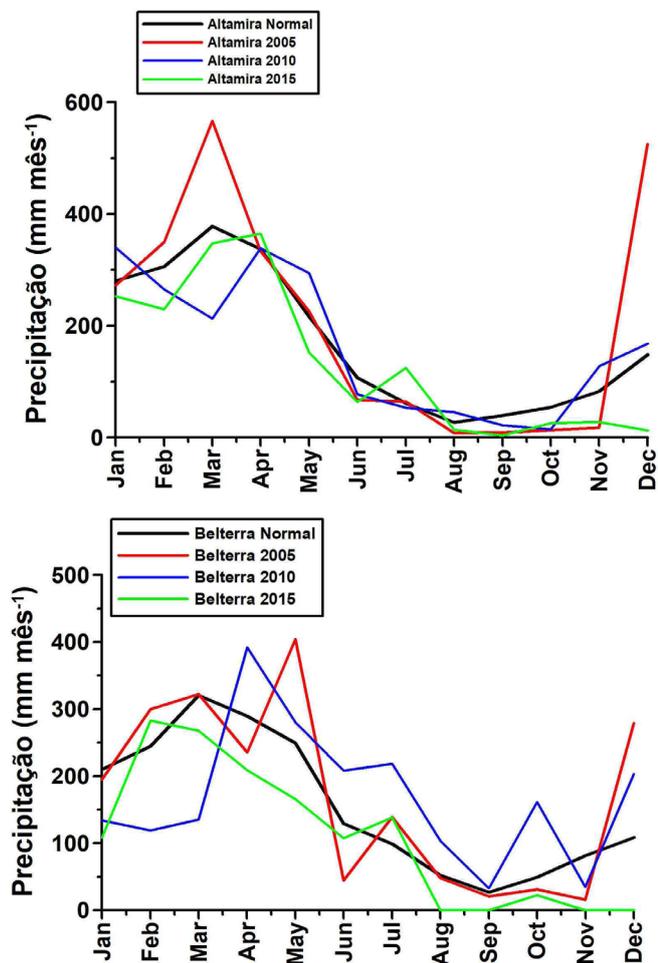


Figura 2. Normais climatológicas (1978- 2016) locais e acumulados mensais em anos de seca extrema nas cidades de Altamira e Belterra.

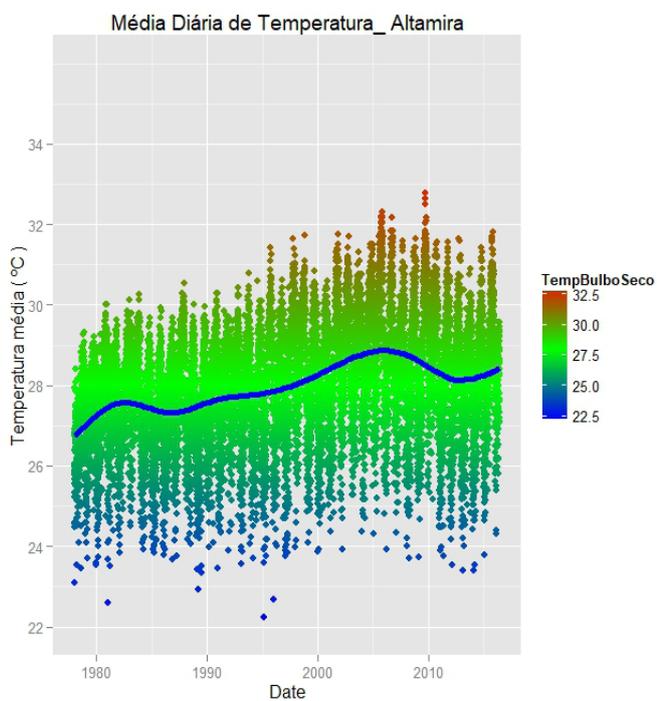


Figura 3. Médias diárias de temperatura do ar de 1978 á 2016, com média móvel (linha azul).

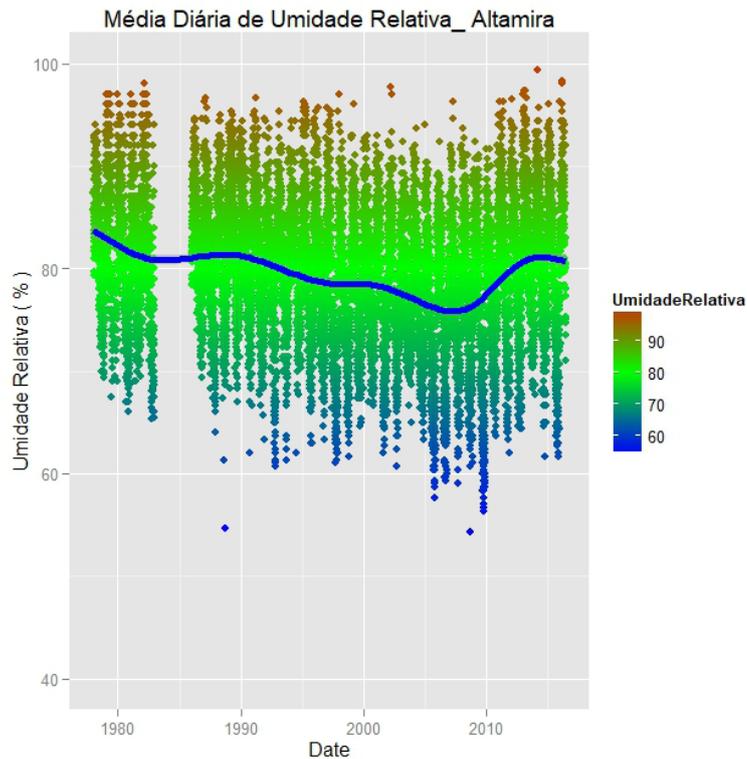


Figura 4. Médias diárias de umidade relativa do ar de 1978 á 2016, com média móvel (linha azul).

Como indicativo de quais setores estes eventos de seca podem influenciar, a figura 5 mostra a variação do número de consumidores, do consumo anual e da variação interanual do consumo de energia elétrica para o Estado do Pará, uma vez que este dado não é disponibilizado por municípios ou por regiões do estado. Deste modo é possível inferir se o aumento ou diminuição do consumo de energia tem outros fatores dominantes, que não somente uma variação no número de usuários.

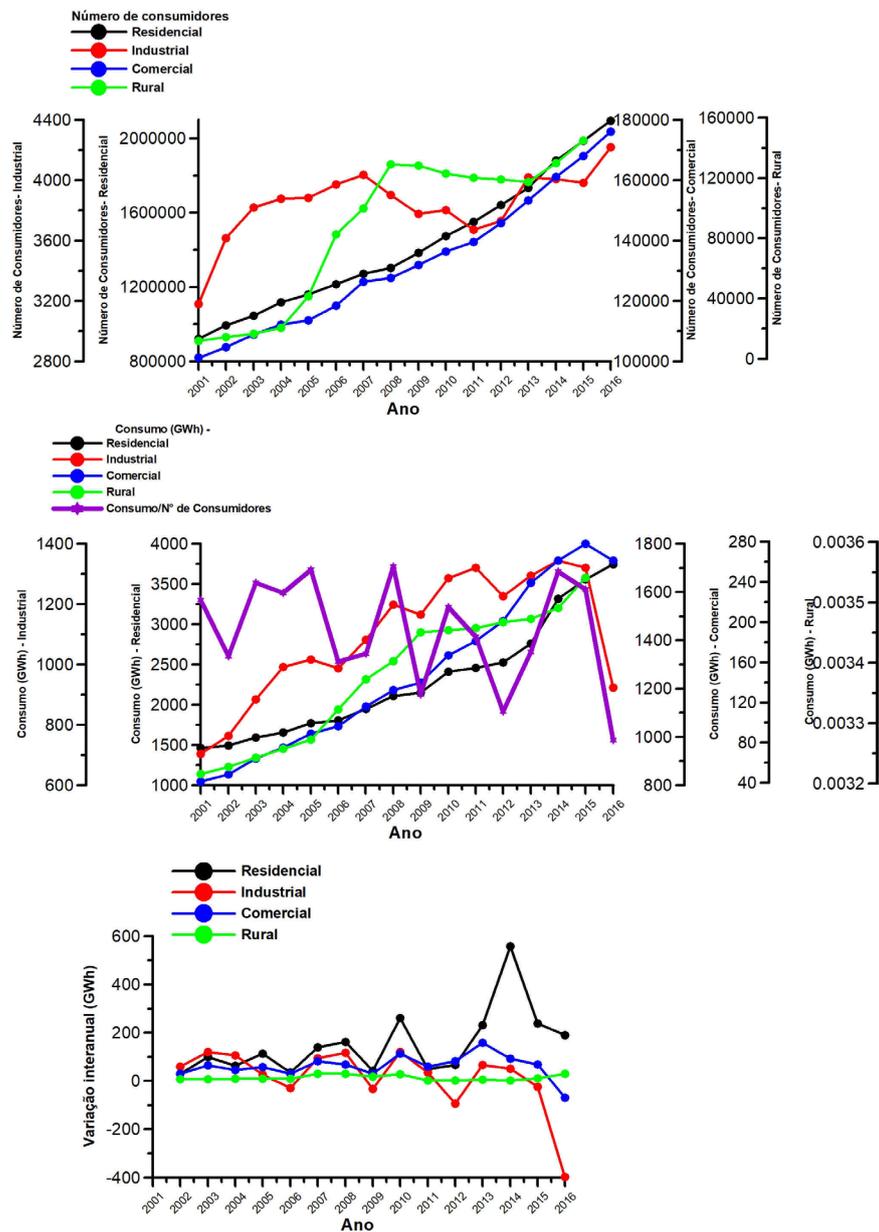


Figura 5. Variabilidade do número de consumidores, consumo e variabilidade interanual no consumo de energia residencial, industrial, comercial e rural para o estado do Pará.

É possível verificar os diferentes controles sobre os diferentes perfis de consumidores, sendo consumos industrial e comercial muito ligados ao aquecimento e ritmo da economia, quando mostraram grande aumento em anos de economia forte e em crescimento, e crescente decadência no consumo nos últimos anos devido a crise econômica. O consumo rural ainda é muito baixo, sendo o consumidor residencial o principal termômetro para os anos de extremos climáticos. O ano de 2005 foi, até aquele presente momento, o ano de maior consumo de energia da série que iniciou em 2001, sendo posteriormente superado pelo ano de 2010, onde houve seca severa que atingiu grande parte do estado. Não fosse o evento da copa do mundo no ano de 2014, onde grande parte das residências elevou substancialmente seu consumo de energia para acompanhar os jogos e realizar atividades recreativas em dias de jogos importantes, o ano de 2015 seria o ano de maior consumo da série, não sendo o aumento no número de consumidores o suficiente para explicar

tal fenômeno, uma vez que a relação consumo/nº de consumidores já havia sido inclusive maior em anos anteriores (linha roxa), sobrando para o fato de as altas temperaturas estimularem o uso de refrigeradores de ar, o maior tempo de uso destes aparelhos e outras práticas que favoreçam a melhoria do conforto térmico dos ambientes, a explicação mais plausível para este alto consumo no ano em questão.

4 | CONCLUSÕES

Os eventos de seca recente na Amazônia influenciaram os padrões de temperatura e precipitação na região oeste do Pará – centro da Amazônia, causando anos mais quentes e mais secos na maior parte do tempo. Principalmente no ano de 2015 houve significativamente influência nestas variáveis devido o forte evento de El Niño que ocorria, com impacto visível no consumo de energia local ocasionando aumento, devido o provável maior uso de equipamentos de ventilação/refrigeração por parte da população em um ano mais seco e quente.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. *et al.* **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais.** Relatório 3. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2007.

BROWN, I.F.; SCHROEDER, W.; SSTZER, A.; MALDONADO, M.; PANTOJA, N.; DUARTE, A. and MARENGO, J. **Fires in rainforests of south western Amazonia: Multi-national satellite imagery for monitoring and for informing the public.** EOS Transactions. p. 253-264, 2006.

DA SILVA, V.P.R.; ALEIXO, D.O.; NETO, J.D.; MARACAJÁ, K.F.B.; DE ARAÚJO, L.E. **Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada Hídrica.** Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, p. 100-105, 2013.

ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. Banco de dados disponível em: <http://sites.eletronorte.gov.br/moodle/>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

FEARNSIDE, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A. BR-319: Brazil's Manaus – Porto Velho. **High way and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia.** Environmental Management. p. 705-716, 2006.

GALBRAITH, D.; Levy, P.E.; SITCH, S.; HUNTINGFORD, C.; WILLIAMS, M.; MEIR, P. **Multiple mechanisms of Amazonian forest biomass losses in three dynamic global vegetation models under climate change.** New Phytologist. 2010.

GOOD, P.; JONES, C.; LOWE, J.; BETTS, R.; BOOTH, B.; HUNTINGFORD, C. **Quantifying Environmental Drivers of Future Tropical Forest Extent.** Journal of Climate. 2011.

HEGERL, G.C.; CROWLEY, T.J.; HYDE, W.T.; FRAME, D.J. **Climates sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries.** Nature. p.1029-1032, 2006.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação.** Disponível em: www.ibge.gov.br. 2004.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em janeiro de 2018.

IPCC. **Third Assessment Report: Climate Change 2000**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press. 2001.

JON, P. **Agricultural Development Under a Changing Climate: Opportunities and Challenges for Adaptation**. Joint Departmental Discussion. Agriculture and Rural Development & Environment Departments. The World Bank. p.1, 2009.

LEMOS, G. B. de. Precificação de derivativos climáticos no Brasil: uma abordagem estatística alternativa e construção de um algoritmo em R. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LI, W.; FU, R.; DICKINSON, R. E. “**Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4**”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. v. 111, 2006.

LYRA, A. D. A., CHOU, S. C., AND SAMPAIO, G. D. O.: **Sensitivity of the Amazon biome to high resolution climate change projections**. *Acta Amazon.*, 46, 175–188, 2016.

MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; KAY, G.; ALVES, L.M.; PESQUERO, J.F.; SOARES, W.R.; SANTOS, D.S.; LYRA, A.A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.J.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, J.F.; TAVARES, P. **Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analysis for the Amazon São Francisco and the Paraná River basins**. *Climate Dynamics*. v.38, p.1829-1848, 2012.

MARENGO J.A.; NOBRE, C.A.; J., TOMASELLA; M. OYAMA; G. SAMPAIO, H.; CAMARGO, L. A.; R. OLIVEIRA. The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**. p. 495-516, 2008a.

MARENGO J.A.; NOBRE, C.; TOMASELLA, J.; CARDOSO, M.; OYAMA, M. Hydroclimatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*. p. 1-6, 2008b.

MARENGO, J.A. et al. “**The Drought of Amazonia in 2005**”. *Journal of Climate*. v.21, n.3, 2007.

MARENGO, J.A. et al. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais**. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro de 2007.

MARENGO, J.A. **On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art**. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 21, p. 1-19, 2006.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. **Lições do Catarina e do Katrina. As mudanças do clima e os fenômenos extremos**. *Ciência Hoje*. p 22-27, 2005.

NOBRE, C.; ASSAD, E.D. “**Mudança ambiental no Brasil. Em Terra na estufa**”. *Scientific American Brasil*. p. 70-75, 2005.

MARENGO J.A., NOBRE, C.A. Tempo e clima no Brasil. *Clima da região Amazônica*, capítulo 13, 2005.

OYAMA, M.D.; NOBRE, C.A. **A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America**. *Geophysical Research Letters*. p. 2199-2203, 2003.

PARRY, M.L.; CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J.P.; VAN DER LINDEN, P.J.; HANSON, C.E. **Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press. 982 p, 2007.

SALAZAR, L.F.; NOBRE, C.A.; OYAMA, M.D. Climatic change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters.** 2007.

SOARES, R. V. Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil. 1972. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro Tropical de Ensino e Investigação, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas OEA, Turrialba, Costa Rica, 1972.

STAINFORTH, D.A.; AINA, T.; CHRISTENSEN, C.; COLLINS, M.; FAULL, N.; FRAME, D.J.; KETTLEBOROUGH, J.A.; KNIGHT, S.; MARTIN, A.; MURPHY, J.M.; PIANI, C.; SEXTON, D.; SMITH, L.A.; SPICER, R.A.; THORPE, A.J.; ALLEN, M.R. **Uncertainty in predictions of the climate response torising levels of green house gases.** Nature. p. 403 – 406, 2005.

ZENG, N.; YOON, J.H.; MARENGO, J.A.; SUBRMANAIAM, A.; NOBRE, C.A.; MARIOTTI, A.; NELLIN, J.D. **Causes and impacts of the Amazon drought.** Environmental Research. v. 3, p. 1-6, 2008.

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo

Escola Estadual de Ensino Médio João Habekost-
RS

Claudia Lisete Oliveira Groenwald

Universidade Luterana do Brasil-RS

RESUMO: Neste artigo apresenta-se o recorte de uma investigação qualitativa, em que um dos objetivos pretendidos era compreender como ocorre o processo de resolução de problemas com o uso de Tecnologias Digitais, sob o enfoque da (re)formulação de problemas, assim como a discussão e a reflexão sobre tal processo. O *Design* de problemas com o uso de Tecnologias Digitais é uma perspectiva metodológica, que consiste na elaboração de enunciados de problemas abertos e que abordam temas de relevância social, utilizando os recursos tecnológicos, com o propósito que esses sejam solucionados com a utilização de tais recursos e possibilitem a produção de conhecimentos matemáticos, tecnológicos e relativos ao tema abordado. Ademais, esses problemas podem ser produzidos para propiciar a (re)formulação de problemas, que pode contribuir para a interpretação, a discussão, a reflexão crítica, a tomada de decisões, a elaboração de estratégias e a explicitação do modo como ocorreu tal processo. Para tanto, apresentam-se aportes teóricos e uma sugestão

de enunciado de problema, que foi produzido sob a associação entre o *Design* de problemas com o uso de Tecnologias Digitais e o enfoque da (re)formulação e pode, também, favorecer a Educação Matemática Crítica e Financeira.

PALAVRAS-CHAVE: *Design* de enunciados de problemas. (Re)formulação de problemas. Resolução de problemas. Tecnologias Digitais. Educação Matemática.

DESIGN OF STATEMENTS WITH THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES UNDER THE (RE)FORMULATION APPROACH TO PROBLEMS

ABSTRACT: This paper presents a qualitative research, in which one of the objectives was to understand how the problem solving process with the use of Digital Technologies, under the (re)formulation of problems, as well as the discussion and reflection on such a process. The Design of problems with the use of Digital Technologies is a methodological perspective, which consists in the elaboration of open problem statements that address issues of social relevance, using the technological resources, with the purpose that these be solved with the use of such resources and enable the production of mathematical, technological and related knowledge on the subject. In addition,

these problems can be produced to facilitate the (re)formulation of problems, which can contribute to the interpretation, discussion, critical reflection, decision making, strategy development and the explanation of how this process occurred. For this, theoretical contributions and a suggestion of problem statement are presented, which was produced under the association between the Design of problems with the use of Digital Technologies and the (re)formulation approach and can also favor Mathematical Education Critical and Financial.

KEYWORDS: Design of problem statements. (Re)formulation of problems. Troubleshooting. Digital Technologies. Mathematical Education.

1 | INTRODUÇÃO

O *Design* de enunciados de problemas é uma perspectiva metodológica, que requer do *designer(s)* (professor(res) e/ou aluno(s)) a elaboração, de forma minuciosa, de enunciados de problemas do tipo aberto¹ com o uso de Tecnologias Digitais, para que os alunos utilizem esses recursos no processo de resolução desses problemas (FIGUEIREDO; DALLA VECCHIA, 2015; FIGUEIREDO, 2017). Em tais problemas, podem ser abordados temas, que possuam relevância social e os contextualizem, e valorizado os interesses e o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos que irão resolvê-los (FIGUEIREDO, 2017).

Outra possibilidade, é realizar o *Design* dos enunciados dos problemas de modo que propiciem a (re)formulação² de problemas, que é um enfoque que dinamiza o processo de resolução. Conforme Silver (1994), esse tem por finalidade que os alunos formulem novos problemas ou reformulem o problema proposto, a partir das condições nele apresentadas. A (re)formulação pode ocorrer antes, durante ou após a solução, mas quando essa ocorre na resolução, há um planejamento de como obter uma nova versão para o problema, por parte dos alunos, que determinam as metas que serão atingidas e (re)criam alguns aspectos.

Nesse intuito, apresentam-se, neste artigo, os subsídios teóricos acerca do *Design* de problemas com o uso de Tecnologias Digitais e da (re)formulação de problemas e uma sugestão de enunciado de problema, que foi produzido de acordo com essa associação. O recorte apresentado faz parte de uma investigação, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)-Canoas-RS-Brasil, em que adotou-se as características de uma pesquisa de abordagem qualitativa, visto que um dos objetivos pretendidos era compreender como ocorre o processo de resolução de problemas com o uso de Tecnologias Digitais, sob o enfoque da (re)formulação de

1. Conforme Paterlini (2010, p.2), “são questões com um enunciado que delimitam um contexto, e o estudante é convidado a explorar aquela situação. O problema aberto [...] o deixa livre para perceber quaisquer relações matemáticas naquele contexto”.

2. Emprega-se tal expressão para se referir tanto ao processo de determinar outros problemas, subsidiários, no decorrer da resolução como a atividade de reformular o que foi proposto no enunciado, para obter uma ou mais soluções.

problemas, bem como a discussão e a reflexão sobre esse processo.

2 | DESIGN DE PROBLEMAS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

O *Design* de enunciados de problemas com o uso de Tecnologias Digitais pode ser considerado como um tipo de *Design* Instrucional, que “é uma “[...] ação intencional e sistemática de ensino que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais [...], a fim de promover [...] a aprendizagem humana” (FILATRO, 2008, p.3). A sua realização pode ser embasada sob a concepção construtivista de aprendizagem, em que são promovidos meios para a construção do conhecimento, que valoriza as interpretações e experiências dos alunos (JONASSEN, 1998).

Além disso, podem ser atribuídas as características dos modelos *fixo ou fechado*, *aberto* ou *contextualizado* de *Design* Instrucional, que são mencionados por Filatro (2008): no primeiro, o *Design* é planejado de forma detalhada e estruturada, para obter um produto inalterado; no segundo, são valorizados os processos de aprendizagem já no planejamento do ambiente virtual, e esse poderá vir a ser modificado e/ou adaptado de acordo com o *feedback* obtido dos alunos; e no terceiro, é produzido um plano, um ambiente ou uma base para o processo de ensino e aprendizagem, em que são utilizados os recursos da *Web 2.0*, e são consideradas as características individuais ou do grupo de alunos, do(s) professor(es), da comunidade escolar, entre outros.

Ainda, segundo a autora, o(s) *designer(s)* pode(m) ser professor(es) e/ou o(s) aluno(s), que devem executar as fases de um *Design de Sistemas Instrucionais* ou *ISD*³, que seriam: análise da necessidade, projeto/planejamento, desenvolvimento e implementação da solução e avaliação da solução obtida para essa necessidade. Nesse processo, podem ser utilizados os relatórios, roteiros e *storyboards*⁴ e serem planejadas e desenvolvidas as interfaces digitais.

No *Design* de problemas, também, podem ser valorizados os conhecimentos prévios e os possíveis interesses dos alunos, bem como considerado as condições de infraestrutura do ambiente escolar, para que os problemas possam ser propostos e resolvidos (FIGUEIREDO, 2017). O seu projeto/planejamento, desenvolvimento e implementação pode ser realizado para que ocorra o ensino de conhecimentos matemáticos, tecnológicos e sobre o tema abordado através da resolução dos problemas, que são o “[...] ponto de partida para a construção de novos conceitos e novos conteúdos; os alunos sendo co-construtores de seu próprio conhecimento e, os professores, os responsáveis por conduzir esse processo” (ONUCHIC; ALLEVATO, 2011, p.79).

3. “*Instructional System Design*”.

4. São recursos utilizados na etapa de pré-produção, que funcionam como esquetes e possibilitam as anotações de como a sequência de ações irá se desenrolar (FILATRO, 2008).

Outros aspectos, que podem ser atribuídos ao *Design* de problemas e evidenciados com o uso de Tecnologias Digitais no processo de resolução, destacam-se: a exploração, a visualização, a experimentação, a investigação, a simulação, os aspectos estéticos, a produção escrita, a comunicação, a colaboração, entre outros. Ademais, pode ser executado para proporcionar a (re)formulação de problemas, com e sem o uso desses recursos, de modo que contribua para a Educação Matemática Crítica (FIGUEIREDO, 2017) e/ou Financeira dos alunos do Ensino Fundamental e Médio.

3 | A (RE)FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

A (re)formulação no início, no decorrer e ao término da resolução de problemas apresenta potencialidades como um enfoque metodológico, visto que pode proporcionar à Educação Matemática (SILVER, 1994). De acordo com Brown e Walter (2009), esse enfoque pode contribuir para que os alunos elaborarem os seus próprios questionamentos e apresentem um ou mais problemas, ao reconstruírem o que foi proposto, e isso os orientará nas decisões, ações e explorações e no uso de estratégias e recursos na resolução.

Vale, Pimentel e Barbosa (2015), salientam que a (re)formulação de problemas pode favorecer a criatividade, que oportuniza o desenvolvimento de outras competências e habilidades, como a percepção dos conhecimentos matemáticos subjacentes, o pensamento crítico e a exposição de ideias. Também, possibilita que os alunos “[...] se envolvam diretamente nos processos, aumentem os níveis de motivação, sendo encorajados a investigar, tomar decisões, procurar padrões, estabelecer conexões, generalizar, comunicar, discutir ideias e identificar alternativas” (VALE; PIMENTEL; BARBOSA, 2015, p.47).

Jurado (2016), ressalta que tal enfoque pode estimular a criatividade, a investigação e a produção de novos conhecimentos, assim como valorizar as particularidades, os interesses, as capacidades, as experiências, os conhecimentos e o ambiente sociocultural dos alunos. Como sugestão, o autor (2017) aponta a proposta de situações problemáticas, que podem ocorrer na vida cotidiana, uma vez que essas favorecem a criação e a solução de problemas e o desenvolvimento das capacidades de: análise de situações, identificação ou a criação de problemas, resolução de problemas e elaboração de questionamentos, que permitam refletir criticamente sobre a realidade. Entretanto, para que sejam propostas com tais finalidades, torna-se necessário explicitar nos enunciados: as *informações* (dados relevantes e/ou quantitativos), as *exigências* (solicitações são requeridas, como encontrar, examinar ou concluir a resolução), o *contexto* (*intra* ou *extra* matemático) e o *ambiente matemático* (estrutura e conceitos matemáticos que podem intervir na resolução) dos problemas.

Outra proposta, mencionada por Jurado (2017), é que o professor crie ou proponha a criação de problemas por: *variação*, em que um novo problema deve ser produzido com base na tarefa ou no enunciado proposto, sendo modificado um ou mais elementos fundamentais; ou por *elaboração*, que um novo problema é produzido de forma livre, a partir de uma situação problemática proposta pelo professor ou escolhida pelos alunos.

Conforme o exposto, entende-se que o processo de (re)formulação de problemas requer dos alunos a identificação das proposições e condições e dos dados numéricos ou algébricos que se apresentam no enunciado. Também, exige a tomada de decisões e a utilização de recursos, entre eles as Tecnologias Digitais, assim como o registro, por escrito, do processo de resolução e da(s) solução(ões) obtida(s). Esses registros, inclusive, podem ser analisados, no decorrer ou após a solução, e se constituírem como meios para a discussão e a reflexão.

Desse modo, o *Design* de problemas com o uso de Tecnologias Digitais é um meio para a obtenção de enunciados, que podem ser propostos para a (re) formulação e a resolução desses problemas, com a utilização de tais recursos. Por favorecer a abordagem de temas de relevância social, com a intencionalidade de que os alunos discutam e reflitam sobre os mesmos, e almejar que esses tomem as suas próprias decisões e executem ações que envolvam a exploração, a investigação, a comunicação, a produção escrita, entre outros aspectos, no processo de resolução de problemas abertos (FIGUEIREDO, 2017; GROENWALD; FIGUEIREDO, 2017), afirma-se que o *Design* de problemas, sob tal enfoque, é, também, uma maneira para engajá-los na resolução de problemas com o uso de Tecnologias Digitais, de modo que produzam conhecimentos matemáticos, tecnológicos e acerca de temas de relevância social, de forma integrada, e desenvolvam competências e habilidades.

4 | O PROBLEMA ORÇAMENTO FAMILIAR

Para atingir o objetivo de compreender como ocorre o processo de resolução de problemas com o uso de Tecnologias Digitais, sob o enfoque da (re)formulação de problemas, bem como a discussão e a reflexão sobre esse processo, realizou-se o *Design* do problema intitulado *Orçamento familiar*. Nesse processo, foram executadas as fases de um *Design* de *Sistemas Instrucionais* ou *ISD* (FILATRO, 2008) e atribuídas características e aspectos.

Na fase de *análise da necessidade*, foi escolhido o tema que seria abordado e optou-se pelo *Planejamento do orçamento familiar*, pois poderia possibilitar a (re) formulação de problemas. Como a intencionalidade era produzir um enunciado que pudesse ser proposto a alunos de um Ensino Médio, identificou-se que tal tema favoreceria o ensino da Representação de Valores Monetários e de Porcentagem, Juros Simples e Compostos, Taxas e Capitalização (Matemática Financeira). O tema

escolhido e os conhecimentos matemáticos identificados são, também, consoantes com os objetivos que, segundo a Estratégia Nacional de Educação Financeira (ENEF), devem ser atingidos na Educação Básica: formar para cidadania, educar para o consumo e a poupança, oferecer conceitos e ferramentas para a tomada de decisão autônoma baseada em mudança de atitude, e instrumentalizar para planejar em curto, médio e longo prazos (BRASIL, 2010).

Na fase de *projeto/planejamento, desenvolvimento e implementação* do enunciado do problema, utilizou-se o *storyboard* como um recurso de apoio (FILATRO, 2008), que foi realizado em um documento de *Word*. Nele elaborou-se o enunciado do problema, na forma de uma história em quadrinhos. Posteriormente, decidiu-se que a história seria implementada no *site Toondoo* (<<http://www.toondoo.com>>), como um *book online*, e teria duas versões, uma com o personagem principal sendo uma mulher e outra um homem, para que os alunos pudessem discutir e refletir sobre as situações por ele enfrentadas, como se estivessem solucionando-as no seu lugar.

Na fase de *avaliação* do enunciado do problema, analisou-se cada um dos quadrinhos e páginas da história, para que houvesse uma conexão entre as situações problemáticas apresentadas. Também, foram realizados ajustes, para aprimorar os aspectos estéticos.

As páginas iniciais do *book online*, tanto da versão feminina (<<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668142>>) como da masculina (<<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668140>>), podem ser visualizadas na Figura 1.



Figura 1: Páginas iniciais das versões do problema *Orçamento familiar*

Fonte: a pesquisa.

O resultado do *Design*, referente à versão masculina, pode ser observado nas Figuras 2, 3 e 4.

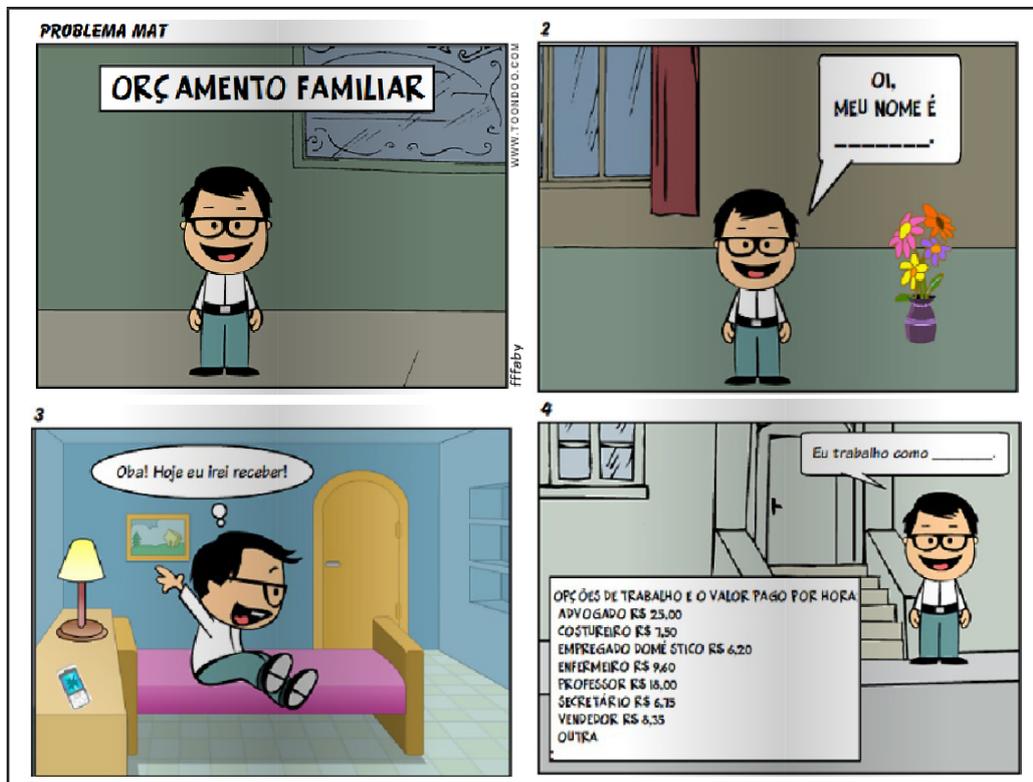


Figura 2: Páginas 1 a 4 do book *Orçamento familiar-homem*

Fonte: <<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668140>>.



Figura 3: Páginas 5 a 10 do book *Orçamento familiar-homem*

Fonte: <<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668140>>.

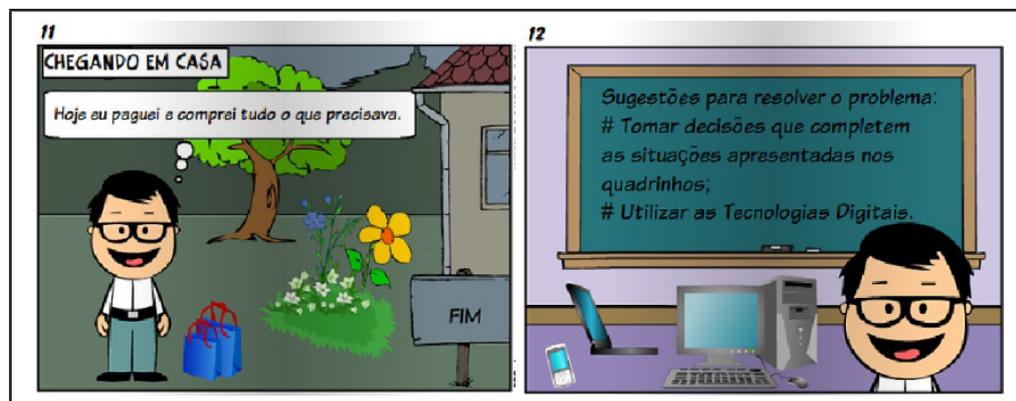


Figura 4: Páginas 11 e 12 do book *Orçamento familiar-homem*

Fonte: <<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668140>>.

No enunciado existe um problema norteador e, entre as páginas 2 a 11, são apresentadas situações problemáticas, que podem ser interpretadas e gerarem a determinação de outros problemas. Essa possibilidade condiz com o tipo de (re) formulação de problemas denominada *elaboração* (JURADO, 2017).

O acesso e a escolha das Tecnologias Digitais e a sua utilização no processo de (re)formulação e resolução do problema, por parte dos alunos, pode favorecer: a consideração dos *aspectos estéticos* da história em quadrinhos; a *exploração*, na elaboração de diferentes estratégias de resolução e ao (re)fazerem tal processo para obter uma ou mais soluções; a *experimentação* com o uso de recursos tecnológicos; a *investigação*, na busca de informações pertinentes e que contribuam para a conclusão do processo; a *simulação*, como se estivessem vivenciando as mesmas situações que o personagem e ao complementá-las, de acordo com as suas decisões; a *visualização*, ao analisarem as imagens e as representações dos dados, das escolhas e dos gastos a serem efetuados; a *comunicação* entre os alunos e o professor; a *produção escrita*, ao registrarem a maneira como ocorreu processo; e a *reflexão crítica*, sobre o problema norteador e as situações problemáticas, as decisões tomadas e as formas de pagamento, que não comprometeriam o orçamento do personagem (FIGUEIREDO, 2017).

No processo de (re)formulação e resolução do problema com o uso de Tecnologias Digitais, acredita-se que, além de oportunizar a Educação Financeira, outros conhecimentos matemáticos poderiam ser empregados pelos alunos, como as Seis Operações envolvendo os Números Racionais, a Representação de Tabelas e Gráficos e as Funções, pois há uma imprevisibilidade no modo como esse ocorrerá, devido a ser um problema aberto. Além disso, o problema pode se constituir como um meio para o ensino e a aprendizagem de conhecimentos matemáticos, associados aos tecnológicos e ao tema de relevância social, através da resolução do problema (ONUICHIC; ALLEVATO, 2011); porém os resultados a serem obtidos dependem das orientações e da mediação do professor no decorrer do processo.

Contudo, a (re)formulação e resolução do problema pode ocasionar a ocorrência

de um *cenário de investigação*, tal como preconiza Skovsmose (2000), embora que apresente uma semirrealidade. Ademais, esse processo pode contribuir para a Educação Matemática Crítica, visto que poderá ocorrer um ambiente de investigação, de ações e de reflexões críticas sobre as aplicações da Matemática.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Design* de problemas com o uso de Tecnologias Digitais, sob o enfoque da (re) formulação de problemas, é um meio para a obtenção de enunciados de problemas abertos, que possam ser propostos aos alunos e para que esses personifiquem a resolução de problemas com o uso de recursos tecnológicos e expressem a sua criatividade, ao reformularem tais enunciados e/ou elaborarem e resolverem outros problemas, secundários, que incidam na solução do(s) problema(s) proposto(s). Além de oportunizar a produção de conhecimentos matemáticos, tecnológicos e de caráter social, pode favorecer o desenvolvimento das competências e habilidades de trabalhar em grupo, interpretar, discutir, refletir criticamente, tomar decisões, elaborar estratégias e explicitar o modo como ocorre o processo de (re)formulação e resolução, utilizando as Tecnologias Digitais.

No que se refere aos registros, por escrito, do processo e das soluções encontradas, afirma-se que esses podem se constituir como meios para a discussão e reflexão crítica sobre as distintas soluções encontradas para o(s) mesmo(s) problema(s), em uma mesma turma. Ademais, podem favorecer a avaliação do desempenho e o reconhecimento dos conhecimentos matemáticos, tecnológicos e relativos ao tema abordado que foram aprendidos e das capacidades demonstradas.

O enunciado do problema *Orçamento familiar* é um exemplo de *Design* Instrucional, que possui características do modelo *aberto* (FILATRO, 2008) e da concepção construtivista de aprendizagem (JONASSEN, 1998). Acredita-se que, a sua (re)formulação e resolução com o uso de recursos tecnológicos, pode, também, promover a Educação Matemática e Financeira, em especial de alunos do Ensino Médio. Todavia, os resultados a serem obtidos dependem do papel do professor a ser exercido no decorrer da prática pedagógica e dos objetivos que delimitar no planejamento da mesma (FIGUEIREDO, 2017; GROENWALD; FIGUEIREDO, 2017).

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto n. 7.397**, de 22 de dezembro de 2010. Institui a Estratégia Nacional de Educação Financeira – ENEF. Dispõe sobre a sua gestão e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7397.htm>. Acesso em: 02 abr. 2019.

BROWN, S. I.; WALTER, M. I. **The art of problem posing**. 3.ed. London: Psychology Press-Taylor & Francis, 2009.

FIGUEIREDO, F. F.; DALLA VECCHIA, R. O *design* de problemas com as Tecnologias Digitais no ensino da Matemática. In: CONFERENCIA INTERAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA, 14. **Anais eletrônicos...** Tuxtla Gutiérrez: CIAEM-IACME, 2015. Disponível em: <http://xiv.ciaem-edumate.org/index.php/xiv_ciaem/xiv_ciaem/paper/view/1298/509>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FIGUEIREDO, F. F. **Design de problemas com a utilização das Tecnologias Digitais na formação inicial de professores de Matemática**. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2017.

FILATRO, A. C. **Design instrucional na prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

GROENWALD, C. L. O.; FIGUEIREDO, F. F. *Design* e a resolução de problemas abertos com a utilização de Tecnologias Digitais na formação inicial de professores de Matemática. In: CONGRESO URUGUAYO DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA, 7. **Anais eletrônicos...** Montevideo: CUREM-SEMUR, 2017. Disponível em: <<http://semur.edu.uy/curem/actas/pdf/4.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

JONASSEN, D. H. Designing Constructivist Learning Environments. In: REIGELUTH, C. M. **Instructional theories and models**. 2.ed. Mahwah: Laurence Erlbaum, 1998. pp. 215-239.

JURADO, U. M. Creación de Problemas: Avances y Desafíos en la Educación Matemática. **REMATEC**, v.11, n.21, pp.79-90, jan./abr. 2016.

_____. La creación de problemas como medio para potenciar la articulación de competencias y conocimientos del profesor de matemáticas. IN: CONGRESO INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE EL ENFOQUE ONTOSEMIÓTICO DEL CONOCIMIENTO Y LA INSTRUCCIÓN MATEMÁTICOS, 2. **Anais eletrônicos...** Granada: CIVEOS, 2017. Disponível em: <<http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos/malaspina.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

ONUCHIC, L. de la R.; ALLEVATO, N. S. G. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. **Bolema**, v.25, n.41, p.73-98, 2011.

PATERLINI, R. R. **Aplicação da metodologia Resolução de Problemas Abertos no Ensino Superior**. São Carlos: DM-UFSCar, 2010. Disponível em: <http://www.dm.ufscar.br/~ptlini/paterlini_metodol_invest.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2019.

PROBLEMA. **Orçamento familiar-homem**. Disponível em: <<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668140>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

_____. **Orçamento familiar-mulher**. Disponível em: <<http://www.toondoo.com/ViewBook.toon?bookid=668142>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

SILVER, E. A. On Mathematical Problem Posing. **For the Learning of Mathematics**, Vancouver, v.14, n.1, pp.19-28, feb.1994.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. **Revista Bolema**, v.13, n.14, p.66-91, 2000.

TOONDOO. **Site**. [Canoas]: JAMBAV, 2014. il. color. Disponível em: <<http://www.toondoo.com/>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

VALE, I.; PIMENTEL, T.; BARBOSA, A. Ensinar matemática com resolução de problemas. **Quadrante**, v.24, n.2, p.39-60, 2015.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *IN VITRO* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira
Sabrina Grando Cordeiro
Eniz Conceição Oliveira
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

RESUMO: O leite e seus derivados fazem parte de um grupo alimentício fundamental para o desenvolvimento e manutenção da saúde. O cálcio corresponde ao principal mineral encontrado neste grupo, estando presente em diferentes concentrações nos diferentes tipos de leite. Além disto, o organismo não é capaz de absorver todo o cálcio presente no leite, sendo de fundamental importância o conhecimento dos teores absorvidos. Deste modo, este trabalho teve como objetivo avaliar a concentração total e bioacessível *in vitro* de cálcio em diferentes amostras de leite por fotometria de chama. Observou-se que todas as amostras analisadas apresentaram diferentes concentrações totais e bioacessíveis de cálcio e que a amostra contendo o maior enriquecimento de cálcio apresentou as maiores concentrações, assim como um bom percentual bioacessível em relação às demais amostras. Dentre as amostras sem enriquecimento, o leite de cabra UHT apresentou os melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Bioacessibilidade. Cálcio

em leites. Fotômetro de chama.

INTRODUÇÃO

O leite e seus derivados constituem um grupo com características altamente nutritivas, contendo proteínas de alto valor biológico, vitaminas e minerais, sendo o cálcio (Ca) pertencente a este último grupo. Os lácteos são os principais fornecedores de cálcio para o organismo, contribuindo para um crescimento e desenvolvimento saudável e auxiliando na manutenção óssea. A ingestão destes alimentos associada à exposição aos raios solares é altamente recomendada, pois os raios UVB auxiliam na obtenção de vitamina D em nosso organismo, ao passo que maiores teores desta vitamina aumentam a absorção do cálcio consumido (BRASIL, 2008; FAO, 2013).

A absorção e as quantidades necessárias de cálcio recomendadas variam de acordo com a faixa etária e a condição clínica de cada indivíduo. A partir dos 20 anos de idade, indica-se uma ingestão de 1.000 a 1.200 miligramas de cálcio por dia, sendo que de uma forma geral, quanto maior a necessidade e menor o fornecimento de cálcio, mais efetiva será a absorção. (MUNIZ; MADRUGA; ARAÚJO,

2013; BUZINARO; ALMEIDA; MAZETO, 2006).

Tendo em vista esta ingestão diária de cálcio, os consumidores estão em busca de alimentos mais saudáveis ou que forneçam maiores teores de vitaminas e minerais, como os enriquecidos e os funcionais (CASÉ et al., 2005). Além disto, a fortificação de alimentos, como o leite e seus derivados, faz parte de uma estratégia importante para auxiliar na resolução de problemas nutricionais, como a osteoporose, que está correlacionada a falta de cálcio (MARQUES et al., 2012; VELLOZO; FISBERG, 2010).

Atualmente, diferentes tipos de leite estão disponíveis comercialmente com a perspectiva de atender os mais diversos públicos e gostos. Normalmente, não se verificam dificuldades para encontrar exemplares do leite de vaca integral, leite de vaca semidesnatado ou desnatado, leite de cabra UHT, leite de soja e leite em pó. Porém, o teor de cálcio presente em cada tipo de leite e em seus derivados varia de acordo com suas características e sua composição (BUZINARO; ALMEIDA; MAZETO, 2006). Embora alguns alimentos contenham quantidades elevadas de cálcio, sua absorção pode ser bastante variável de indivíduo para indivíduo, sofrendo influência de fatores como a alimentação, exposição à luz solar, biodisponibilidade e bioacessibilidade do mineral (HEANEY et al., 2000).

A biodisponibilidade corresponde à fração de qualquer nutriente ingerido que está disponível para ser usado nas funções fisiológicas ou ser estocada no organismo (TOGNON, 2012). Já a bioacessibilidade está relacionada à fração de um nutriente ou substância que é liberada pela matriz alimentar durante a digestão no trato gastrointestinal, estando disponível para a absorção intestinal.

Os estudos e pesquisas envolvendo bioacessibilidade podem ser desenvolvidos *in vivo*, porém são de difícil realização e de alto custo. Desta forma, os métodos *in vitro* se tornam uma excelente opção, sendo possível reproduzir as condições do trato gastrointestinal por meio de procedimentos laboratoriais que permitem a obtenção de resultados rápidos, seguros, com boa reprodutibilidade e precisão (FERNÁNDEZ-GARCÍA; CARVAJAL-LÉRIDA; PÉREZ-GÁLVEZ, 2009; KULKARNI et al., 2007; BOSSO; ENZWEILER, 2008).

A bioacessibilidade de minerais pode variar de menos de 1% para mais de 90% de acordo com a espécie química e sofre influência de fatores que incluem o estado químico do nutriente, a liberação da matriz alimentar, interações com outros componentes alimentares, formação de compostos estáveis que demandam tempo para metabolizar, dentre outros (AGUDELO, 2015).

Considerando a importância do leite e a falta de informações sobre o teor de absorção de cálcio proveniente de amostras de leites, este estudo objetivou quantificar e avaliar a bioacessibilidade *in vitro* de cálcio em seis diferentes amostras de leite, com a finalidade de avaliar qual a melhor amostra do ponto de vista bioacessível e promover o consumo deste alimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras

Para realização do estudo presente neste artigo foram utilizadas seis amostras de leite, sendo elas: leite de vaca integral UHT, leite de cabra UHT, leite de soja, leite de vaca desnatado enriquecido com cálcio (40%), leite em pó semidesnatado rico em cálcio e leite em pó enriquecido com cálcio (80%), todas adquiridas comercialmente em estabelecimentos situados na região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil. As amostras em pó foram preparadas de acordo com a indicação do rótulo, e assim como as amostras líquidas, foram acondicionadas em frascos plásticos descontaminados e mantidas sob refrigeração.

Soluções e Vidrarias

Todos os reagentes utilizados possuíam pureza analítica (P.A.) e as soluções necessárias foram preparadas utilizando-se água ultrapura, com resistividade específica de 18,2 M Ω .cm⁻¹. Todas as vidrarias e materiais foram descontaminados por meio da submersão completa em ácido nítrico 10% (v/v) durante 24 horas. Após, foram lavadas com água ultrapura (milli-Q) e secas a temperatura ambiente.

Digestão completa

A determinação do teor total de cálcio nas amostras foi realizada através da decomposição completa de 1 mL de cada amostra em forno-microondas (Anton Paar Multiwave PRO), adicionando-se 1 mL de peróxido de hidrogênio (Êxodo científica) 30% (v/v) e 5 mL de ácido nítrico (Synth) 65% (v/v). A temperatura do forno-microondas foi programada por elevação gradual, da seguinte maneira: aquecimento até 180°C (15 minutos); permanência em 180°C por 15 minutos e resfriamento até 70°C (15 minutos). Em seguida, deixaram-se as amostras atingirem a temperatura ambiente (25°C). Para a leitura das amostras, diluíram-se as mesmas 10 vezes, utilizando-se água milli-Q como diluente e óxido de lantânio 10% (m/v) como supressor de ionização (10% do volume total). A leitura da concentração de cálcio foi realizada em fotômetro de chama (Digimed DM 62).

BIOACESSIBILIDADE

Para a análise da fração bioacessível, utilizou-se a metodologia elaborada por Minekus et al. (2014). Inicialmente, prepararam-se as soluções correspondentes à saliva, suco gástrico e suco intestinal. A Tabela 1 traz os reagentes utilizados e as concentrações necessárias para cada solução:

Reagentes (Marca)	Concentração da solução estoque	Composição da saliva	Composição do suco gástrico	Composição do suco intestinal
KCl (Vetec Química Fina)	37,3 g/L	1,100 g/L	0,500 g/L	0,500 g/L
KH ₂ PO ₄ (Merck KGaA)	68,0 g/L	0,500 g/L	0,010 g/L	0,100 g/L
NaHCO ₃ (Nuclear)	84,0 g/L	1,100 g/L	2,100 g/L	7,100 g/L
NaCl (Química Moderna)	117,0 g/L	-	2,700 g/L	2,200 g/L
MgCl ₂ (H ₂ O) ₆ (Synth)	30,5 g/L	0,030 g/L	0,020 g/L	0,070 g/L
(NH ₄) ₂ CO ₃ (Fluka Analytical)	48,0 g/L	0,006 g/L	0,050 g/L	-
CaCl ₂ (Nuclear)	-	7,500 mmol/L	2,000 mmol/L	9,000 mmol/L
α-amilase (Sigma Aldrich)	-	25,000 g/L	-	-
Pancreatina (Pancreatin from Porcine Pancreas, Sigma Aldrich)	-	-	-	2,680 g/L
Pepsina (Pepsina Powder, J. T. Baker)	-	-	17,600 g/L	-
Bile (Bile Salts, Fluka Analytical)	-	-	-	27,000 g/L
NaOH (Dinâmica Química Contemporânea Ltda)	1,0 M	Ajuste de pH	Ajuste de pH	Ajuste de pH
HCl (Merck KGaA)	6,0 M	-	260 μL	140 μL
HCl (Merck KGaA)	1,0 M	Ajuste de pH	Ajuste pH	Ajuste de pH

Tabela 1 - Reagentes utilizados e respectivas concentrações em cada solução do processo digestivo.

Fonte: Adaptado de Minekus et al. (2014).

Preparadas as soluções, pipetou-se em triplicata 5 mL de cada amostra, em diferentes erlenmeyers. De acordo com a metodologia utilizada, a simulação da boca (saliva) para líquidos é facultativa, optando-se neste trabalho por realizar a mesma. Deste modo, para a verificação da fração bioacessível, as três principais etapas do sistema gastrointestinal foram simuladas: boca (etapa 1), estômago (etapa 2) e intestino (etapa 3).

Para a simulação da boca adicionou-se 8 mL de saliva e 1 mL de CaCl₂ 7,5

mM junto a cada analito e, em seguida, conferiu-se o pH em pHmetro (Ohaus Starter 3100) e ajustou-se utilizando a solução de HCl 1 M e/ou solução de NaOH 1 M até que se atingiu um pH em torno de 7. As soluções permaneceram em repouso a 37°C por 2 minutos. Após, seguiu-se para a próxima etapa.

A segunda etapa consiste na simulação do estômago, onde adicionou-se 9,1 mL de suco gástrico e 700 µL de CaCl₂ 2 mM, e então ajustou-se o pH para 3. As soluções foram encaminhadas ao banho Dubnoff (Marconi, Banho-Maria, MA - 156) com agitação e aquecimento à 37°C, por 2 horas.

Já para a simulação do intestino, adicionou-se 18,5 mL de suco intestinal e 1,35 mL de CaCl₂ 9 mM e então, ajustou-se o pH para próximo de 7. As soluções resultantes foram encaminhadas ao banho Dubnoff com agitação e aquecimento à 37°C, por 2 h.

Ao término da passagem das seis amostras pelas fases oral, gástrica e intestinal os materiais resultantes foram submetidos a um banho de gelo por cerca de 20 minutos, com a função de inativar as enzimas. Em seguida, as amostras seguiram para a etapa de separação, em centrífuga (Hermle, Z326K) por 20 minutos a 10.000 rpm, a fim de separar a parte sólida da líquida. A parte sólida corresponde à fração excretada pelo corpo, e a parte líquida a fração a ser absorvida pelo organismo. Realizada a centrifugação, fez-se necessário conferir se todo o material sólido se depositou ao fundo dos tubos. Observou-se que ainda havia material particulado em suspensão, realizando-se uma filtração simples (por gravidade), utilizando-se filtros de papel com poros de 0,14 µm. Em seguida, armazenaram-se as soluções obtidas em tubos Falcon de 50 mL.

Para a leitura das amostras, diluíram-se as mesmas 120 vezes, utilizando-se água milli-Q como diluente e óxido de lantânio 10% como supressor de ionização (10% do volume total). A leitura da concentração de cálcio bioacessível foi realizada em fotômetro de chama.

O percentual de bioacessibilidade é calculado a partir da concentração presente nas amostras de simulação em relação ao teor total do analito presente na amostra de digestão completa. Esta relação é então multiplicada por 100, obtendo-se assim o resultado em porcentagem de bioacessibilidade (TOKALIOĞLU et al., 2014), conforme a equação 1:

$$\% \text{ Bioacessível} = \frac{\text{Concentração bioacessível}}{\text{Concentração total}} \times 100 \quad (1)$$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os percentuais bioacessíveis obtidos a partir da relação entre a concentração bioacessível e a concentração total foram submetidos à análise de variância

(ANOVA) e Teste de Tukey, a 95% de confiança utilizando o programa PAST 3.2 (Øyvind Hammer, Noruega).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração total, bioacessível e a fração bioacessível das amostras de leite de vaca integral UHT, leite de soja enriquecido com cálcio, leite de vaca desnatado enriquecido com cálcio (40%), leite em pó semidesnatado rico em cálcio, leite em pó enriquecido com cálcio (80%) e leite de cabra UHT foram avaliadas e os resultados estão dispostos na Tabela 2. Como o volume de amostra utilizado na digestão bioacessível foi de 5 mL, e na digestão completa 1 mL, para possível cálculo da fração bioacessível, fez-se necessário multiplicar os resultados da concentração da digestão completa por 5, a fim de equiparar ao volume da concentração bioacessível.

Amostra	Concentração digestão completa (total) (mg/L)	Concentração total x5 (mg/L)	Concentração bioacessível média (mg/L)	Fração bioacessível (%)
Leite de vaca integral UHT (Amostra 1)	1391,5	6957,5	362,67	5,21 ± 0,72 a
Leite de Cabra (Amostra 2)	1031,5	5157,5	436	8,45 ± 0,68 b
Leite de soja (Amostra 3)	1547,5	7737,5	562,67	7,27 ± 0,39 bc
Leite de vaca desnatado enriquecido com cálcio (40%) (Amostra 4)	1487,5	7437,5	579,33	7,79 ± 0,76 bcd
Leite em pó semidesnatado rico em cálcio (Amostra 5)	1871,5	9357,5	649,33	6,94 ± 0,76 cde
Leite em pó enriquecido com cálcio (80%) (Amostra 6)	2027,5	10137,5	739,33	7,29 ± 0,56 bcde

Tabela 2 - Concentração total, bioacessível e percentual bioacessível do analito nas amostras de leite avaliadas.

Média ± desvio padrão (desvio padrão relativo). Letras diferentes implicam em diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

A partir dos dados obtidos para as concentrações totais de cálcio nas amostras de leite, pode-se realizar uma comparação com as amostras presentes na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (BRASIL, 2011). Neste aspecto, verifica-se que a concentração total de cálcio obtida experimentalmente no leite de

cabra UHT foi de 1031,5 mg/L, sendo o valor teórico fornecido pela TACO de 1120 mg/L, havendo uma proximidade dos resultados. O leite de vaca integral (UHT), possui um valor experimental de 1391,5 mg/L, enquanto o tabelado corresponde a 1230 mg/L. Isto indica que a amostra de leite de vaca integral analisada possuía maior teor de cálcio do que a média indicada na TACO. Bossu (2009) obteve na digestão completa de amostras de leite de cabra e de vaca, concentrações de 1121 e 1074 mg/L de cálcio, respectivamente, demonstrando que podem haver variações em relação aos resultados obtidos. Fatores como a procedência do leite, alimentação dos animais, genética, região, ano e mês causam alterações na composição do leite, podendo ser a causa da discrepância dos resultados (SIMILI; LIMA, 2007; GONÇALVES; BORGES; FERREIRA, 2009).

Ainda é possível verificar a partir da digestão completa das amostras, se as concentrações totais de cálcio obtidas estão próximas daquelas descritas nos rótulos (Tabela 3).

Amostra	Concentração de Ca – rótulo (mg/L)
Leite de vaca UHT (Amostra 1)	1200
Leite de Cabra (Amostra 2)	1115
Leite de soja (Amostra 3)	1320
Leite de vaca desnatado enriquecido com cálcio (40%) (Amostra 4)	1670
Leite em pó semidesnatado rico em cálcio (Amostra 5)	1900
Leite em pó enriquecido com cálcio (80%) (Amostra 6)	2500

Tabela 3 – Concentrações de cálcio descritas nas embalagens.

Os valores presentes nos rótulos são para 200 mL e foram multiplicados por cinco para se obter a concentração de 1000 mL (1 L).

As amostras 1 e 3, apresentaram concentrações totais de cálcio acima daquelas indicadas no rótulo, enquanto que as amostras 2, 4, 5 e 6 apresentaram concentrações inferiores. Segundo a Resolução – RDC nº 360 (BRASIL, 2003) há uma tolerância de mais ou menos 20% para os nutrientes indicados no rótulo. Desta forma, todas as amostras analisadas apresentaram percentuais de variação que se enquadram na legislação, sendo que a amostra 5 possui o teor de cálcio total mais próximo do descrito na embalagem, ao passo que o leite em pó enriquecido com cálcio (80%) diferenciou-se mais.

Avaliando-se a concentração bioacessível média para cada amostra de leite,

verificou-se que a amostra 6 apresentou maior concentração bioacessível (739,33 mg/L), possivelmente pelo alto enriquecimento deste mineral no produto. Pode-se notar que as amostras contendo algum tipo de enriquecimento (amostras 3, 4, 5 e 6) demonstraram maiores concentrações de cálcio bioacessível, enquanto que dentre as amostras sem enriquecimento (1 e 2), a amostra 2 apresentou uma maior concentração.

Com relação aos percentuais bioacessíveis obtidos, a média dos valores das seis amostras foi de 7,16%, sendo a amostra com maior percentual bioacessível o leite de cabra (8,45%), seguido do leite de vaca desnatado enriquecido com 40% de cálcio (7,79%), leite em pó enriquecido com 80% de cálcio (7,29%), leite de soja (7,27%), leite em pó semidesnatado rico em cálcio (6,94%) e por último o leite de vaca UHT (5,21%). O percentual bioacessível *in vitro* pode variar de acordo com inúmeros fatores, como o pH utilizado nas fases gástricas e intestinal, constituintes dos alimentos, tempo de permanência, entre outros (INTAWONGSE; DEAN, 2006).

O leite de soja, apesar de possuir uma concentração total de cálcio maior do que o leite de vaca desnatado enriquecido com cálcio (40%) possui uma concentração e percentual bioacessível menor. Isto ocorre possivelmente pela presença de cálcio em uma forma incapaz de ser absorvida pelo organismo no leite de soja (BUZINARO; ALMEIDA; MAZETO, 2006). O mesmo pode ser observado entre o leite de vaca integral UHT e o leite de cabra UHT, ambos sem enriquecimento, onde uma maior quantidade de cálcio disponível para absorção no trato gastrointestinal se faz presente no leite de cabra, enquanto o leite de vaca integral UHT detém maior concentração total de cálcio.

De acordo com a análise estatística realizada, o percentual bioacessível da amostra 1 difere significativamente dos demais, ao passo que os percentuais das amostras 2, 3, 4 e 6 não diferem entre si. Já o percentual da amostra 5 demonstrou possuir diferença significativa dos resultados das amostras 1 e 2. Levando em consideração a ausência de diferença significativa entre os percentuais das amostras 2, 3, 4 e 6, que correspondem às amostras com maior percentual bioacessível, o leite em pó enriquecido com cálcio (80%) caracteriza-se como a amostra com melhor resultado bioacessível, pois possui um bom percentual bioacessível em comparação com as demais, e uma alta concentração de fornecimento de cálcio.

Ao comparar o leite de cabra UHT com o leite de vaca integral UHT percebe-se facilmente que o leite de cabra se destaca, sendo uma melhor opção por fornecer uma maior concentração de cálcio e possuir uma fração bioacessível maior. Segundo Ribeiro e Ribeiro (2001), o leite de cabra apresenta propriedades bioquímicas que favorecem seu valor nutricional, sendo uma opção para as crianças intolerantes ao leite bovino, pessoas com doenças gastrointestinais ou como suplemento para pessoas idosas e malnutridas.

CONCLUSÃO

A partir do trabalho realizado e dos resultados obtidos, pode-se concluir que é possível quantificar e avaliar a bioacessibilidade de cálcio *in vitro* em amostras de leites, observando-se que dentre as seis amostras, o leite com o maior enriquecimento de cálcio apresentou maior fornecimento do mineral para o organismo simulado. Destaca-se ainda, que dentre as duas amostras sem enriquecimento, o leite de cabra UHT demonstrou ser uma boa fonte de cálcio, possuindo maior percentual e concentração bioacessível.

REFERÊNCIAS

- AGUDELO, M. A. H. **Estudo da bioacessibilidade in vitro (estática e dinâmica) de alguns metais de importância biológica em semente de soja transgênica e não transgênica**. Campinas, 2015, 86p. Dissertação (Mestra em Química), Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/248599/1/HerreraAgudelo_MonicaAlejandra_M.pdf. Acesso em: 22 jun. 2019.
- BOSSO, S. T.; ENZWEILER, J. Ensaio para determinar a (bio)disponibilidade de chumbo em solos contaminados: revisão. **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 394-400, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n2/a36v31n2.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. Campinas, 4ª edição, 161p., 2011. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/tabela-brasileira-de-composicao-de-alimentos_taco_2011.pdf. Acesso em: 22 jun. 2019.
- . Ministério da Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira**. Brasília, DF, 2008, ed. 1, p. 70, ISBN 85-334-1154-5. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf. Acesso em: 12 jun. 2019.
- ____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Brasília, DF, 2003. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0360_23_12_2003.pdf/5d4fc713-9c66-4512-b3c1-afee57e7d9bc. Acesso em: 22 jun. 2019.
- BOSSU, C. M. **Fracionamento de zinco em amostras de leite**. São Carlos, 2009, 105p. Dissertação (Mestre em Química), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6425/2399.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 jun. 2019.
- BUZINARO, E. F.; ALMEIDA, R. N.; MAZETO, G. M. F. S. Biodisponibilidade do cálcio dietético. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 5, p. 852-861, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302006000500005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 jun. 2019.
- CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. Produção de 'leite' de soja enriquecido com cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n1/a13v25n1.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2019.
- FAO – Food and agriculture organization of the United Nations. **Milk and dairy products in human nutrition**. Roma, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3396e/i3396e.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.
- FERNÁNDEZ-GARCÍA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. In vitro bioacessibility

assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. *Nutrition Research*, v. 29, n. 11, p. 751-760, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531709001730?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jun. 2019.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentação de Gado de Leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 412p. 2009. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/FCK/file/Livro%20-%20Alimenta%C3%A7%C3%A3o%20de%20Gado%20de%20Leite.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. **PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis**. *Paleontologia eletrônica* 4(1): 9pp, Noruega. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 22 jun. 2019.

HEANEY, R. P., DOWELL, M. S., RAFFERTY, K., BIERMAN, J. Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n. 5, p. 1166–1169, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1166>. Acesso em: 16 jun. 2019.

INTAWONGSE, M.; DEAN, J. R. *In-vitro* testing for assessing oral bioaccessibility of trace metals in soil and food samples. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 25, n. 9, p. 876-886, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2006.03.010>. Acesso em: 22 jun. 2019.

KULKARNI, S. D.; ACHARYA, R.; RAJURKAR, N. S.; REDDY, A. V. R. Evaluation of bioaccessibility of some essential elements from wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) by *in vitro* digestion method. **Food Chemistry**, v. 103, p. 681-688, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814606006509>. Acesso em: 22 jun. 2019.

MARQUES, M. F.; MARQUES, M. M.; XAVIER, E. R.; GREGÓRIO, E. L. Fortificação de alimentos: uma alternativa para suprir as necessidades de micronutrientes no mundo contemporâneo. **HU Revista**, v. 38, n. 1 e 2, p. 29-36, 2012. Disponível em: <https://hurevista.ufjf.emnuvens.com.br/hurevista/article/viewFile/1739/881>. Acesso em: 16 jun. 2019.

MINEKUS, M.; ALMINGER, M.; ALVITO, P.; BALLANCE, S.; BOHN, T.; BOURLIEU, C.; CARRIÈRE, F.; BOUTROU, R.; CORREDIG, M.; DUPONT, D.; DUFOUR, C.; EGGER, L.; GOLDING, M.; KARAKAYA, S.; KIRKHUS, B.; LE FEUNTEUN, S.; LESMES, U.; MACIERZANKA, A.; MACKIE, A.; MARZE, S.; McCLEMENTS, D. J.; MÉNARD, O.; RECIO, I.; SANTOS, C. N.; SINGH, R. P.; VEGARUD, G. E.; WICKHAM, M. S. J.; WEITSCHIES, W.; BRODKORB, A. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. **Journal Food & Function**, ed. 6, 2014. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/FO/C3FO60702J#!divAbstract>. Acesso em: 22 jun. 2019.

MUNIZ, L. C.; MADRUGA, S. W.; ARAÚJO, C. L. Consumo de leite e derivados entre adultos e idosos no Sul do Brasil: um estudo de base populacional. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 12, p. 3515-3522, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232013001200008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 jun. 2019.

RIBEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, H. J. S. S. Uso nutricional e terapêutico de leite de cabra. **The Journal Semina Ciências Agrárias**, v. 22, n. 2, p. 229-235, 2001. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/2057/1766>. Acesso em: 22 jun. 2019.

SIMILI, F. F.; LIMA, M. L. P. Como os alimentos podem afetar a composição do leite de vacas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 4, n. 1, 2007. Disponível em: http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2007/2007-janeiro-junho/514-como-os-alimentos-podem-afetar-a-composicao-do-leite-das-vacas/file.html?force_download=1. Acesso em: 22 jun. 2019.

TOGNON, A. L. **Quantificação e avaliação da bioaccessibilidade *in vitro* de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. Ribeirão Preto, 2012, 128p. Dissertação (Mestre em Ciências), Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo (USP). Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59138/tde-14052012-211233/publico/Dissertacao_Mestrado_Andre_Luiz_Tognon.pdf. Acesso em: 22 jun. 2019.

TOKALIOĞLU, Ş.; CLOUGH, R.; FOULKES, M.; WORSFOLD P. Bioaccessibility of Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Se and Zn from nutritional supplements by the unified BARGE method. **Food chemistry**, v. 150, n.1, p. 321-327, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.151>. Acesso em: 22 jun. 2019.

VELLOZO, E. P.; FISBERG, M. O impacto da fortificação de alimentos na prevenção da deficiência de ferro. **Revista Brasileira Hematologia e Hemoterapia**, v. 32, n. 2, p. 134-139, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbhh/v32s2/aop69010.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2019.

ESPAÇO ARTE_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus

Universidade Federal de Santa Catarina,
Faculdade de Direito
Florianópolis - Santa Catarina

Lucas Pereira Elias

Universidade do Extremo Sul Catarinense,
Faculdade de Artes Visuais
Criciúma – Santa Catarina

Marcos Henrique de Moraes Golinelli

Instituto Federal Catarinense, Tecnologia em
Redes de Computadores
Sombrio – Santa Catarina

Tereza Cristina Benevenuti Lautério

Instituto Federal Catarinense, Ensino Médio,
Técnico e Profissionalizante
Sombrio – Santa Catarina

RESUMO: Este trabalho apresenta a proposta e as considerações parciais do desenvolvimento de uma plataforma *on-line* denominada Arte_On, que tem por objetivo a exposição e a divulgação de diferentes expressões artísticas autorais dos estudantes do Ensino Médio regularmente matriculados no Instituto Federal Catarinense, *Campus Avançado Sombrio* (IFC-CAS). A plataforma foi desenvolvida como Trabalho de Conclusão do Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFC-CAS e surge em resposta à observação de que na instituição ocorrem constantes manifestações

artísticas sem a devida visibilidade, muitas vezes restringindo-se ao próprio artista, sem a possibilidade de alcançar o público e promover reflexão. A reflexão está associada à experiência estética que na arte configura a transmissão de ideias e emoções na forma de um objeto artístico. A escola tem o papel de considerar, no desenvolvimento das atividades artísticas, esse caráter estético e assim despertar nos indivíduos a concepção de que a arte pode ser compreendida por todos, desde que seja apropriada como conhecimento artístico, histórico, filosófico e estético. O trabalho foi desenvolvido em três etapas sendo: elaboração e apresentação do projeto; implementação e testes e por fim a implantação da plataforma na instituição. A plataforma, que foi desenvolvida em HTML, CSS, PHP e Javascript, e o banco de dados através da linguagem SQL, corrobora para o desenvolvimento da sensibilidade estética que se dá através da arte ao mesmo tempo em que envolve a comunidade em sua própria produção artística. A utilização da tecnologia apresenta-se como ferramenta para democratizar o acesso à arte.

PALAVRAS-CHAVE: Website. Arte. Estética. Acesso à arte.

ARTISTIC GALLERY ARTE_ON: ONLINE
PLATFORM FOR ARTISTIC EXHIBITIONS OF

ABSTRACT: This paper aims at presenting the development process and partial results of an online platform called Arte_On, whose objective is the exhibition and dissemination of different artistic expressions of the high school students regularly enrolled in the Instituto Federal Catarinense, Campus Avançado Sombrio (IFC-CAS). The platform was developed as a Conclusion of the IFC-CAS Technical Course in Integrated High School Computer Science and arises in response to the observation that in the institution there are constant artistic manifestations without the due visibility, often being restricted to the artist himself, without the possibility of reaching the public and promoting reflection. Reflection is associated with the aesthetic experience that in art configures the transmission of ideas and emotions in the form of an artistic object. The school has the role of considering, in the development of artistic activities, this aesthetic character and thus awakening in individuals the conception that art can be understood by all, provided it is appropriate as historical, philosophical and aesthetic knowledge. The work was developed in three stages: design and presentation of the project; implementation and testing and finally the implementation of the platform in the institution. The platform, which was developed in HTML, CSS, PHP and Javascript, and the database through the SQL language, corroborates for the development of the aesthetic sensibility that takes place through the art while involving the community in its own production artistic. The use of technology is a tool to democratize access to art.

KEYWORDS: Website. Art. Aesthetic. Democratization of Art.

1 | INTRODUÇÃO

A arte é uma prática humana e está imersa em um contexto histórico, político, econômico e cultural, derivando sua natureza e seus significados das circunstâncias em que ocorrem seu uso e sua produção. Assim, os padrões artísticos apresentam-se de modos diferenciados de acordo com o contexto, valores e costumes da sociedade na qual estão inseridos (BOZANNO et al., 2013). Neste sentido, o reconhecimento de algo como arte não é universal, mas cultural, o que é arte para uma cultura pode não ser para outra. Em cada sociedade e cultura a arte pode apresentar diferentes funções: contar histórias, provocar reflexões, manifestar os sentimentos e/ou imaginação do artista, e pode não ter função nenhuma, bastando-se por si mesma.

É comum que as manifestações artísticas possuam um caráter estético, assim, ao entrar em contato com o público elas podem gerar reflexões e interpretações muitas vezes diferentes das pretendidas pelo artista (BOZANNO et al., 2013). Geralmente atribuída ao conceito de beleza, a palavra estética vem do grego *aisthesis*, e significa a “faculdade do sentir”. Uma obra de arte pode ser primeira sentida (pelos sentidos), depois analisada, (interpretação simbólica) e por fim entendida e apreciada (conhecimento intuitivo) (AZEVEDO, 2007). Bozanno et al. (2013), apresentam a percepção como aquilo que é aprendido pelos cinco sentidos,

gerando sensações físicas e a experiência estética envolvendo a interpretação feita pela mente, as memórias, a imaginação e as associações com o que se conhece. Desse modo, tanto quem observa a arte quanto quem a produz, insere-se nesse contexto perceptivo. A partir desta reflexão, qual o conceito de arte? Segundo Azevedo Júnior (2007), um dos possíveis conceitos de arte é apresentá-la como uma experiência humana de conhecimento estético que transmite e expressa ideias e emoções na forma de um objeto artístico (desenho, escultura, música etc) e que possui em si o seu próprio valor.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNs) o objetivo do ensino e aprendizagem da disciplina de Arte é capacitar os discentes a humanizarem-se melhor como cidadãos inteligentes, sensíveis, estéticos, reflexivos, criativos e responsáveis em promover melhores qualidades culturais na vida dos grupos e das cidades com ética e respeito pela diversidade (BRASIL, 2000). Para tanto, é necessário que haja o espaço para a produção e divulgação artística, bem como sua análise e reflexão.

Considerando essa perspectiva, a plataforma Arte_On volta-se para as manifestações artísticas dos discentes regularmente matriculados no Instituto Federal Catarinense, Campus Avançado Sombrio (IFC-CAS), afim de expô-las e divulgá-las. Observaram-se na instituição constantes manifestações de expressões artísticas sem a devida visibilidade, muitas vezes restringindo-se ao próprio artista, sem a possibilidade de alcançar o público e promover reflexão. Estas manifestações se declaram essenciais, sendo a arte um viés de expressão e não apenas uma ação ou ato de um indivíduo. Assim, a arte “pode favorecer a formação da identidade, [...] fecundando uma consciência de uma sociedade multicultural, onde ele (o aluno) confronte seus valores, crenças e competências culturais”, oportunizando assim, um melhor convívio entre os discentes do campus (BRASIL, 2000, p.50).

Ao disponibilizar um espaço que dê visibilidade às obras artísticas dos discentes do campus, se oportuniza que ela chegue ao público e possa provocar tanto o reconhecimento das expressões, ideias e emoções do artista quanto à sensibilidade e reflexão de quem observa. Neste sentido, propiciar um espaço para exposição destas manifestações é possibilitar que os discentes compartilhem suas visões de mundo, crenças, valores, ideias, histórias e reflexões, por meio da arte bem como confrontem as suas posições com as posições dos outros discentes. Desse modo considera-se importante viabilizar um ambiente que instigue e valorize estas manifestações possibilitando ao indivíduo reflexões que possam gerar uma consciência mais pluralista bem como a formação de sua própria identidade.

Nesta direção, o trabalho teve como objetivo geral desenvolver um espaço on-line para a submissão, exposição e divulgação de diferentes expressões artísticas autorais dos estudantes do Ensino Médio, regularmente matriculados no IFC-CAS.

2 | TECNOLOGIA E ARTE

No espaço escolar, o ensino da Arte como componente curricular obrigatório da Educação Básica foi reconhecido pela Lei 9.394/1996 (LDB) – Lei de Diretrizes e Bases da Educação onde “o ensino da arte, especialmente em suas expressões regionais, constituirá componente curricular obrigatório da educação básica” (BRASIL, 1996, Art. 26. § 2o).

De acordo com Azevedo Júnior (2007, p. 07), “a arte é uma experiência humana de conhecimento estético que transmite e expressa ideias e emoções na forma de um objeto artístico (desenho, pintura, escultura, arquitetura etc.) e que possui em si o seu próprio valor.” Assim, a escola deve possibilitar a construção e socialização do conhecimento produzido, do aprender e do ensinar, tem a função de transformar a realidade social por meio da relação do indivíduo com a arte ao oportunizar acesso ao patrimônio artístico e cultural, enquanto conhecimento e manifestação humana, com vistas à formação dos sentidos e ampliação da sensibilidade estética (SILVA, 2011).

Salienta-se a presença de duas perspectivas: o ensino de arte na escola como meio para desenvolvimento da sensibilidade estética e das expressões artísticas; e o acesso ao patrimônio artístico cultural. Ambas determinantes no processo de ensino e aprendizagem.

Em relação ao ensino de arte na escola, é importante compreender o conceito de arte estética, para que se possa refletir sobre os possíveis rumos que podem ser adotados nos ambientes de ensino e aprendizagem. Para Gonzatto (2013, p. 10), “arte estética é toda aquela obra cujo resultado final foi o fruto daquilo que o artista possuía dentro de si e que ao ser exposto para fora, e tomando forma deu origem a um objeto”. Logo, a experiência de produção artística não pode ser dissociada da sensibilidade estética de quem produz, e o ambiente de ensino–aprendizagem deve considerar esse ponto. Para que essa perspectiva possa ser colocada em prática é necessário que o ensino de arte seja também colocado em destaque dentro das instituições.

De acordo com Silva (2011), geralmente é no espaço escolar que os indivíduos têm acesso ao universo artístico, seja de produção ou de contato. Conceitos equivocados construídos historicamente sobre a subjetividade da arte, como questão de “bom gosto” e “dom” corroboram para a limitação na oferta de material estético. Tal oferta em ambiente escolar fortalece a concepção de que entender ou fazer arte não é limitado a algumas pessoas, mas sim pode ser atividade de todos, desde que se apropriem dela como conhecimento, histórico, técnico, estético, filosófico, etc, e conheça seus códigos. Em não ofertar esse tipo de material ou não construir esse paradigma, a escola abre espaço para que a formação estética fique, muitas vezes, a encargo dos meios de comunicação de massa. Assim, fragilize-se o despertar de uma consciência plural através da arte e do meio sociocultural do indivíduo. Ao

desenvolver e democratizar esses atributos, a escola através da educação pode despertar a arte como atividade possível e necessária para todos.

Para que a produção da arte seja efetiva através da expressão dos discentes no ambiente de ensino e aprendizagem, é necessário que se compreenda o teor estético da atividade, que parte de cada indivíduo na construção da sua obra artística. De acordo com Barbosa apud Gonzatto (2013) o processo do ensino de arte no Brasil teve como resultado uma desconexão de atividades, sem planejamento e com intuito de desenvolver habilidades, uma vez que o ensino de arte foi encarado como uma atividade burocrática. Um exemplo dessa realidade são as atividades de criação artística com instruções, no qual o professor entende que o sujeito ativo da construção do conhecimento é aquele que ao construir seu trabalho recebe as instruções para chegar ao objetivo proposto, sem perceber que isso leva a falta de liberdade e criatividade e preestabelece o resultado da obra artística antes do desenvolvimento do processo. Esse panorama desconsidera a compreensão de arte com caráter estético, como apresentada anteriormente, e fere a construção da sensibilidade estética que deve ser proposta pela escola.

A segunda perspectiva, em relação ao ensino da Arte na educação básica, dialoga com o acesso ao patrimônio cultural e artístico. Assim, a Constituição Federal do Brasil aponta que, “constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira” (BRASIL, 1988, art. 216). A CF prevê que o patrimônio cultural é formado pelas formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas. Assim, é aspecto importante tratar da democratização do acesso à arte. Apesar do desenvolvimento do capitalismo ter facilitado a divulgação e a expansão da arte, transformou-a em produto de distribuição e consumo, e por fim, em um objeto de luxo. Uma das formas de acesso à arte são os museus.

De acordo com o Conselho Internacional de Museus (ICOM, 2015), o museu deve ser uma instituição a serviço da sociedade e de se desenvolver, que conserve, comunique, adquira e, efetivamente, exponha seu acervo com o intuito de promover educação, lazer e estudos.

Entretanto, segundo IBGE (2014), apenas 27,2% dos municípios brasileiros possuíam museus no ano de 2014, sendo que a maioria, cerca de 70%%, encontra-se nas regiões concentradas do Sul e do Sudeste, excluindo a população que não vive em metrópoles, da experiência de um ambiente artístico reflexivo ou de lazer. A experiência de frequentar espaços físicos de mostras culturais como museus, é deficiente, e numa perspectiva mais realista, inviável para muitos espaços de ensino e aprendizagem.

Desta forma, a democratização da arte também depende de políticas públicas estruturais, porém como defendidas por Canedo (2008), essas políticas são deficitárias, ao passo que olham apenas pelo lado da distribuição e da popularização,

deixando de lado as orientações simbólicas e as necessidades culturais da população, e esquece também que a produção artística está além dos “templos culturais”, e alça a esfera das ruas, das casas, comunidades, escolas e espaços informais de sociabilidade.

Direcionando o olhar para as escolas é necessário salientar a importância da produção e da difusão das expressões artísticas quando compreendidas dentro de um contexto de percepção estética. A problemática, de acordo com Silva (2011, p. 01), é que,

[...] na escola, instituição de educação formal, as atividades curriculares não garantem o acesso à arte, inclusive, para muitos, põem barreiras na construção de um entendimento do campo artístico, já que a arte é ainda uma atividade distante da realidade da grande maioria dos brasileiros.

Embora importante, a aproximação com museus e instituições artísticas figura longe da realidade dos espaços escolares e depende de políticas estruturais. A produção artística e o contato com esse universo é mecanismo importante no ambiente de ensino e aprendizagem, embora reconhecido pela legislação carece de apoio dentro das instituições.

A partir desse cenário, e dos dois pontos levantados, a experiência estética da criação e da expressão artística e o acesso ao patrimônio artístico cultural, surge uma inquietação importante, que se apresenta como uma indagação: como fortalecer o desenvolvimento da criação, expressão e percepção estética aliando à facilitação de acesso ao patrimônio cultural, não estritamente formalizado, haja vista que a realidade estrutural não nos permite acessá-lo? Uma das possibilidades é a utilização da tecnologia.

De acordo com Nowisck (2014, p. 01), “a tecnologia está a serviço da democratização da arte na contemporaneidade”. As plataformas *on-line* são cada vez mais utilizadas no cotidiano dos indivíduos, seja para fins comerciais, pragmáticos ou de entretenimento. Desse modo, a utilização da internet para suprir pontos do processo de democratização da arte é bem-vinda.

Para Nowisck (2014, p. 02) “a arte vem sendo difundida e tem reduzido abismos culturais e artísticos, graças a democratização propiciada pelas tecnologias de comunicação”. A proposta apresentada caminha ao encontro dessa perspectiva e objetiva a implementação de uma plataforma *on-line* para a exposição de obras artísticas dos discentes regularmente matriculados no ensino médio do IFC-CAS. Deste modo, o processo de democratização do patrimônio cultural inicia seu desenvolvimento, ao passo que coloca a comunidade em contato com as expressões artísticas dos discentes. É importante salientar que, para além da exposição e divulgação, a obra artística compartilhada, conduz reconhecimento ao artista, e colocando-a em contato com os observadores possibilita também o desenvolvimento de uma atividade de provável reflexão e de sensibilidade estética.

Segundo Azevedo Júnior (2007), o observador faz o caminho inverso ao artista,

– observando a obra para chegar ao conhecimento de mundo que ela contém – necessitando do entendimento de algum contexto histórico e artístico para entendê-la. Desse modo poderá compreender a obra relacionando-a com seu próprio contexto. A plataforma oferece, junto a cada obra cadastrada, as informações de contextualização histórica e técnica das mesmas, favorecendo o desenvolvimento desse cenário de percepção.

Assim sendo, o acesso ao patrimônio artístico da própria comunidade escolar, como mecanismo para valorização da expressão artística, considera que o ato de desenvolver arte é, afinal, o ato de conectar e tornar palpável aquilo que Dewey apud Gonzatto (2013) aponta como reflexões de reflexões, o relembrar das situações pelo qual já se passou e o assimilar dos valores trazendo-os à tona por meio da inspiração, corrobora para o desenvolvimento da sensibilidade estética de percepção do conhecimento.

Diante disso, o Projeto Arte_ON vê a arte como ferramenta de humanização e de desenvolvimento de capacidades e habilidades no processo de ensino e aprendizagem. Ao voltar-se para a concepção da sociedade e das relações humanas - sejam elas socioculturais, históricas, filosóficas -, representa efetividade ao considerarmos sua construção como experiência estética de conhecimento tanto para quem observa tanto para quem produz.

3 | METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho deu-se em três etapas: elaboração e apresentação do projeto; implementação e testes e por fim a implantação da plataforma na instituição.

A primeira etapa incluiu o desenvolvimento do referencial teórico com os principais conceitos sobre o universo artístico e acerca da experiência estética. Após isso, os conceitos de programação implicados na construção de um *website*, bem como a delimitação dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema através de discussões nas orientações e das pesquisas bibliográficas sobre as artes. Eles estão ligados ao comportamento do sistema a determinadas fatores: os funcionais aos serviços ofertados pelo sistema aos usuários e os não funcionais aos fatores externos como restrições. A prototipagem das telas do sistema deu-se na ferramenta “*Balsamick Mockups*”.

Na segunda etapa, foi desenvolvido o projeto de banco de dados, que compreendeu a elaboração da modelagem conceitual, lógica e física. As modelagens referem-se, em níveis distintos de abstração, como os dados serão organizados e relacionados no banco de dados. A modelagem física foi desenvolvida no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) “MySQL”. A delimitação da estrutura do sistema e de seus módulos (Figura 01) utilizou os conceitos de Engenharia de Software através do desenvolvimento dos diagramas de atividade e caso de uso por

meio do software “StarUML”.



Figura 01 – Estrutura do Sistema

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

O sistema é dividido em dois módulos principais, a Página de Exibição e o Painel de Administração, que por sua vez possui outros três módulos dependendo do nível de acesso. As principais funções do Painel de Administração são gerenciar o fluxo das obras, no módulo avaliador e submeter as obras no módulo usuário. É possível que após o cadastro elas sejam editadas pelo usuário e pelo avaliador, esse também pode publicá-las, arquivá-las e excluí-las. O mapa completo das atividades que compõe o cadastro de obra consta no diagrama de atividades (Figura 02), na qual o círculo sólido apresenta o início de um processo e os concêntricos seus possíveis terminos.

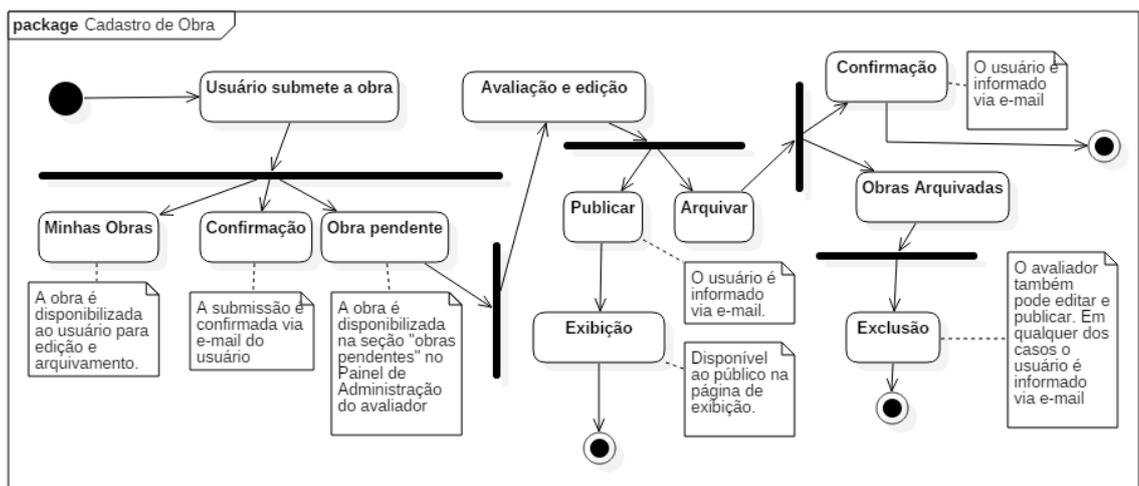


Figura 02 – Diagrama de Atividades do Cadastro de Obras

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Ainda na segunda etapa ocorreu a codificação da estrutura, estilo e funcionalidades do sistema através das linguagens HTML (*HyperText Markup Language*), PHP (*HyperText Preprocessor*), CSS (*Cascading Style Sheets*) e

JavaScript por meio do software de edição de texto “*Sublime Text*”. Os testes na plataforma foram realizados paralelamente à etapa de codificação. A fim de garantir a validação das matrículas dos discentes, docentes e colaboradores que compõem a plataforma, foi realizada a integração do website com o sistema de *login* unificado do IFC-CAS (produto de TCC no ano de 2018 dos acadêmicos do Curso Técnico em Informática Integrado ao Ensino Médio do IFC-CAS, Theodoro de Matos Paim e João Pedro Tramontin, o Projeto UNIO).

A terceira etapa – de implantação – contou com a divulgação da plataforma na instituição através do vídeo promocional produzido e o treinamento dos colaboradores e avaliadores para utilização do sistema.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados parciais do trabalho são: a exposição das telas do sistema em seus respectivos módulos e a produção de um vídeo promocional com manifestações artísticas dos discentes do IFC-CAS.

Ao acessar a Página de Exibição, que consiste no próprio website, o indivíduo é redirecionado à Página Inicial da plataforma (Figura 03). Na parte superior é apresentado um menu contendo a logo do projeto e a área para *login* do usuário. Ao acessar a logo do projeto o usuário será direcionado para a página inicial da plataforma. Em relação à área de *login*, caso a sessão esteja ativa é apresentado o nome do ator que acessa o sistema e um menu que dá a opção de redirecionamento ao perfil no painel de administração ou encerramento da sessão. Caso a sessão não esteja ativa é apresentado um link que encaminha o indivíduo para a página de *login* do projeto UNIO.

O menu lateral esquerdo oferece as opções de atividade da plataforma. As quatro seções, referentes às manifestações artísticas – visuais, áudios, textuais e audiovisuais –, são as galerias das obras. Em cada um delas o usuário tem acesso à pré-visualização das obras por meio de miniaturas.



Figura 03 – Página de Exibição com Sessão Ativa

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Ao selecionar uma miniatura, o usuário é redirecionado a uma página de exibição individual com a obra e suas informações (Figura 04) como a contextualização das técnicas empregadas em cada obra por meio de botões de informação na seção “Informações Gerais”. Ao acessá-los, uma caixa de conteúdo modal pop-up surge com uma descrição informada pela plataforma.



Figura 04 – Página de Exibição Individual das Obras

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

O segundo módulo do sistema diz respeito ao Painel de Administração no qual as funções de edição, manipulação e suporte da plataforma são realizadas. Ao acessá-lo (Figura 05) o avaliador pode realizar edições no conteúdo da plataforma, editar perfil, controlar o fluxo das obras, editar as obras cadastradas e alterar seu status, gerir os usuários cadastrados e adicionar, alterar ou remover novas opções

de cadastro das obras e suas contextualizações, é o módulo no qual o usuário realiza suas submissões.

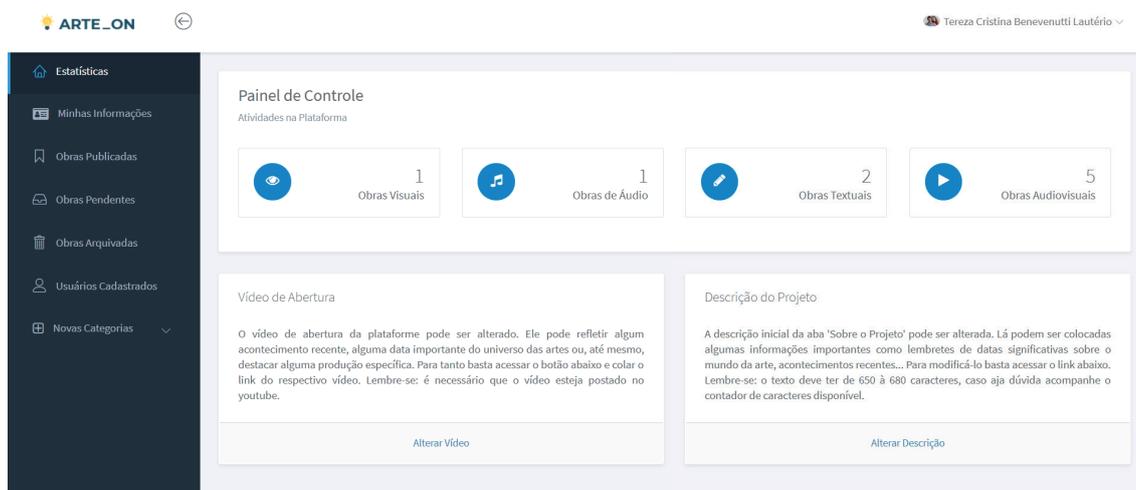


Figura 05– Painel de Administração do Avaliador

Fonte: Elaboração dos Autores, 2018.

Através do Painel de Administração os usuários podem alterar suas informações de perfil, acompanhar o status das suas obras e entrar em contato com os responsáveis pela página via e-mail (Figura 06).

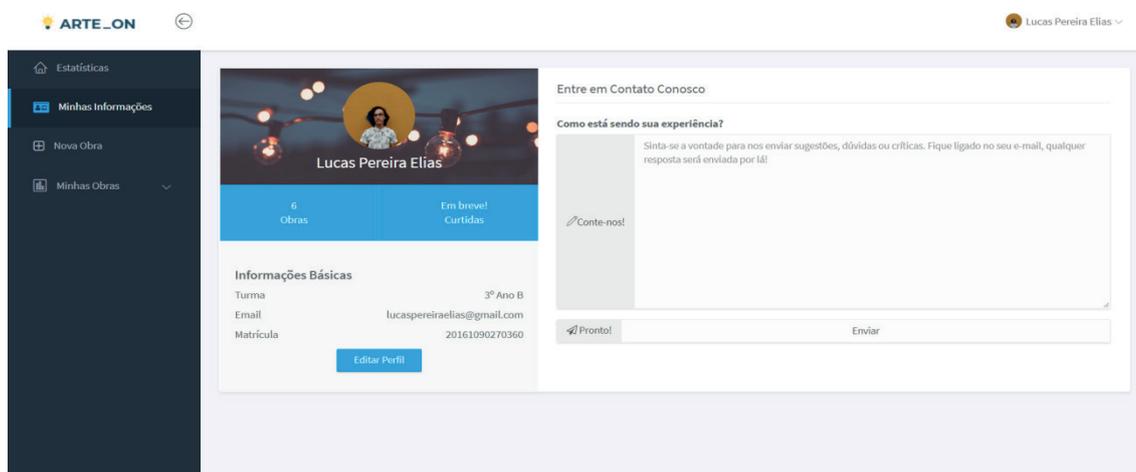


Figura 06– Painel de Administração do Usuário

Fonte: Elaboração dos autores, 2018.

Conforme supracitado, a plataforma é integrada com o sistema de autenticação de *login* unificado da instituição. Assim, o código do discente, docente e/ou colaborador cadastrado é importado sendo possível manipular os dados dos usuários. A importação dos dados realiza-se mediante a utilização conjunto de bibliotecas de código com padrões de programação que podem ser utilizados e importados em projetos distintos para efetuarem determinadas funções, disponibilizada pelo Projeto

UNIO.

Com o intuito de reconhecer as manifestações artísticas dos discentes do IFC-CAS, e divulgar a plataforma, produziu-se um vídeo promocional no estilo curta-metragem. O vídeo, disponível na seção *home* da Plataforma de Exibição e no *YouTube*, apresenta uma série de manifestações artísticas protagonizadas pelos discentes do Ensino Médio da instituição dos Cursos Técnicos em Informática e Hospedagem.

5 | CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

O desenvolvimento de uma plataforma *on-line* para exposições de manifestações artísticas dos discentes do IFC-CAS surge em resposta a observação de que no *campus* ocorrem inúmeras manifestações dessa natureza sem a devida visibilidade. Nesse processo, compreendemos que a arte, especialmente quando tratada diante do seu caráter de experiência estética, tem muito a contribuir no processo de ensino e aprendizagem dos discentes. A experiência artística carrega consigo a possibilidade de suscitar uma consciência plural da sociedade na qual os discentes se inserem e possibilita colocá-los em prováveis posições de reflexão aprimorando a sensibilidade estética de conhecimento.

O trabalho dividiu-se em três etapas: apresentação inicial da proposta, para aprovação; desenvolvimento do sistema e a terceira etapa, fase de testes e implantação do sistema. O mesmo se encontra na última etapa, sendo que os testes foram realizados e a plataforma está disponível ao público.

A plataforma cumpre papel estratégico na construção de um conhecimento cada vez mais transdisciplinar. Para além da disciplina de Arte, pretende-se a integração da plataforma com outras áreas do conhecimento que produzam material estético. Durante o desenvolvimento da plataforma observou-se a necessidade de aplicar, em próximas versões, alguns conceitos de acessibilidade, em especial para pessoas portadoras de deficiência visual tornando a plataforma espaço acessível para a construção do conhecimento.

Em que pese seu caráter transdisciplinar, ressalta-se também que, em finalizado o desenvolvimento do projeto, a plataforma apresenta-se como uma possibilidade de interação entre a educação básica e a educação profissional de nível médio, um dos princípios norteadores do IFC.

A plataforma *Arte_On*, enquanto mecanismo tecnológico de democratização do acesso à arte, pretende possibilitar acesso ao patrimônio e as manifestações artísticas e culturais dos discentes. Assim, estimular o desenvolvimento de mais atividades possibilitando tanto o reconhecimento das ideias e expressões do artista quanto reflexões estéticas dos observadores.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO JUNIOR, José Garcia de. **Apostila de Arte – Artes Visuais**. São Luís: Imagética Comunicação e Design, 2007.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.**

_____. **Lei nº 9.394**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: abr. de 2019.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, p. 50-57. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.

BOZANNO, Hugo B.; FRENDA, Perla; GUSMÃO, Tatiane Cristina. **Arte em interação**. São Paulo, 2013.

CANEDO, Daniele Pereira. Democracia Cultural. In: _____. **Cultura, democracia e participação social: um estudo da II Conferência Estadual de Cultura da Bahia**. 2008. 190f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Comunicação.

GONZATTO, Cosmo Rafael. **Do ato de expressão à experiência estética em Dewey**. Universidade Federal de Passo Fundo. p. 02-06. 2013. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/senafe/senafe2012/Anais/Eixo_4/Cosmo_Rafael_Gonzatto.pdf>. Acesso em 26 jun. 2017.

IBGE. **Perfil dos estados e dos municípios brasileiros**. 2014. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95013.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS. Portugal. **Museu**. 2015. Disponível em: <<http://icom-portugal.org/2015/03/19/definicao-museu/>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, p. 50 – 57. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2017.

NOWISCK, Geny Santos. **O Hibridismo da arte na narrativa da animação**. Revista Temática, n. 02, fev. 2014.

PINHEIRO, Áurea da Paz. **Patrimônio cultural e museus: por uma educação dos sentidos**. Educar em Revista, Curitiba, n. 58, p. 55–67, out/dez, 2015.

SILVA, Cintia Ribeiro Veloso da Silva. **Dimensões da relação museu/escola como meio de acesso a arte**. Disponível em: <http://www.fap.pr.gov.br/arquivos/File/Comunicacao_2012/Pesquisa_e_PosGraduacao/Anais_II_Encontro_Arte_Educacao_e_Formacao_Continuada/SILVA_CintiaRibeiroVeloso.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Deborah Godoy Martins Corrêa

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade
Federal de São Paulo
São José dos Campos - São Paulo

Tiago de Oliveira

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade
Federal de São Paulo
São José dos Campos - São Paulo

Denise Stringhini

Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade
Federal de São Paulo
São José dos Campos - São Paulo

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na revisão sistemática da literatura brasileira relativa ao ensino e aprendizagem da disciplina Lógica de Programação, sendo considerados os artigos publicados na Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), nos anais dos Workshops de Informática na Escola (WIE), no Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) e na Jornada de Atualização em Informática na Escola (JAIE) entre 2012 e 2017. A partir deste mapeamento podemos analisar as estratégias utilizadas no ensino de programação na Educação Básica, Ensino Médio e Superior, e verificar que o assunto continua sendo um grande desafio a

ser vencido.

PALAVRAS-CHAVE: lógica de programação, inteligências múltiplas, games, robótica, Scratch

STRATEGIES FOCUSED ON THE TEACHING OF PROGRAMMING LOGIC: A SYSTEMATIC REVIEW OF BRAZILIAN LITERATURE

ABSTRACT: This article aims to present the results obtained from the systematic of the Brazilian literature on teaching and learning the discipline of Programming Logic (LP), considering the articles published in the Brazilian Journal of Informatics in Education (RBIE), in the annals of the Brazilian Symposium on Informatics (SBIE), in the annals of the Computer Science Workshops (WIE), in the Brazilian Congress of Informatics in Education (CBIE) and in the Journey of Updating in Computer Science at School (JAIE) between 2012 and 2017. From this mapping the strategies used in teaching programming in Basic Education, High School and Higher Education were analyzed, and was verified that the subject remains a great challenge to be overcome.

KEYWORDS: programming logic, multiple intelligences, games, robotics, Scratch

1 | INTRODUÇÃO

Pesquisadores e docentes têm desenvolvido diversas estratégias e abordagens para o ensino da disciplina de Lógica de Programação, porém os resultados não têm se mostrado expressivos em relação à melhora do nível de aprendizado dos discentes. Esta disciplina é básica na área da computação, e de acordo com Prietch e Pazeto (2010), a complexidade dos conteúdos geram desmotivação e altos índices de retenção e evasão. As principais causas apontadas na literatura segundo Júnior e Rapkiewicz (2004) estão centradas nos estudantes que acessam o ensino superior sem a base matemática necessária, apresentam baixa capacidade de abstração e falta de habilidade para entender e resolver problemas, assim como dificuldade em descrever os processos envolvidos. Observando o desempenho dos ingressantes no curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia no período Integral do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) que cursaram a disciplina oferecida no 1º semestre de 2011 a 2017, verifica-se que 714 (51,3%) foram aprovados e 678 (48,7%) reprovados (Fig.1).

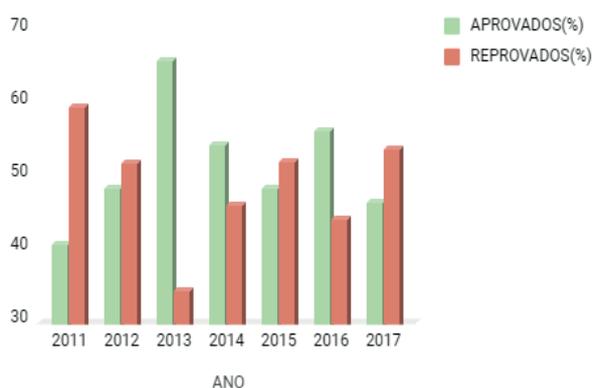


Fig.1. Aproveitamento dos ingressantes do ICT. Fonte: ProGrad/Unifesp

Para Raabe e Silva (2005) aprender a programar não é uma tarefa fácil e independentemente da linguagem escolhida exige dos alunos muito foco, determinação e abstração e dos docentes uma forte demanda de interação a fim de atender, acompanhar, mediar e avaliar os alunos, o que é dificultado pelo elevado número de alunos por turma e pelos distintos graus de dificuldade que apresentam. No Japão o ensino de programação inicia-se na Educação Básica visando uma melhoria do raciocínio lógico e da capacidade de resolver problemas reais, segundo Berry (2013). A disciplina foi incorporada à grade curricular na Estônia (2012), Inglaterra (2014), Austrália (2015) e nos Estados Unidos após Barack Obama (2013) afirmar que “...saber programar um computador hoje é tão básico quanto saber ler, escrever e fazer contas e deve ser ensinado em todas as escolas”. Uma iniciativa global para a democratização do ensino da programação é a plataforma Code.org utilizada por mais de 18 milhões de estudantes. No Brasil, a partir de 2014, surgiram na

iniciativa privada a *Mad Code* e a *Let's Code Academy* com o mesmo foco. Diversas ferramentas de ensino para linguagens de programação são utilizadas para motivar os estudantes, como por exemplo o desenvolvimento de ambientes gamificados, o software *Scratch* - que utiliza blocos lógicos e itens de som e imagem para desenvolver histórias interativas, jogos e animações, e a robótica educacional, que segundo Maia (2006) “é uma prática envolvendo hardware e software, onde a lógica é inerente na montagem e programação dos robôs envolvendo normalmente problemas do mundo real que estimulam o aprendizado de conceitos intuitivos”. Uma questão interessante a considerar em relação à escolha de conteúdos educacionais refere-se à Teoria das Inteligências Múltiplas (TIM) de Howard Gardner (1999) que define inicialmente que todas as pessoas são dotadas de sete inteligências: linguística, lógico-matemática, musical, espacial, corporal cinestésica, interpessoal e intrapessoal, e posteriormente acrescentou a inteligência naturalista. Gardner conceitua a inteligência como sendo “um potencial biopsicológico para processar informações que pode ser ativado num cenário cultural para solucionar problemas ou criar produtos que sejam valorizados numa cultura”. Para Walter et al. (2009), a Teoria das Inteligências Múltiplas aplicada ao processo ensino-aprendizagem proporciona aos docentes conhecer as inteligências mais expressivas de seus alunos, assim como estimular as habilidades ou inteligências que não se apresentam plenamente desenvolvidas. Na literatura há inúmeros artigos sobre o ensino-aprendizagem de Programação, e uma opção para a coleta e análise é através da revisão sistemática da literatura, que segundo Kitchenham (2004) é “uma forma de estudo secundário que utiliza uma metodologia bem definida para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis relacionadas a uma questão de pesquisa específica de uma maneira que seja imparcial e (até certo ponto) repetível”. O objetivo desta revisão é identificar os resultados das estratégias mais utilizadas nos últimos cinco anos no ensino de Programação no Brasil, no contexto dos ensinos fundamental, médio e superior, e fornecer subsídios para responder a pergunta: A partir do mapeamento de métodos e técnicas utilizados no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Programação, que produto de inovação poderá influenciar positivamente o desempenho dos estudantes a partir da estimulação de suas Inteligências Múltiplas?

2 | MÉTODO DE PESQUISA

As revisões sistemáticas têm como objetivos auxiliar a formulação de um problema, e encontrar suas possíveis respostas. Para que isto aconteça é necessário saber onde estão os artigos de interesse, como estão organizados e principalmente, como tirar o máximo proveito deles. Segundo Kitchenham (2004), a revisão sistemática consiste em uma metodologia rigorosa e confiável, que pode ser conferida, auditada ou continuada, e que proporciona resultados mais amplos, consistentes e confiáveis. Auxilia na identificação de lacunas nas pesquisas que

foram realizadas sobre o assunto e sugere a necessidade de novas pesquisas. A revisão sistemática proposta por este trabalho foi executada conforme o protocolo de planejamento, execução e análise dos artigos encontrados na literatura brasileira (Fig.2).

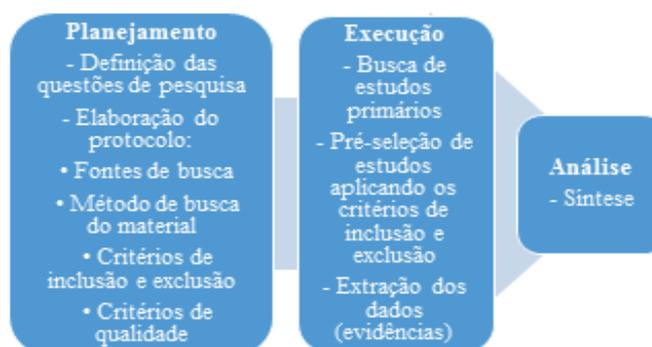


Fig.2. Protocolo desta Revisão Sistemática

2.1 Questões de Pesquisa

A prática baseada em evidências (PBE) propõe que os problemas sejam decompostos e a seguir organizados de forma a facilitar e maximizar o alcance da pesquisa, segundo Santos *et al.* (2007). Para auxiliar na elaboração das questões de pesquisa e criar uma estrutura lógica para a revisão bibliográfica, a PBE propõe a utilização da estratégia PICO, acrônimo para População, Intervenção, Comparação e *Outcomes* (resultados), e os componentes relacionados ao foco do tema estão esquematizados na “Fig.3”.

P Estudantes da Educação Básica e Superior	I Detectar se as pesquisas estão considerando a estimulação das Inteligências Múltiplas
C <i>Analisar as pesquisas mais relevantes que propõem intervenções facilitadoras do aprendizado</i>	O <i>Reconhecer as metodologias e estratégias que favorecem o aprendizado levando em conta o mapeamento das Inteligências Múltiplas</i>

Fig.3. Estratégia PICO

Com base nesta estratégia foram propostas três questões específicas que visam buscar subsídios na literatura. QP1. *Quais técnicas são mais utilizadas no ensino de Lógica de Programação: gamificação, robótica ou a linguagem de programação Scratch?* QP2. *Quais os resultados obtidos quando estas técnicas são utilizadas no aprendizado de Lógica de Programação?* QP3. *As técnicas foram escolhidas baseadas no conhecimento prévio das inteligências múltiplas dos estudantes?* A questão QP1, *quais técnicas são mais utilizadas no ensino de Programação: gamificação, robótica ou a linguagem de programação Scratch*, tem o objetivo de quantificar as técnicas escolhidas pelos docentes para ensinar Programação.

A questão QP2, *quais os resultados obtidos quando estas técnicas são utilizadas no aprendizado de Programação*, tem o objetivo de identificar se as diferentes abordagens de ensino podem facilitar o aprendizado, sem considerar a estimulação das inteligências múltiplas dos alunos. A questão QP3, *as técnicas foram escolhidas baseadas no conhecimento prévio das inteligências múltiplas dos estudantes*, tem o objetivo de verificar se os docentes têm conhecimento dos tipos de inteligências múltiplas que seus alunos têm mais aflorados, e se este conhecimento está sendo considerado na escolha da metodologia de ensino a ser adotada.

2.2 Levantamento inicial dos artigos

Visando explorar as dificuldades e soluções propostas para o ensino-aprendizagem de Lógica de Programação a nível nacional, as buscas foram no portal de publicações da Comissão Especial de Informática (CEIE) sendo considerados os artigos publicados na Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), nos anais dos Workshops de Informática na Escola (WIE) e do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) e na Jornada de atualização em Informática na Escola (JAIE) entre 2012 e 2017. Esta delimitação temporal deve-se ao dinamismo da área em face aos avanços tecnológicos. Conforme informações publicadas no portal da CEIE, a Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE) publica trabalhos de excelência avaliados por pelo menos dois avaliadores (*double blind*) mais um membro do corpo editorial da RBIE e é indexada em diversas bases e bibliotecas digitais como: Biblioteca Digital Brasileira de Computação, EBSCO, Google Scholar, Latindex e Portal de Periódicos da CAPES entre outros. O Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) é um evento promovido pela Comissão Especial de Informática na Educação da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) com o objetivo divulgar a produção científica nacional na área de Informática em Educação e proporcionar um ambiente para a troca de experiências e ideias entre profissionais, estudantes e pesquisadores nacionais e estrangeiros. O Workshop de Informática na Escola (WIE) tem a finalidade de integrar os pesquisadores da Informática na Educação e os professores das escolas. Nos anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação são divulgados os trabalhos dos workshops temáticos realizados no Congresso Brasileiro de Informática na Educação, e na Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE) é publicado periodicamente o material dos minicursos do CBIE. A busca no portal de publicações da Comissão Especial de Informática na Educação (CEIE) ocorreu no dia 11 de novembro de 2017 e a definição dos termos e dos conectores lógicos AND ou OR foi baseada em várias tentativas. As strings: *lógica de programação AND inteligências múltiplas AND (games OR robótica OR Scratch)*, e *lógica de programação AND inteligências múltiplas OR (games OR robótica OR Scratch)* não retornaram com publicações. O formato booleano da *string* de busca que retornou com o maior número de artigos pertinentes e que foi utilizada

nesta pesquisa é: *lógica de programação OR inteligências múltiplas OR games OR robótica OR Scratch*. A partir da busca na literatura brasileira, retornaram-se 64 artigos, porém como o uso da *string* não garante que eles sejam relevantes em relação às questões desta pesquisa, foi realizada uma pré-análise para identificar os estudos que apresentam as palavras-chave no título ou no *abstract*, o que acabou resultando na seleção de 35 artigos (Tabela I).

ARTIGOS	RBIE	SBIE	CBIE	WIE	JAIE	TOTAL
VERIFICADOS	08	18	14	23	01	64
PRÉ-ANALISADOS	02	10	11	12	0	35

TABELA I. PESQUISA NO PORTAL DE PUBLICAÇÕES DA CEIE

Durante esta fase foi observado o quantitativo de publicação anual sobre o tema no portal de publicações da Comissão Especial de Informática (Fig.4). Analisando o gráfico, em 2017 foi encontrado nos anais do Workshop de Informática na Escola o maior número de publicações relativas ao tema, o que reflete a importância atual da temática em estudo.

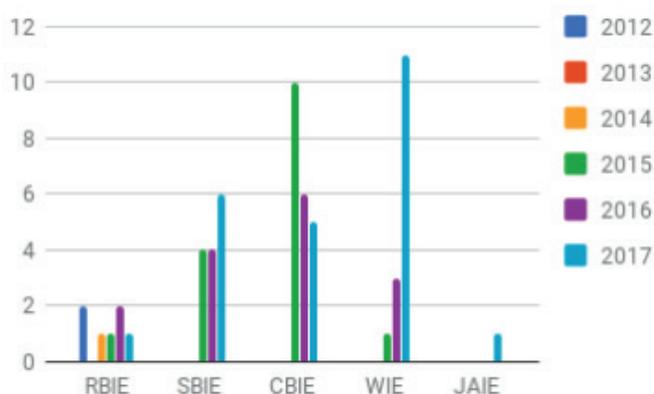


Fig.4. Publicações no portal da CEIE por ano

2.3 Aplicação dos critérios de inclusão e exclusão

Após a eliminação dos artigos que não continham as palavras-chave no título ou no *abstract* procedeu-se a leitura dos abstracts dos 35 selecionados. A análise dos artigos seguiu-se por meio dos critérios de inclusão e exclusão definidos no protocolo desta revisão sistemática, levando em consideração o ano de publicação, estratégias para o ensino de Programação, informações sobre o levantamento das Inteligências Múltiplas dos estudantes e que fossem artigos completos (Fig.5).

Critérios de inclusão

- I1- Trabalhos publicados entre 2012 e 2017
- I2- Trabalhos que definam estratégias para o ensino, mesmo que não se refiram às inteligências múltiplas
- I3- Trabalhos que apresentam métodos de estimulação das IM
- I4- Trabalhos que respondam às questões da pesquisa

Critérios de exclusão

- E1- Trabalhos que não foram publicados entre 2012 e 2017
- E2- Trabalhos que não considerem o aprendizado de LP
- E3- Trabalhos publicados como artigos curtos ou poster
- E4- Trabalhos que apresentam resultados, sem o método/técnica utilizados
- E5- Trabalhos duplicados

Fig.5. Critérios de inclusão e exclusão

3 | RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

A análise quantitativa do processo de seleção e a estratégia utilizada para a extração de dados e sumarização das informações permitem a obtenção dos dados relevantes para a pesquisa.

3.1 Análise quantitativa do processo de seleção

A aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foi realizada a partir da leitura do resumo e palavras-chaves, levando-se em consideração que foram publicados em periódicos bem avaliados e revisados por pares. Ao final desta etapa foram excluídos 15 artigos e selecionados 20, sendo 7 da WIE, 6 da CBIE e 7 da SBIE.

3.2 Estratégia quantitativa do processo de seleção

A avaliação da qualidade dos estudos primários é fundamental para validar o processo de inclusão e exclusão, assim como o registro das informações. Na fase de extração de dados foram lidos integralmente os 20 artigos, e para sistematizar o processo foi utilizado um formulário para extração dos dados sintetizados de forma a responder às questões da pesquisa. Para cada artigo selecionado foram extraídos os seguintes dados: local e ano de publicação, título, autor, hipótese avaliada, público-alvo, tamanho da amostra, métodos utilizados e resultados obtidos.

3.3 Análise do processo de seleção

A análise do processo de seleção permite uma reflexão sobre as três questões específicas que são o foco desta pesquisa.

3.3.1 Síntese relacionada à QP1

Em relação à primeira questão de pesquisa (QP1): “Quais técnicas são mais utilizadas no ensino de Programação: gamificação, robótica ou a linguagem de programação Scratch?” Considerando-se as publicações sobre o assunto, a linguagem

de programação Scratch foi a técnica mais utilizada no Ensino Fundamental, robótica no Médio e gamificação no Ensino Superior (Fig.6).

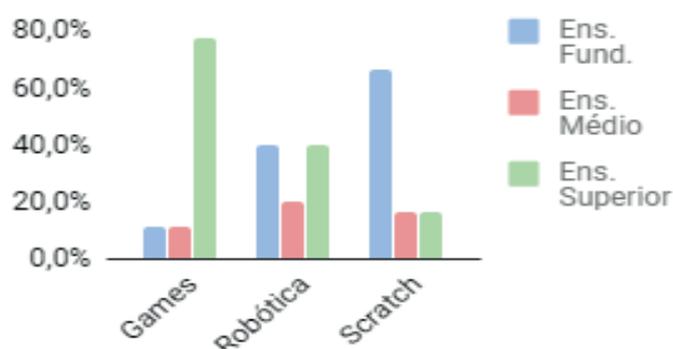


Fig.6. Técnicas mais utilizadas no ensino de LP

3.3.2 Síntese relacionada à QP2

Em relação à segunda questão de pesquisa (QP2): “Quais os resultados obtidos quando estas técnicas são utilizadas no aprendizado de Programação?” A linguagem de programação *Scratch*, inspirada nas ideias do Logo, foi criada pelo *Media Lab* do Instituto de Tecnologia de Massachussetts (MIT) para crianças a partir dos sete anos e possibilitou uma aproximação entre os conteúdos curriculares da disciplina Matemática com as tecnologias digitais, auxiliando o aprendizado de conceitos matemáticos e computacionais. Nos trabalhos considerados nesta pesquisa, a *Scratch* foi a mais utilizada no Ensino Fundamental (66,6%) e em todos os casos foram observados ganhos reais no aprendizado de Programação (Tabela II).

	AUTOR	OBJETIVO	RESULTADOS
1	Duarte, K.T.N.; Silveira, T.R.S.; Borges, M.A.F. (2017)	Ensinar LP através da ferramenta Scratch 2.0	Oficina de aprendizado interativo e lúdico permitiu a aprendizagem do aluno
2	Ribeiro, S.S.; Melo, A.M (2017)	Desenvolver o pensamento computacional e lógico utilizando o ambiente Scratch	Desenvolvimento de software por crianças, do raciocínio lógico e do pensamento computacional
3	Silva, G.T.; Souza, J.L.; Silva, L.A.M. (2016)	Auxiliar o aprendizado de LP através da ferramenta Scratch	Trabalho no laboratório permitiu aprendizado mais efetivo
4	Silva, J.L.; Gens, C.; Santos, C.P. (2017)	Auxiliar o aprendizado de LP através do jogo Play Code Dog	Ferramenta propiciou flexibilidade e criatividade aos alunos, mas há necessidade de capacitar os educadores
5	Aguiar, Y.Q.; Maciel, B. K.; Mattos, S.D.G.; Soares, L.B.; Oliveira, V.M. (2015)	Estimular o aprendizado de LP através de robótica : Kit Educativo LEGO <i>Mindstorms</i>	Curso instigou nos alunos uma nova forma de pensar auxiliando na Lógica de Programação e em avaliações que exijam pensamento lógico e abstrato

6	Martins, L.A.S.; Brelaz, A.S.; Nascimento, G.R.; Alfaia, R.M.; Martins, T.S. (2016)	Ensinar LP aplicada à robótica através de recursos lúdicos como jogos online, montagem de robôs e programação em blocos: Aplicativo <i>Scratch</i> , plataforma LEGO	Grande capacidade de abstração e resolução dos programas, dificuldade para entender os conceitos.
---	---	---	---

TABELA II. RESULTADOS NO ENSINO FUNDAMENTAL

No Ensino Médio observou-se uma discreta tendência no uso da robótica como ferramenta para auxiliar o estudante a construir uma lógica de raciocínio de forma simples, porém todas as ferramentas aplicadas contribuíram para a maior eficácia no aprendizado de Programação, sejam games, robótica ou *Scratch* (Tabela III).

	AUTOR	OBJETIVO	RESULTADOS
1	Leôncio, L.N.; Sousa, C.C.; Sousa, R.P. (2017)	Usar o MIT Applinventor no ensino de LP	A interface e a plataforma Android facilitam a prática da LP
2	Cambruzzi, E.; Souza, R.M. (2015)	Estimular o aprendizado de LP construindo, aplicando e avaliando Objetos de Aprendizagem baseados na robótica educativa	Contribuição para a aprendizagem de forma lúdica e interativa
3	Zanchett, G.A.; Vahldick, A.; Raabe.A. (2015)	Abordar LP a partir dos jogos de programar: <i>Code Combat</i> , <i>Light Bot</i> e <i>NoBug's Snack Bar</i>	Os jogos <i>Code Combat</i> e <i>Light Bot</i> se mostraram eficientes como facilitadores do aprendizado de LP
4	Oliveira, M.V.; Rodrigues, L.C.; Queiroga, A.P.G. (2016)	Auxiliar o aprendizado de LP através da ferramenta Scratch	Aprendizado facilitado de LP gerando confiança e desenvolvendo a criatividade

TABELA III. RESULTADOS NO ENSINO MÉDIO

No Ensino Superior, desenvolvimento de ambientes gamificados foram eficientes como facilitadores do aprendizado de Lógica de Programação, motivando os estudantes e permitindo o desenvolvimento do raciocínio lógico, da prática na codificação e da montagem de algoritmos (Tabela IV).

	AUTOR	OBJETIVO	RESULTADOS
1	Roberti JR, W.C.; Lavorato, A.S.; Lucarelli, D.C.; Machado, A.F.V. (2017)	Ensinar Lógica de Programação através do jogo <i>Defense of the Ancients 2</i>	Desenvolveu o interesse e auxiliou para firmar conceitos no aprendizado de Lógica de Programação
2	Moissa, B.; Santos, L.V.; Klock, A.C.T.; Gasparini, I.; Komczinski (2016)	Aplicar o modelo ADDIE em material para ensinar Lógica de Programação	Curso bem avaliado e facilitador do aprendizado do aluno
3	Rhenns, C.L.; Raabe, A.L.A.; Santana,A. (2016)	Trabalhar os conceitos de matemática preliminar e raciocínio lógico através do jogo <i>Ninja Prog</i>	Melhora na resolução de problemas de raciocínio lógico e matemática através do jogo de ação

4	Gomes, M.S.; Amaral, E.M.H. (2016)	Utilizar ferramenta para simplificar a depuração de códigos em C	Dificuldade dos alunos amenizada com a ferramenta C fácil
5	Carvalho, R.; Rosa, P.; Machado, J.V.; Ribeiro Jr, J.G.; Costa, G. (2015)	Utilizar um aplicativo e um <i>hardware</i> para facilitar o aprendizado de uma lógica de raciocínio	Ferramenta facilitou o aprendizado de Lógica de Programação
6	Galdino, C.B.T.; Silva Neto, S.R.; Costa, E.B. (2015)	Ensinar Lógica de Programação através do jogo <i>Kid Coder</i>	Ferramenta permitiu praticar codificação e montagem de algoritmos
7	Nagano, L. (2016)	Ensinar Lógica de Programação baseado na indução-dedução através de exemplos	Método facilita a aprendizagem de Lógica de Programação
8	Souza, M.S.C.; Costa, F.A.M.; Silva, V.L.; Terra, D.C. (2016)	Utilizar o jogo <i>Lord of Code (LoC)</i>	Ferramenta auxilia na sintaxe de programação
9	Barbosa, B.; Silva, S.; Sousa, B. (2017)	Ensinar Lógica de Programação através do jogo eletrônico Tri-Logic	Ambiente de apoio Facilitador aliando jogo com técnicas de mineração de dados
10	Tabuti, L.M.; Nakamura, R. (2015)	Coletar dados sobre os jogos digitais de Lógica	Estudos que definem estes métodos necessitam ser mais explorados

TABELA IV. RESULTADOS NO ENSINO SUPERIOR

3.3.3 Síntese relacionada à QP3

Em relação à terceira questão de pesquisa (QP3): “As técnicas foram escolhidas baseadas no conhecimento prévio das inteligências múltiplas dos estudantes?” A partir da busca realizada não foi encontrado nenhum trabalho que discutisse ou levantasse a temática da necessidade do conhecimento prévio das Inteligências Múltiplas dos estudantes como ponto de partida para definir qual a melhor técnica de ensino de programação a ser implementada à sua clientela.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão sistemática é possível ter uma visão do estado da arte das técnicas que visam a melhoria do ensino-aprendizagem de Programação. Analisando o material extraído é possível obter informações importantes sobre as ferramentas que são utilizadas, sendo possível constatar que os conceitos de lógica são inseridos a partir do Ensino Fundamental I, porém a maioria das pesquisas foram desenvolvidas no ensino superior, conforme mostra a Fig. 7.

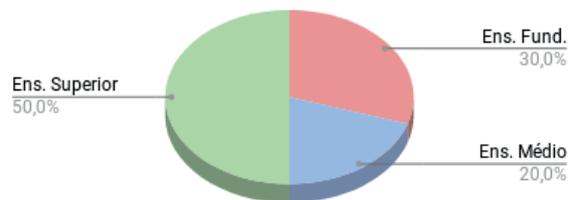


Fig.7. Público alvo das publicações

Os resultados dos artigos foram demonstrados a partir da observação dos grupos focais e testes de avaliação. Quanto às estratégias utilizadas como facilitadoras da aprendizagem de Programação há uma tendência no uso de *games* e a ferramenta *Scratch* (Fig. 8).

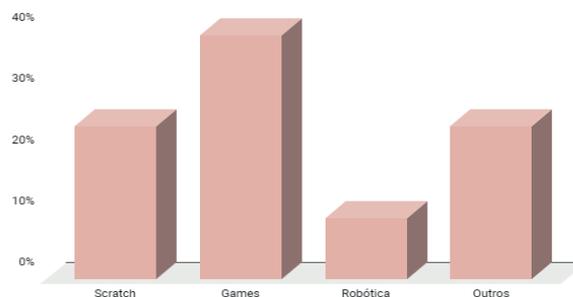


Fig. 8. Estratégias utilizadas no ensino de Programação

Os *games* são ferramentas que aumentam a motivação e o interesse dos estudantes, e há indícios de melhora no desempenho e redução na evasão, quando usados no apoio ao ensino da programação no ensino superior. A ferramenta *Scratch* pode ser aplicada em diferentes níveis de escolaridade e propicia que os conteúdos produzidos sejam socializados. Os trabalhos demonstram que há um interesse crescente em iniciar o ensino de programação a partir do ensino fundamental e que novas metodologias, técnicas e ferramentas tecnológicas têm sido desenvolvidas e testadas por docentes e pesquisadores. Com o mapeamento das técnicas utilizadas no processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Programação foi verificado que todas apresentam potencial para influenciar positivamente o desempenho dos estudantes, porém não foi encontrada nenhuma evidência sobre o prévio mapeamento das inteligências múltiplas dos grupos focais em relação às estratégias de ensino escolhidas. Considerando que cada pessoa tem um modo particular de se apropriar do conhecimento, para potencializar os resultados do processo de ensino-aprendizagem é necessário investigar todas as competências intelectuais ou inteligências nos estudantes, como elas interagem ou podem ser estimuladas e propor atividades que estimulem as mais desenvolvidas (Gardner, 1999). Cataldi e Lage (2010) ressaltam que ao considerar a multiplicidade das inteligências é

possível reconhecer diferentes habilidades e talentos dos estudantes e viabilizar rotas de aprendizagem personalizadas. A finalização desta pesquisa abre espaço para novas investigações quanto ao desenvolvimento de mecanismos apropriados de inovação tecnológica que facilitem o aprendizado dos estudantes com maior dificuldade em programação, por meio de uma real construção do conhecimento, e do desenvolvimento de técnicas variadas, a partir do conhecimento das Inteligências Múltiplas dos estudantes, que possibilitem melhores resultados no ensino da programação.

REFERÊNCIAS

BERRY, Miles. **Computing in the national curriculum: A guide for primary teachers**. Computing at school, 2013.

BIOLCHINI, Jorge et al. **Systematic review in software engineering**. System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.

CATALDI, Z.; LAGE, F. J. **Modelado del estudiante en sistemas tutores inteligentes**. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, n. 5, p. p. 29-38, 1 jul. 2010.

DE-LA-TORRE-UGARTE, Mônica Cecilia et al. **Revisão sistemática: noções gerais**. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011.

DYBA, Tore; DINGSOYR, Torgeir; HANSSSEN, Geir K. **Applying systematic reviews to diverse study types: An experience report**. In: First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2007). IEEE, 2007. p. 225-234.

GARDNER, Howard. **Inteligência um conceito reformulado**. Editora Objetiva, 1999.

KITCHENHAM, Barbara. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

Let's Code Academy. Disponível em: <<http://letscode-academy.com>>.

Madcode. Disponível em: <<http://madecode.com.br>>.

MAIA, Lady Daiana O. et al. **A Robótica como Ambiente de Programação Utilizando o Kit Lego Mindstorms**. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE. 2008.

PEREIRA JÚNIOR, J. C. R.; RAPKIEWICZ, C. E. **O Processo de Ensino e Aprendizagem de Algoritmos e Programação: uma visão crítica da literatura**. In: III Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais, WEIMIG. 2004.

Plataforma Code.org. Disponível em: <http://br.code.org>.

Portal de Publicações da CEIE. Disponível em: www.br-ie.org/pub/index.php/index.

PRIETCH, Soraia Silva; PAZETO, Tatiana Annoni. **Estudo sobre a Evasão em um Curso de Licenciatura em Informática e Considerações para Melhorias**. WEIBASE, Maceió/AL, 2010.

RAABE, André Luís Alice; SILVA, JMC da. **Um ambiente para atendimento as dificuldades de**

aprendizagem de algoritmos. In: XIII Workshop de Educação em Computação (WEI'2005). São Leopoldo, RS, Brasil. 2005.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andrucio de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. **The PICO strategy for the research question construction and evidence search.** Revista latino-americana de enfermagem, v. 15, n. 3, p. 508-511, 2007.

Scratch. Disponível em: <<http://www.scratchbrasil.net.br/index.php/sobre-o-scratch.html>>.

WALTER, Silvana Anita *et al.* **Similaridades e divergências no desenvolvimento das inteligências múltiplas de um curso de ciências contábeis: um comparativo entre cursos, turmas e gêneros.** RBGN: Revista Brasileira de Gestão de Negócios, v. 11, n. 31, p. 134-151, 2009.

ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Carlos Vinícius Machado Miranda

Universidade Federal do Pará - UFPA, Faculdade de Química.

Belém – Pará

Railda Neyva Moreira Araújo Cabral

Escola Estadual de Ensino Médio Agostinho Moraes de Oliveira

Inhangapi – Pará

Luely Oliveira da Silva

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

Marivaldo José Costa Corrêa

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

Manoel Leão Lopes Junior

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

Lourivaldo Silva Santos

Universidade Federal do Pará - UFPA, Programa de Pós-Graduação em Química.

Belém – Pará

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo o estudo da fração ácida do óleo de copaíba utilizado na medicina tradicional pela população amazônica para o tratamento de diversas enfermidades, como: gonorréia, bronquite, dores em geral, lesão, blenorragia, leucorréia, psoríase, “catarro da bexiga”, feridas, asma, antisséptico para feridas, úlceras de pele, corrimento vaginal, problema ovariano, infecções uterinas, inflamações gerais, câncer e leishmaniose. O óleo é extraído do caule de plantas do gênero *Copaifera* e vendido em feiras e mercados da região norte. O óleo de copaíba (600 g) foi tratado com uma solução aquosa de NaOH 5% e a solução resultante foi extraída com acetato de etila. A fase aquosa básica foi acidificada com HCl até pH=2 e extraída com acetato de etila, que após processamento forneceu 48,0 g de fração ácida, rica em ácido copálico, observado pelas análises dos cromatogramas de CG e de CG/EM.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo de copaíba, *Copaifera*, ácido copálico.

STUDY OF THE ACID FRACTION OF COPAÍBA OIL

ABSTRACT: This work aimed to study the acid fraction of copaíba oil used in traditional medicine by the Amazon people to treat

several diseases, such as: gonorrhoea, bronchitis, pains in general, back pain, injury, blennorrhagia, leucorrhoea, psoriasis, “catarro da bexiga”, wounds, asthma, as an antiseptic for wounds, skin ulcers, aching joints, ovarian cysts, uterine myoma, weak uterus, vaginal discharge, ovarian problem, ulcers, sore throat, uterine infections, general inflammations, cancer, and leishmanioses. The oil is extracted from the stem of *Copaifera* genus plants and sold at fairs and markets in the northern region. The copaiba oil (600 g) was treated with a 5% aqueous NaOH solution and the resulting solution was extracted with ethyl acetate. The basic aqueous phase was acidified with HCl to pH = 2 and extracted with ethyl acetate, which after processing provided 48.0 g of acidic fraction, rich in copalic acid, observed by analyses of GC and GC / MS chromatograms.

KEYWORDS: Copaíba oil, *Copaifera*, copalic acid.

1 | INTRODUÇÃO

As árvores do gênero *Copaifera*, pertencente à família Leguminosae Juss. subfamília Caesalpinoideae Kunth, são nativas da região da América Latina, e encontradas na região que se estende do México ao norte da Argentina, e na África Ocidental (ALENCAR, 1982). No Brasil são encontradas facilmente na região Amazônica, que compreende uma grande diversidade de espécies, e Centro-oeste (ALENCAR, 1982; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). Segundo o Index Kewensis (1996), existem 72 espécies descritas, sendo 16 delas encontradas exclusivamente no Brasil (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).

A copaíba, *Copaifera* sp., é uma árvore de grande porte, podendo alcançar 40 metros de altura, 4 metros de diâmetro e pode viver até 400 anos (ALENCAR, 1982; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002). As copaibeiras são adaptadas aos mais diferentes ambientes, desde florestas de terra firme, terras alagadas, margens inundáveis dos rios e igarapés, margens arenosas de lagos, até as matas de cerrado da região central do Brasil (ALENCAR, 1982).

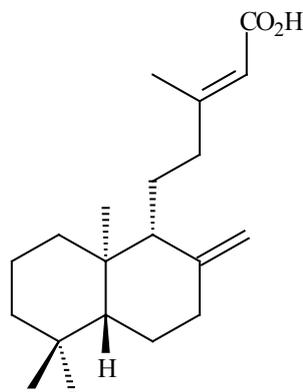
A oleorresina de copaíba é amplamente utilizada como medicamento popular, através de administração tópica e oral. Tem várias indicações etnofarmacológicas, incluindo: gonorréia, bronquite, dores em geral, dor nas costas, lesão, blenorragia, leucorréia, psoríase, “catarro da bexiga”, feridas, asma, antisséptico para feridas, úlceras de pele, dor nas articulações, ovário cistos, mioma uterino, útero fraco, corrimento vaginal, problema ovariano, úlceras, dor de garganta, infecções uterinas, inflamações gerais, como tônico e para tratar úlceras e outras doenças digestivas, e câncer e leishmaniose (LEANDRO *et al.*, 2012).

Muitos estudos foram realizados para confirmar cientificamente essas propriedades e validar o uso disseminado dessa oleorresina e suas diversas atividades farmacológicas. Apesar dos muitos trabalhos publicados, alguns dos dados sobre a composição química e atividade farmacológica da oleorresina da

copaíba permanecem contraditórios (LEANDRO *et al.*, 2012).

O óleo das copaibeiras é encontrado em pequenas bolsas distribuídas nas folhas e no xilema primário, e a secreção ocorre em canais secretores presentes em todas as partes da planta (ALENCAR, 1982; MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONS; BENETATI, 2001). Estes canais chamados de canais esquizógenos são formados pela dilatação de espaços intercelulares, chamados meatos, que se intercomunicam no meristema (MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONSO; BENETATI, 2001). Esses canais são organizados na posição vertical e interconectados, de tal forma, que o óleo drena quando um deles é perfurado, possibilitando sua extração (ALENCAR, 1982; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; RIGAMONTE-AZEVEDO; SALVADOR-WADT; OLIVEIRA-WADT, 2004; MARCATI; ANGYALOSSY-ALFONSO; BENETATI, 2001). O termo correto para designar este óleo é óleo-resina de copaíba, já que ele é um exudato composto por ácidos resinosos e compostos voláteis (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).

Estudos fitoquímicos demonstraram que os óleos de copaíba são misturas de sesquiterpenos e diterpenos, sendo o ácido copálico (1) e os sesquiterpenos β -cariofileno e α -copaeno, os principais componentes do óleo (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002).



Ácido copálico (1)

Figura 1. Estrutura do ácido copálico (1)

Em um estudo realizado por VEIGA JUNIOR *et al.*, para verificar a autenticidade de 16 óleos de copaíba comerciais, por cromatografia gasosa de alta resolução, foi constatado que o ácido copálico foi o único composto detectado em todos os óleos estudados, indicando, portanto, ser um biomarcador para o gênero *Copaifera*. Constataram ainda que, nos óleos autênticos de copaíba a quantidade máxima de diterpenos encontrados foram nove diterpenos (VEIGA JUNIOR; PATITUCCI; PINTO, 1997). Assim, neste trabalho estudamos a fração ácida do óleo de copaíba adquirido em uma feira de Belém-PA, visando posterior aplicação em ensaios antiinflamatórios.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

- Câmara de análise de fluorescência por luz ultravioleta: Cabine e luz SPECTROLINE, modelos CM-10/ ENF-260C, para visualização de CCDC (Cromatografia em Camada Delgada Comparativa).
- Câmara de UV.
- Frascos de Erlenmeyer com volumes variáveis.
- Espátulas de alumínio, garras de fixação, aros e vidrinhos para coleta de material.
- Os solventes utilizados para extração foram solventes de grau P.A. (SYNTH, NUCLEAR, TEDIA).
- Funil de decantação.
- Placas de sílica gel.

2.2 Métodos

Coleta do material

O óleo de copaíba (600 mL) foi obtido em feira livre, no Mercado do Ver-o-peso em Belém-Pará.

Extração ácido-base da oleorresina de copaíba

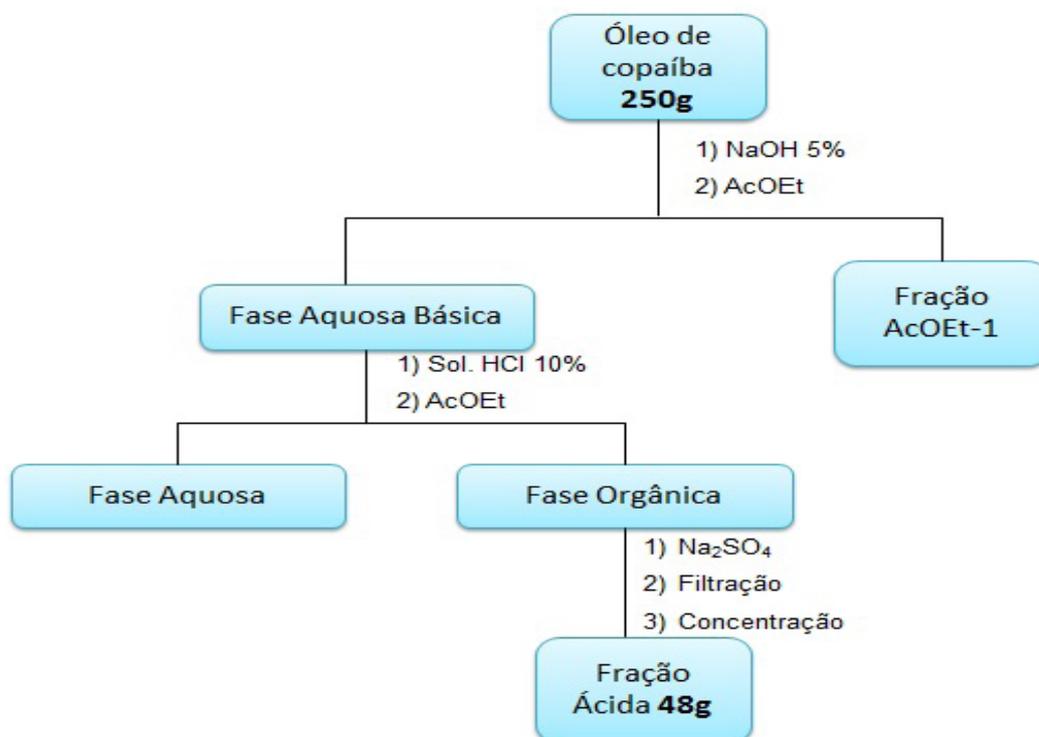
Em 250 g do óleo de copaíba foram adicionados 600 mL de solução aquosa de NaOH 5%. A solução resultante foi extraída com acetato de etila (4 x 200 mL), gerando a fase acetato de etila-1 (fração neutra). A fase aquosa foi acidificada com HCl até pH=2, e extraída com acetato de etila (4 x 200 mL), que após serem combinadas foram secadas com Na₂SO₄ anidro, filtrada e a solução resultante concentrada em evaporador rotativo, fornecendo 48,0 g de fração ácida, rica em ácido copálico.

A fração neutra, resultante da primeira extração com acetato de etila, foi lavada com H₂O (3 x 200 mL), secada com Na₂SO₄ anidro, filtrada e concentrada em evaporador rotativo, fornecendo 119,0 g de fração neutra, que não foi estudada.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo de copaíba foi submetido à extração ácido-base com solução aquosa de NaOH a 5%, e em seguida extração com acetato de etila fornecendo a Fração acetato de etila-1 (Fração AcOEt-1 neutra), que não foi trabalhada, e uma fração aquosa básica que foi acidificada com solução de HCl 10% e extraída com acetato

de etila fornecendo a Fração ácida, conforme o fluxograma 1. O tratamento do óleo com a solução de NaOH 5% transforma os ácidos presentes no óleo em seus respectivos sais de sódio, que após acidificação com solução de HCl regenera os ácidos presentes na amostra.



Fluxograma 1: Extração ácido-base da oleorresina de copaíba.

A fração ácida da oleorresina de copaíba foi analisada por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM), e a composição foi definida pela comparação com a biblioteca de espectros de massas do aparelho. Na Figura 2 é mostrado o cromatograma dessa fração. Foram identificados os ácidos hexadecanóico, linoleico, oleico, 11,14-eicosadienóico e ácido copálico.



Figura 2. Cromatograma da fração ácida da oleorresina de copaíba.

A Tabela 1 fornece os tempos de retenção dos ácidos que foram identificados, bem como seus percentuais (%) contidos na amostra analisada medida pela área do pico no cromatograma. Não foi possível identificar outros diterpenos ácidos minoritários na fração ácida. Provavelmente eles estejam - “envelopados” na faixa de tempo de retenção de 55,00-60,00 min.

Ácidos identificados	Tempo de retenção (min)	Concentração (%)
Ácido hexadecanóico	46,64	3,80%
Ácido linoléico	52,30	12,81%
Ácido oleico	52,44	9,66%
Ácido 11,14 eicosadienóico	56,88	2,42%
Ni*	58,21	1,55%
Ácido copálico	58,79	31,52%

Tabela 1 - Tempo de retenção e composição dos ácidos identificados na fração ácida do óleo de Copaíba.

* Não identificado

O espectro de massas do ácido copálico (Figura 3) obtido por CG/EM e comparado com a biblioteca do aparelho, apresenta o pico do íon molecular $[M]^+$ 304(3), que está de acordo com a fórmula molecular $C_{20}H_{32}O_2$ do ácido copálico.

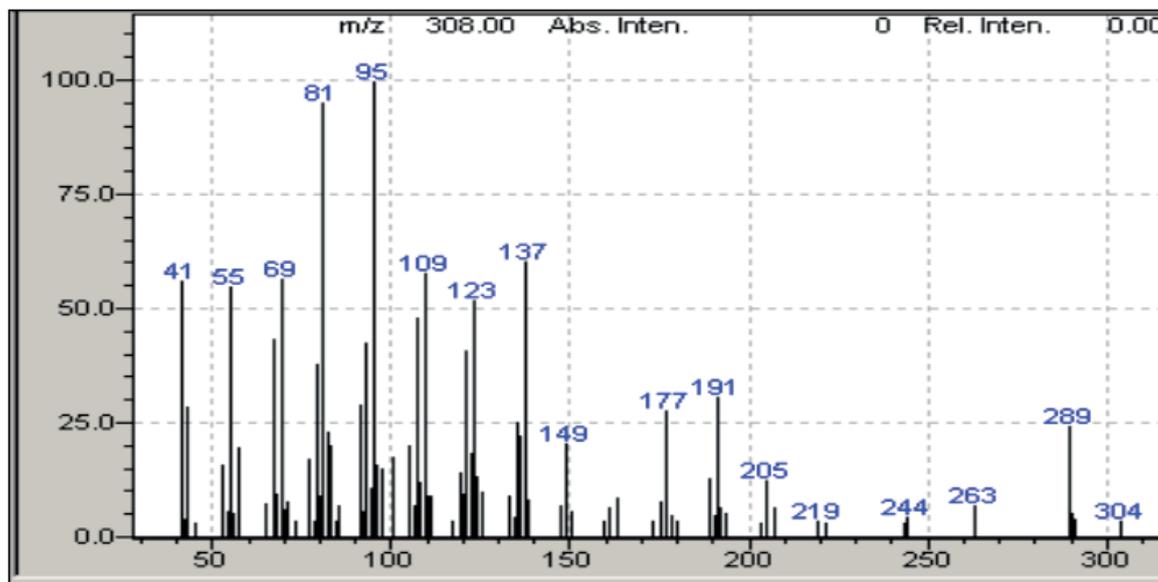


Figura 3. Espectro de massas do ácido copálico.

4 | CONCLUSÃO

O presente estudo visou analisar a composição química da fração ácida obtida do óleo de copaíba comercializado em feira livre de Belém do Pará, que é utilizado pela população, principalmente no tratamento de diversas inflamações. O ácido copálico foi isolado como o componente majoritário da fração ácida, e este trabalho abre perspectivas para um estudo farmacológico com esta fração.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U.P.; MEDEIROS, P.M.; ALMEIDA, A.L.S.; MONTEIRO, J.M.; LINS NETO, E.M.F.; MELO, J.G.; SANTOS, J.P. **Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 114, p. 325–354, 2007.
- ALENCAR, J.C. **Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae, na Amazônia Central. 2 - Produção de óleo-resina.** *Acta Amazônica*. v.12, n.1, p.75-89, jan./mar. de 1982.
- BRANDÃO, M.G.L.; ZANETTI, N.N.S.; OLIVEIRA, P.; GRAEL, C.F.F.; SANTOS, A.C.P.; MONTE-MÓR, R.L.M. **Brazilian medicinal plants described by 19th century European naturalists and in the Official Pharmacopoeia.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 120, p. 141–148, 2008.
- CALDERON, L. A.; SILVA-JARDIM, I.; ZULIANI, J. P.; SILVA, A. A.; CIANCAGLINI, P.; SILVA, L.H.P.; STÁBELI, R.G. **Amazonian biodiversity: A view of drug development for Leishmaniasis and malaria.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 1011–1023, 2009.

CABRAL, R. N. M. de A. **Síntese e simulação computacional de nanocarreadores de princípios ativos da Amazônia para liberação controlada**. Tese (Doutorado em Química) Programa de Pós-Graduação em Química. Belém: Universidade Federal do Pará, 2018.

COELHO-FERREIRA, M. **Medicinal knowledge and plant utilization in an Amazonian coastal community of Marudá, Pará State (Brazil)**. Journal of Ethnopharmacology, v. 126, p.159–175, 2009.

DESMARCHELIER, C.; GURNI, A.; CICCIA, G.; GIULIETTI, A.M. **Ritual and medicinal plants of the Ese'ejas of the Amazonian rainforest (Madre de Dios, Perú)**. Journal of Ethnopharmacology, v. 52, p. 45–51, 1996.

HECK, M. C; VIANA, L. Á; VICENTINI, V. E. P. **IMPORTÂNCIA DO ÓLEO DE *Copaifera* sp. (COPÁIBA)**. SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.7, n.1, p.82-90, jan./abr., 2012.

LEANDRO, M. L.; VARGAS, F. DE S.; BARBOSA, P. C. S.; NEVES, J. K. O.; DA SILVA, J. A.; DA VEIGA-JUNIOR, V. F. **Chemistry and Biological Activities of Terpenoids from Copaiba (*Copaifera* spp.) Oleoresins**. Molecules, v.17, p. 3866-3889, 2012.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. **Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae) de floresta e cerrado**. Revista Brasileira de Botânica. v.24, n.3, p.311-20, set. de 2001.

Mello, J.F. **Plants in traditional medicine in Brazil**. Journal of Ethnopharmacology, v. 2, p. 49–55, 1980.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O.C.; SALVADOR-WADT, P.G.; OLIVEIRA-WADT, L.H. **Copaíba: Ecologia e Produção de óleo-resina**. 1.ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 28 p, 2004.

SANZ-BISET, J.; CANIGUERAL, S. **Plant use in the medicinal practices known as “strict diets” in Chazuta valley (Peruvian Amazon)**. Journal of Ethnopharmacology, v.137, p. 271–288, 2011.

SANZ-BISET, J.; CAMPOS-DE-LA-CRUZ, J.; EPIQUIÉN-RIVERA, M.A.; CAÑIGUERAL, S. **A first survey on the medicinal plants of the Chazuta valley (Peruvian Amazon)**. Journal of Ethnopharmacology, v.122, p. 333–362, 2009.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PATITUCCI, M.L.; PINTO, A.C. **Controle de autenticidade de óleos de copaíba comerciais por cromatografia gasosa de alta resolução**. Química Nova. v. 20, n.6, p.612-15, nov./dez. de 1997.

VEIGA JUNIOR, V.F.; PINTO, A.C. **O gênero *Copaifera* L.** Química Nova. v. 25, n.2, p.273-86, mar./abr. 2002.

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Weverton Pereira do Sacramento
Maria de Lourdes de Oliveira
Luana Leite Ferreira
Robson Wotikowski Guedes

RESUMO: A presente pesquisa tem por objetivo verificar a viabilidade técnica do reaproveitamento do estéril da lavra de rocha ornamental como agregado para a construção civil. Para tanto, verificou-se se o estéril atende às exigências das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT que dispõe sobre as características físicas e químicas necessárias aos agregados para o uso e aplicação na construção civil. Isso porque a mineração é uma atividade antrópica que causa impactos ambientais, relevantes como a geração de resíduos de várias granulometrias. Estes resíduos têm sido dispostos no meio ambiente na forma de aterros e bota-foras descartando material que pode ser usado como agregado para construção civil. Neste sentido, os resultados da pesquisa indicaram a possibilidade de que o material atualmente tratado como passivo ambiental se torne um subproduto da exploração de rochas ornamentais amenizando desta forma tanto os impactos ambientais causados pela geração de grande quantidade de estéreis dispostos no meio ambiente quanto

diminuindo a necessidade de exploração de novas áreas para geração de agregados para a construção civil. Apresentamos os resultados das análises técnicas do material descartado por uma mineradora de rochas ornamentais chamado branco primata que apresenta a seguinte composição mineralógica: 33% de quartzo, 25% de plagioclásio, 20% de feldspato alcalino, 12% de biotita, 7% de granada e 3% de sillimanita. As análises físico-químicas como desgaste, abrasão, resistência à compressão em fase de execução laboratorial indicam até o momento pela possível viabilidade do uso como agregado para a construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: mineração, estéril, reaproveitamento.

STUDY OF TECHNICAL FEASIBILITY OF THE REPRODUCTION OF STERILE ORNAMENTAL ROCKS AS ADDED TO CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT: This research aims to verify the technical feasibility of sterile reuse of ornamental rock mining as aggregate for construction. Therefore, it was necessary to make the sterile technical analysis available in order to verify whether it meets the requirements of the technical standards of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT which provides

for the physical and chemical characteristics necessary to aggregates for use and application in construction. This is because mining is a human activity that causes environmental impacts, relevant as the waste generation in various grain sizes. This waste has been discharged into the environment in the form of landfills and bootforces that demand it as well as areas for the provision of sterile discarded material that can be used as aggregate for construction. In this sense, the survey results indicated the possibility that the currently treated as environmental liabilities material to become a byproduct of ornamental stone exploitation softening this way both the environmental impacts caused by the generation of large numbers of willing sterile the environment as decreasing need for exploitation of new areas for generating aggregates for the construction industry. The results presented in the technical analysis of the material discarded by an ornamental stone miner called the primate white that presents the following mineralogical composition: 33% quartz, 25% plagioclase, 20% alkali feldspar, biotite 12%, 7% and 3% grenade of sillimanite. The physico-chemical analysis such as wear, abrasion, compressive strength in laboratory implementation phase indicate so far the possible feasibility of using as aggregate for construction.

KEYWORDS: mining, sterile, reuse.

1 | INTRODUÇÃO

O presente texto foi apresentado como comunicação oral no IX Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste em 2016 relata os resultados da pesquisa realizada com o granito de composição mineralógica: 33% de quartzo, 25% de plagioclásio, 20% de feldspato alcalino, 12% de biotita, 7% de granada e 3% de sillimanita, chamado comercialmente de branco primata para utilizá-lo como agregado médio e miúdo na construção civil. Extraído na região noroeste do Espírito Santo, na zona rural de Nova Venécia com a finalidade de produzir blocos e chapas para uso como rocha ornamental possui produção média anual de 6.187 m³. O aproveitamento nas lavras de rochas ornamentais varia de acordo com a formação geológica, características macro e microscópicas, geomorfológicas, homogeneidade do material lavrado e do tipo de lavra. Num levantamento amostral e aleatório apurou-se aproveitamentos de 10%, 42% e 73%, respectivamente em materiais branco, amarelo e cinza. No caso em estudo o aproveitamento medido em 2015 foi de 48,73% gerando em média 3.172,07 m³ de estéril, material que sobra após a seleção e o corte dos blocos comercializáveis, ou seja, 8.421,86 toneladas de material granítico tratado como estéril da lavra de rocha ornamental que é descartado como inservível e realocado na natureza. Segundo Menezes e Sampaio (2012), considerando apenas a região noroeste do Espírito Santo há 200 minas cadastradas em atividade e dados da ABIROCHAS (2012) mostram que o volume de produção de rocha granítica no Brasil naquele ano foi de 4,6 milhões de toneladas e somente o Espírito Santo exportou 1.512.687,78 toneladas estimando que um volume semelhante de material vem

sendo descartado o aproveitamento destas rochas como agregado para construção civil pode representar em torno de 2% da demanda nacional por brita considerando a produção de 2010 que segundo o IBRAM foi de 184 milhões de toneladas. As vantagens econômicas e ambientais são consideráveis, pois pode-se obter uma brita com menor custo por ser produzida como um subproduto de rochas ornamentais economizando com o processo de perfuração e desmonte por explosivos requerendo investimentos nos processos de britagem e peneiramento. Ambientalmente elimina-se parte da intervenção sobre áreas usadas para alocar este material que por sua vez requer a movimentação de grandes quantidades de terra para preparação da área para revegetação.

Cavalcante et. al. (2003) ressalta a importância do aproveitamento dos rejeitos de lavras de granito para confecção dos diversos insumos de rochas de emprego imediato pela construção civil, na forma de alicerce, muro de arrimo, paralelepípedos, pedra tosca para calçamentos, cascalho para aterros, britas de pós, de modo a criar uma fonte de renda mínima com agregação de valor ao material extraído. Os agregados são os recursos minerais mais importantes usados na indústria da construção civil. O concreto, em média, contém 42% de brita, 40% de areia, 10% de cimento, 7% de água e 1% de aditivos químicos por metro cúbico. Sendo o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água. Desta forma, a utilização do estéril como brita para a construção civil não elimina a necessidade de existir pedreiras com atividade específica para a produção de agregados (britas), mas pode se tornar uma condicionante para as pedreiras de rochas ornamentais na medida em que transforma o estéril em um subproduto evitando o descarte na natureza e os impactos ambientais advindos desta prática.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A atividade mineral de exploração de rochas ornamentais na região norte e noroeste do Estado foi intensificada a partir da década de 1980 quando cresceu a demanda internacional por rochas graníticas devido à diversidade cromática e a maior resistência do que os mármore, como a região possui amplas reservas destes materiais foram sendo criados polos de produção que tiveram significativo avanço a partir de 1990, quando seguindo a tendência mundial passaram a adotar o fio diamantado como principal recurso da lavra. Desde então vem apresentando sucessivas taxas de crescimento da produção fácil deduzir que proporcionalmente vem crescendo a quantidade de material descartado e os impactos ambientais causados tanto pelo estéril da lavra de rochas ornamentais como pela necessidade de abertura de minas para fornecimento de agregados para construção civil que também vem crescendo a demanda ano após ano. Neste sentido, indicar a possibilidade de uso para este material é de significativa relevância tanto para a mineração e construção civil quanto para o meio ambiente. Na presente pesquisa

verificou-se o comportamento físico do concreto produzido com a brita até então descartada como insensível.

2.1 Agregados

Bauer (2008) afirma que: “agregado é o material particulado, não coesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.” Os agregados classificam-se segundo a origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente. Segundo a origem são: naturais - os que já se encontram em forma particulada na natureza areia e cascalho; e, industrializados - os que têm sua composição particulada obtida por processos industriais. Nestes casos, a matéria-prima pode ser: rocha, escória de alto-forno e argila. E segundo as dimensões das partículas: miúdo: areias – $0,075\text{mm} < d < 4,8\text{mm}$; e, gráudo – cascalhos e britas – $4,8\text{mm} < d < 152\text{mm}$.

3 | PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

A metodologia adotada para verificar a adequação da brita produzida a partir do estéril do granito branco primata foi comparar a resistência à compressão de quatro corpos de prova feitos com essa brita, em análise, com quatro corpos de prova feitos com brita adquirida no comércio da região nas mesmas condições laboratoriais e atendendo às especificações das NBR's NM12 e NM248. Para a produção dos oito corpos de prova foram utilizados 109,71 kg de brita do branco primata e 111,76 kg da brita comercial, mantendo-se volume constante de $0,041\text{ m}^3$. A britagem foi realizada com o britador de mandíbulas BM120080 que possui abertura de alimentação de $89 \times 127\text{ mm}$. Foram realizadas cinco britagens com duração média 4 minutos e 32 segundos suficiente para britar em média 20 kg de granito branco primata de cada vez. A britagem foi inicialmente alimentada com 109,71 kg e ao final obteve-se 108,93 kg de material britado com perda de 0,71% ou 780 g. Todo o material britado seguiu para o quarteamento. O ensaio de quarteamento foi realizado no laboratório de Tratamento de Minérios do Campus Nova Venécia – IFES, utilizando o quarteador mecânico do tipo Jones de 18 canais com largura de 20 mm cada canal. Na homogeneização produziu-se 8 amostras com aproximadamente 13,61 kg cada. Todo o material quarteado separado em amostras seguiu para o peneiramento. O ensaio de peneiramento no laboratório de tratamentos de minérios foi coloca em uma sequência de peneiras com as seguintes dimensões granulométricas 19mm; 9,5mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 600#; 300#; 150#; <150#. A tabela 1 mostra a quantidade e o percentual de material obtido em cada granulometria.

PENEIRAS (mm/#)	PESO ACUMULADO (kg)	RETIDA SIMPLES (%)	RETIDA ACUMULADA (%)	PASSANTE (%)
9,519	51,34	47,13%	48,81%	51,19%
4,75	27,93	25,64%	74,45%	25,55%
2,36	7,99	7,34%	81,79%	18,21%
1,18	5,98	5,49%	87,28%	12,72%
#600	3,93	3,61%	90,89%	9,11%
#300	3,84	3,53%	94,42%	5,58%
#150	2,79	2,56%	96,98%	3,02%
< 150	3,20	2,94%	99,92%	0,08%
TOTAL	108,83	99,92%	*	*
PERDA	0,10	*	*	*

Tabela 1. análise granulométrica

Como pode ser observado na tabela 1 em torno de 80,11% do material gera brita 1 que é entre as britas a mais usada na construção civil.

3.2 Produção dos corpos de prova

No laboratório de concreto do Campus Nova Venécia – IFES, a betoneira foi inicialmente primada com o mesmo traço para evitar perda de material e desgaste por abrasão do revestimento da betoneira a partir do atrito com a brita causado pela movimentação circular da mesma. O traço foi constituído de 1,5 lata de areia, 20 litros, com umidade em torno de 5,5%, 1,5 lata de brita 1, 20 litros, 12,5 kg de cimento e 6,25 kg de água que devido à temperatura no laboratório na hora do experimento ter variado em torno dos 34°C foi necessário a adição de mais 1,5 kg de água para se obter um concreto em ponto adequado. Após 10 minutos do material sendo preparado na betoneira o concreto foi virado em recipiente adequado e se procedeu o preenchimento dos cilindros para produção dos corpos de prova. Uma das medidas adotadas para controle de qualidade dos corpos de prova foi a medição com paquímetro da circunferência e o não transporte dos mesmos pelo tempo estabelecido nas NBR's 5738:2008 e 5739:2007.

4 | RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Tensão – deformação

O grau segundo uma estrutura se deforma depende da intensidade da tensão

que é imposta, $\sigma = E \times \varepsilon$, onde σ = tensão, $E = e \varepsilon$ = elasticidade). O processo de deformação no qual a tensão e a deformação são proporcionais é chamada de deformação elástica. Existem alguns materiais, como o concreto, por exemplo, para os quais esta porção elástica da curva tensão-deformação não é linear. Para este comportamento não-linear utiliza-se normalmente um módulo tangente ou secante para a deformação do módulo de E. O gráfico 1 mostra o comportamento não-linear do concreto.

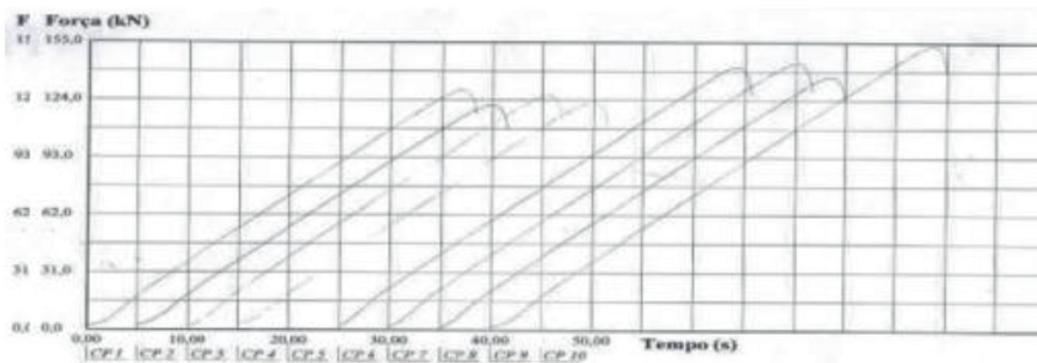


Gráfico 1: Força pelo tempo

A partir do comportamento da tensão-deformação algumas propriedades mecânicas do material podem ser obtidas como módulo de elasticidade e carga máxima aplicada. Sabe-se que a porosidade do concreto influencia $[E = E_0(1 - 1,9P + 0,9P^2)]$ no seu módulo de elasticidade, e portanto, na sua resistência à compressão, uma vez que $\sigma = E \times \varepsilon$ e $\sigma = F/A$. Pelos resultados na tabela 2, $\sigma = F/A$, exemplificando para CP1, temos $\sigma_{\text{máx}} = F_{\text{máx}}/A = 129386\text{N}/7916,94\text{mm}^2$, então $\sigma = 16,3 \text{ N/mm}^2$, logo $\sigma_{\text{máx}} = 16,3 \text{ Mpa}$. Mas a realidade é que nas obras, não se tem as condições idealizadas em laboratório e muitos procedimentos são negligenciados, como o adensamento do material, que implica no índice de porosidade do concreto afetando o módulo de elasticidade.

A tabela 2 mostra os valores em MPa encontrados ao se romper no vigésimo oitavo dia os corpos de prova, onde CP1, CP2, CP3 e CP4 são corpos de prova de produzidos com a brita em teste, granito branco primata, e, os corpos de prova CP6, CP7, CP8 e CP9 foram produzidos com a brita comercial registrada e vendida na região para uso na construção civil em geral.

MÁQUINA: EMIC SSH300 -EXTENSÔMETRO- DATA: 01/12/2015					
HORA:14:08:21pm TRABALHO N° 0140 PROGRAMA: TESC VERSÃO 3.04					
MÉTODO DE ENSAIO: COMPRESSÃO CP PC 200					
INDEFINIÇÃO DA AMOSTRA: MATERIAL => BRITA DE TESTE					
INDEFINIÇÃO: ESTÉRIL DA LAVRA DE GRANITO					
CORPO DE PROVA	ÁREA (mm ²)	FORÇA MÁXIMA (N)	RESISTENCIA A COMPRESSÃO (MPA)	REFERENCIA	IDADE
CP1	7916,94	129386,26	16,3	Brita teste	28
CP2	7885,43	121290,74	15,4	Brita teste	28
CP3	7940,61	126829,78	16,0	Brita teste	28
CP4	7916,96	123208,10	15,6	Brita teste	28
CP5	7909,05	141955,61	17,9	Brita comercial	28
CP6	7909,05	144086,02	18,2	Brita comercial	28
CP7	7853,98	136700,63	17,4	Brita comercial	28
CP8	7901,18	153317,75	19,4	Brita comercial	28
NÚMERO CPs	8	8	8	0	0
MÉDIA	7905	134600	17,03	0	0
MEDIANA	7909	133000	17,03	0	0
DESV.PADRÃO	23,99	113000	16,87	0	0
COEF.VAR.(%)	0,3034	8,393	8,450	0	0
MIMINO	7854	121300	15,38	0	0
MAXIMO	7941	153300	19,40	0	0

Tabela 2. ensaio de Resistência à Compressão

Analisando os dados mostrados na tabela 2 verifica-se que os resultados obtidos ficaram próximo do mínimo desejado de 15 Mpa conforme estabelecido pela NBR 12655:2015, isto considerando que mantivemos o traço padrão o que pode ser melhorado com alterações no traço com variações nos agregados. Desta maneira, a pesquisa não se encerra aqui

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de exploração é, por natureza, causadora de impactos ambientais.

Tais impactos são decorrentes da exploração, muitas vezes desordenada das jazidas e causam graves problemas ambientais, pois agredem as calhas naturais dos rios, levando a um aumento da vazão de água e acelerando o processo de erosão das margens. A erosão acaba retirando a cobertura vegetal dessas áreas e tornando o solo estéril, sem crescimento de vegetação e sem possibilidade de recomposição do ambiente explorado. Neste sentido, a atual legislação vem obrigando os produtores a lançar mão de técnicas de gerenciamento e de extração ou até de interdição de jazidas que não atendem às suas exigências.

A viabilidade de se substituir os agregados miúdos e graúdos por estéril de lavra de rocha ornamental vem sendo pesquisada há anos e se espera que a aceitação para determinados serviços na construção civil se concretize, tornando uma prática mais sustentável, pois colabora para que volumes menores de areia ou brita sejam retiradas do meio ambiente, além de evitar o grande descarte de resíduos proveniente da lavra de rochas ornamentais. Em função das restrições legais impostas à extração de agregados miúdos naturais que incrementa a degradação ambiental, tem-se procurado pelo meio técnico substituir os agregados miúdos/ graúdos naturais. A partir dos resultados até o momento obtidos pode-se propor a aplicação dos agregados miúdos ou graúdos do estéril de lavra de rocha ornamental, branco primata, nos seguintes serviços: fornecimento, preparo e aplicação de concreto ciclópico $F_{ck}=15\text{MPa}$ com 30% de pedra de mão (Item 040202 - IOPES1); paisagismo: espalhamento de brita e pó de pedra; lastro para regularização de contra piso; alvenaria de blocos de concreto estrut. (19x19x39cm) cheios, com resistência mínima a compressão 15Mpa (Item 050502 – IOPES); meio-fio para pavimentação de tráfego leve (pátio escolas, creches, estacionamentos); verga/contraverga reta de concreto armado 10 x 5 cm, $F_{ck} = 15 \text{ Mpa}$ (Item 050301 - IOPES); contra pisos e outras áreas que sofrem esforço; fornecimento, preparo e aplicação de concreto $F_{ck} = 15 \text{ MPa}$ (brita 1 e 2) (Item 040233 – IOPES); capeamento de Lajes pré-moldadas e = 2cm a e = 4cm com $F_{ck} = 15\text{Mpa}$; lastro de brita. As possibilidades de uso do estéril da lavra de rochas ornamentais pode ter aplicações mais nobres do que o descarte, mas é preciso que os órgãos fiscalizadores e reguladores dos setores minerais e da construção civil, dialoguem entre si e estabeleçam critérios voltados para este fim. Por exemplo, requerer que o minerador apresente no Plano de Lavra estudos de viabilidade técnica e econômica para usar o material que vem sendo descartado por não ter emprego como rocha ornamental em outros setores. Da mesma forma estabelecer normas para o uso de agregados na construção civil advindos do estéril da mineração em situações em que o material não será exposto a grandes esforços de compressão.

A partir dos resultados ora apresentados os estudos segunda etapa consistirá na análise do mercado local, pesquisa dos custos de britagem, armazenamento, transporte e comercialização do estéril transformado em brita. Assim, mesmo que alguma análise indique pela inadequação do material para uso na construção civil

será apresentada uma sistematização metodológica de estudos de viabilidade técnica para o uso de estéril de lavra de rocha ornamental para uso como brita, metodologia esta que poderá ser aplicada em outras realidades.

Em síntese, o trabalho aqui apresentado é ao mesmo tempo parte de uma série de outras pesquisas que vem sendo realizadas com objetivos semelhantes e o ponto de partida de uma longa caminhada que pode trazer resultados favoráveis para os setores da mineração, da construção civil, do meio ambiente e da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto – Procedimento para modelagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12565: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

BAUER, L. A. Falcão; revisado por DIAS, João Fernando. **Materiais de Construção**. 5 ed. Revisada, [reimpr.]. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 488p.

CARVALHO, Roberto Chust. FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2003**. 3. Ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

CAVALCANTE E. Silva, D., Vidal, F. W. H. (2003). Aproveitamento econômico de rejeitos de lavra de granitos nas pedreiras: Rosa Iracema e Vermelho Filomena. In: MORAIS J. O. **Rochas industriais: pesquisa geológica, exploração, beneficiamento e impactos ambientais**. Fortaleza, Realce, cap 4. COMISSÃO BRUNDTLAND.

MENEZES, Ricardo Gallart de; Sampaio, Paulo Ricardo Almeida. Rochas Ornamentais no Noroeste do Estado do Espírito Santo / Ricardo Gallart de Menezes e Paulo Ricardo Almeida Sampaio – Rio de Janeiro: CPRM, 2012. 52p. **REVISTA INFOROCHAS**. Disponível em: <http://www.inforochas.com.br>. Acesso em: 07 dez. 2015.

SARDOU FILHO, Ruben. **Atlas de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo** / Ruben Sardou Filho ... [et al.]. – Brasília : CPRM, 2013.

EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Leila Pessôa Da Costa

Universidade Estadual de Maringá, PR.

Sandra Regina D’Antonio Verrengia

Universidade Estadual de Maringá, PR.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Matemática; Geometria; Educação Infantil e Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

EXPLORING GEOMETRIC CONCEPTS IN CHILD EDUCATION

RESUMO: Inúmeras pesquisas têm constatado a exclusão da geometria dos currículos escolares ou seu tratamento inadequado por parte do professor em sala de aula. No entanto, a geometria apresenta-se como um campo profícuo para o desenvolvimento da “capacidade de abstrair, generalizar, projetar, transcender o que é imediatamente sensível”, oferecendo condições para que níveis sucessivos de abstração possam ser alcançados. Tendo isso em mente, o presente texto apresenta a fundamentação inicial e a estrutura de uma pesquisa cujo objetivo é produzir material destinado ao ensino das Capacidades Espaciais em Geometria para a Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental, com vistas à melhoria na aprendizagem deste eixo da Matemática, um projeto que tem como público alvo, educadores, professores e alunos da Educação Infantil e dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Tem como metodologia a Engenharia Didática e com relação à abordagem didática das atividades, este projeto considera os níveis para a construção dos conhecimentos geométricos estabelecidos por Van Hiele.

ABSTRACT: Numerous studies have found the exclusion of the geometry in the curriculum or inadequately treated by the teacher in the classroom. However, the geometry appears as a fruitful field for the development of the “ability to abstract, generalize, design, transcend what is immediately responsive,” providing conditions for successive levels of abstraction can be achieved. With this in mind, this article presents the initial rationale and structure of a study conducted to produce material for the teaching of Spatial skills in geometry for early childhood education and early years of primary school, in order to improve the learning of this axis Mathematics, a project that targets public, educators, teachers and students of early childhood education and early years of elementary school. Its methodology Didactic Engineering and with respect to the didactic approach of activities, this project considers the levels for the construction of geometrical knowledge established by Van Hiele.

KEYWORDS: Mathematics Education;

1 | INTRODUÇÃO

São muitas as pesquisas que apontam o descaso com o ensino da geometria no Brasil (SENA; DORNELES, 2013) e mais ainda, a ausência de conhecimento, por parte dos professores, sobre o ensino e em especial, o fato desse conhecimento não ser considerado uma prioridade.

O NCTM – National Council of Teachers of Mathematics (*apud* APM, 2008, p. 44) considera que a “visualização espacial – a construção e manipulação de representações mentais de objetos bi e tridimensionais e a percepção de um objeto em diferentes perspectivas- constitui um aspecto essencial do raciocínio geométrico”. Apesar de ser um eixo da Matemática pouco explorado, os aspectos abordados evidenciam a importância e a necessidade de aprofundarmos nossos estudos.

Esse capítulo apresenta uma das fases da pesquisa desenvolvida pelo GEPEME/UEM– Grupo de Estudos e Pesquisas em Matemática Escolar que teve como objetivo validarmos, com professores e profissionais que atuam na Educação Infantil, a versão preliminar do material elaborado.

Para tal, apresenta os conceitos subjacentes à temática explorada, o aporte teórico da pesquisa, seu desenvolvimento e por fim a oficina desenvolvida em um evento destinado à Educação Matemática.

2 | DA ESTRUTURAÇÃO ESPACIAL

A criança constrói desde cedo suas primeiras noções a respeito da geometria em contato com o mundo a partir de suas próprias necessidades. Estudos sobre a construção do espaço pela criança (PIAGET; INHELDER, 2001), destacam que a estruturação espacial se inicia já nos primeiros meses de vida sendo paralela às demais construções mentais. Para Pacheco e Vasconcelos (2016), o primeiro espaço que a criança vivencia é “postural e orgânico, ou seja, se inicia com seu corpo e somente depois é que ela vai diferenciar outros corpos, diferentes do seu, e estabelecer relação de longe/perto, maior/menor, na frente/atrás, igual/diferente, etc.” (PACHECO; VASCONCELOS, 2016, p. 4).

Essa ideia é também um dos pontos de referência apresentados nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (1997) ao afirmar que:

[...] para se orientar, a criança é incapaz de considerar qualquer outro elemento, que não o seu próprio corpo, como ponto de referência. Aos poucos, ela toma consciência de que os diferentes aspectos sob os quais os objetos se apresentam para ela são perfis de uma mesma coisa, ou seja, ela gradualmente toma consciência dos movimentos de seu próprio corpo, de seu deslocamento (BRASIL, 1997, p.125).

A criança começa então a explorar o espaço a sua volta tendo como referência seu próprio corpo. De acordo com Oliveira (2005), as relações espaciais utilizadas pela criança são descritas por uma geometria, sendo a de natureza topológica a que melhor exprime as primeiras condutas da criança seguida, posteriormente, pelas de natureza projetiva e euclidiana.

Contudo, para que a criança passe a conceber topologicamente esses espaços, ela construirá dois sistemas diferentes e complementares:

[...] Um desses sistemas é o de coordenadas, fonte do espaço euclidiano, que permite a criança situar os objetos uns em relação aos outros e colocar e deslocar os objetos em uma mesma estrutura; o outro sistema é o das perspectivas, fonte do espaço projetivo, mas agora considerando os diferentes pontos de vista reais ou possíveis. Esta interdependência dos sistemas de conjunto na realidade constitui prolongamentos das noções topológicas. (OLIVEIRA, 2005, p.116).

A representação espacial é, portanto, algo complexo que envolve “uma ação interiorizada e não simplesmente a imaginação de um dado exterior qualquer, resultado de uma ação” (PIAGET e INHELDER, 2001, p.474). Desse modo, podemos destacar a importância das noções topológicas para as operações formais de pensamento, salientadas por Kobayashi (2001):

[...] a construção do espaço infantil não é mera repetição de fatos ou associação consecutiva de imagens, nem tampouco se encontra pronta em estruturas pré-formadas, como respectivamente tentaram explicar os empiristas e aprioristas, mas é fruto de um longo e laborioso trabalho da inteligência, que tem início nas ações do recém-nascido (esquemas sensório-motores) que irá ser reconstruído no plano da representação, passando por um período intuitivo necessário e preparatório de reconstrução do que foi realizado no sensório-motor, e que irá concretizar-se com as operações formais (KOBAYASHI, 2001, p.175).

Se considerarmos as fases de desenvolvimento descritas por Piaget (1993), perceberemos que na Educação Infantil as crianças encontram-se nos primeiros quatro estágios:

[...] 1º estágio dos reflexos, ou mecanismos hereditários, assim como também das primeiras tendências instintivas (nutrições) e das primeiras emoções; 2º o estágio dos primeiros hábitos motores e das primeiras percepções organizadas, como também dos primeiros sentimentos diferenciados; 3º estágio da inteligência sensório-motora ou prática (anterior a linguagem), das regulações afetivas elementares e das primeiras fixações exteriores da afetividade (até por volta de um ano e meio ou dois). [...] 4º estágio da inteligência intuitiva, dos sentimentos interindividuais espontâneos e das relações sociais de submissão ao adulto (de dois a sete anos) (PIAGET, 1993, p.15).

Sendo, um período marcado por um extraordinário desenvolvimento mental e, segundo o autor decisivo para todo o curso da evolução psíquica, por representar a conquista a partir da percepção e dos movimentos, de todo o universo prático que cerca a criança: “[...] é uma inteligência totalmente prática, que se refere à manipulação dos objetos e que utiliza em lugar de palavras e conceitos, percepções e movimentos organizados em esquemas de ação” (PIAGET, 1993, p. 19).

Este autoconceito alicerçado no esquema corporal, isto é, na ideia que a criança

forma de si mesma, de seu próprio corpo é que irá gradualmente, pelo exercício, se transformar em esquemas sensório-motores e, posteriormente, pré-operatórios.

Considerando que essa aprendizagem é um processo, Pavanello (2004) observa que:

A geometria apresenta-se como um campo profícuo para o desenvolvimento da “capacidade de abstrair, generalizar, projetar, transcender o que é imediatamente sensível”, oferecendo condições para que níveis sucessivos de abstração possam ser alcançados. Delineia-se, desta forma, um caminho que, partindo de um pensamento sobre objetos, leva a um pensamento sobre relações, as quais se tornam, progressivamente, mais e mais abstratas (PAVANELLO, 2004, p. 4).

Assim, o ensino de geometria deveria iniciar-se já na Educação Infantil, prolongando-se posteriormente para o Ensino Fundamental por meio de explorações intuitivas que possibilitem às crianças o estabelecimento de conhecimentos indispensáveis a uma posterior sistematização visando a construção formal de tais conceitos.

3 | DA METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Considerando a importância do desenvolvimento das Capacidades Espaciais em Geometria para a Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental, com vistas à melhoria na aprendizagem deste eixo da Matemática, elaboramos um projeto de pesquisa que teve como público alvo educadores, professores e alunos da Educação Infantil e dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

A pesquisa, de natureza qualitativa e experimental, se apoiou nos princípios da Engenharia Didática que se caracteriza:

[...] por um esquema experimental baseado em “realizações didáticas” em sala de aula, isto é, na concepção, realização, observação e análise de sessões de ensino. Caracteriza-se também como pesquisa experimental pelo registro em que se situa e modo de validação que lhe são associados: a comparação entre análise a priori e análise a posteriori. Tal tipo de validação é uma das singularidades dessa metodologia, por ser feita internamente, sem a necessidade de aplicação de um pré-teste ou de um pós-teste (ALMOULOU; COUTINHO, 2008, p. 66).

Com base em Artigue (1988), Almouloud e Coutinho (2008) identificamos algumas fases para seu desenvolvimento: as análises prévias; construção do material e análise a priori deste; experimentação, análise a posteriori dos resultados e validação das tarefas.

As variáveis, objetos desta pesquisa, são as tarefas, os conteúdos e os níveis de ensino e seguiram as seguintes fases:

- Análise preliminar: pesquisa na literatura o que as pesquisas dizem sobre o desenvolvimento das Capacidades Espaciais em Geometria na Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental a fim de verificar as Capacidades Espaciais em Geometria a serem desenvolvidas nessa faixa etária.

- Construção e análise a priori: elaboração de tarefas para o desenvolvimento das Capacidades Espaciais, em parceria com os professores aplicadores. A elaboração ocorreu após observação em sala de aula do grupo para o qual ela seria aplicada, discutida e reformulada de acordo com a necessidade verificada pelos professores, bem como foi acompanhada de esclarecimentos sobre os conceitos e possíveis necessidades de aprofundamento teórico solicitado pelos professores.

- Experimentação: aplicação pelos professores das tarefas elaboradas para o desenvolvimento das habilidades a fim de verificar a adequação do material sugerido. Simultaneamente os professores analisaram o material didático elaborado e as observações serão coletadas. O instrumento de coleta desses dados é o grupo focal, cujo objetivo é apreender as percepções e opiniões dos professores sobre o material.

- Análise a posteriori: validação ou não do material elaborado e se necessário, reestruturação do material para nova aplicação. Nessa fase, foram analisadas as observações sobre a aplicação, tanto as que referem ao material, quando a proposição e adequação ao grupo.

- Validação: Após as revisões realizadas, os dados foram organizados para a produção de um material didático.

Vale lembrar ainda que, de acordo com Almouloud e Coutinho (2008), a Engenharia Didática aborda três dimensões e suas respectivas características: a epistemológica, a cognitiva e a didática, ou seja, aquelas que estão relacionadas às características do saber, as que se relacionam ao processo cognitivo dos alunos e, ainda, as que se referem ao ensino, respectivamente.

4 | DA OFICINA REALIZADA

A dinâmica empreendida na oficina partiu de uma breve conceituação da temática e seu aporte teórico seguida de uma sensibilização que remontou uma das tarefas desenvolvidas.

Após a sensibilização, o grupo da oficina analisou os conceitos subjacentes à tarefa, sua pertinência considerando os aspectos cognitivos e didáticos.

Posteriormente foram apresentadas algumas das tarefas desenvolvidas por professores dos diferentes níveis da Educação Infantil, participantes do Projeto: Elaboração de materiais para a Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental com vistas ao desenvolvimento das Capacidades Espaciais em Geometria, desenvolvido pelo GEPEME.

As tarefas foram distribuídas aos participantes que se organizaram em pequenos grupos e fizeram uma análise a partir do suporte teórico apresentado inicialmente. As análises foram apresentadas e discutidas com os demais participantes, buscando identificar a pertinência e possíveis adaptações tanto no que se refere as tarefas, ao

conteúdo e ao nível de ensino, bem como sua contribuição para formação docente e a prática de professores que atuam na Educação Infantil.

A apresentação e desenvolvimento das tarefas considerou Teppo (1991, pp. 212-213) que evidencia cinco fases sequenciais de aprendizagem cujo objetivo é auxiliar tanto os professores como os alunos na passagem de um nível para outro baseado nos aspectos cognitivos e didáticos do ensino: “Fase 1: Investigação / Informação; Fase 2: Orientação Dirigida; Fase 3: Explicação; Fase 4: Orientação Livre e Fase 5: Integração”, como veremos mais adiante.

A primeira proposta teve como objetivo explorar a percepção corporal em diferentes posições no espaço a partir de uma teia montada no espaço físico e para o desenvolvimento dessa tarefa se fez necessário verificar as capacidades dos alunos em relação aos conceitos a serem desenvolvidos, ou seja: Como o grupo enfrenta desafios? Quais são as noções que o grupo já tem: direção; sentido; altura, etc.?

Em seguida, foi proposta a exploração livre, deixando que os alunos explorassem livremente a teia montada. Nessa fase foram observadas as seguintes questões: Quais as reações do grupo frente aos obstáculos? Como eles vivenciam a teia, tendo como referência os conceitos a serem explorados?

Na fase da exploração dirigida foram dados diferentes comandos relacionados aos conceitos a serem trabalhados, tais como: andar agachado, rastejando, etc. sendo observado nos alunos: Como eles atuam a partir dos comandos? Seguem os comandos dados? Quais as reações do grupo gente aos comandos? Que habilidades demonstram frente aos comandos dados?

A integração, momento posterior, considerou quais os conceitos que deveriam ser ainda explorados em outras tarefas, ou seja: Que novas tarefas podem ser propostas para explorar esses conceitos? Essas novas tarefas devem considerar o conhecimento dos alunos, suas dificuldades e facilidades observadas no percurso desenvolvimento.



Figura 1: Teia montada no pátio da escola

A atividade traz em sua execução o trabalho e o desenvolvimento de habilidades corporais relacionadas ao espaço, conteúdos da geometria presente nestas situações uma vez que o trabalho geométrico excede o estudo das nomenclaturas e classificação dos objetos geométricos planos e espaciais. Antes, porém, de compreender os aspectos geométricos existentes nos objetos geométricos se faz necessário que a criança desenvolva a percepção espacial, essa percepção se inicia desde muito cedo, quando a criança é ainda bebê, com a percepção da existência de objetos no espaço, depois ela consegue pegar o que vê e, só após ela consegue se movimentar pelos objetos, com isso sua compreensão do espaço passa então a ampliar-se. A atividade proposta não só permite o deslocamento da criança por meio dos fios de malha como ainda possibilita que ela associe o movimento corporal com comandos pré-estabelecidos, assim a criança precisa se ver inserida no espaço e ainda interagir com ele.

5 | CONSIDERAÇÕES

Os dados coletados pela pesquisa nos possibilitou perceber que na seleção, organização e aplicação das tarefas é importante o esclarecimento aos docentes dos aspectos pedagógicos e de desenvolvimento dos alunos subjacentes à atividade e foram organizados no livro *A Geometria na Educação Infantil: O que? Por que? Como?*

Esse esclarecimento aos professores participantes do evento foi significativo, pois ampliou a visão sobre aspectos referentes ao ensino e, em especial, suas articulações com o processo de aprendizagem, mais ainda, pudemos a partir desse trabalho, perceber o interesse do grupo na proposta metodológica empreendida.

Acreditamos que a opção metodológica adotada nesse projeto de pesquisa tem nos proporcionado a validação necessária para a proposição das tarefas passíveis de serem aplicadas, bem como indicará a sua contribuição para a formação do professor **na docência**, ou seja, o processo que ocorre durante a atuação desses profissionais, visto que considera diferentes sujeitos que dele participaram, além de abarcar as dimensões presentes no processo de ensino e de aprendizagem necessárias em função da natureza do projeto.

REFERÊNCIAS

ALMOULOUD, Saddo Ag; COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19/ ANPEd. **REVEMAT**. Florianópolis (SC), v. 3.6, p.62-77, 2008.

APM – Associação de Professores de Matemática. **Princípios e Normas para a Matemática Escolar**.

Trad. Dos Principles and Standards for School Mathematics do National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000. Lisboa, 2008.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (PCNs 1^a a 4^a séries). Brasília: MEC/SEF, 1997.

DA COSTA, L. P.; VERRENGIA, S. R. D.; PAVANELLO, R. M.; OLIVEIRA, L. L. A.; CARLI, F. A. R.; TRONDOLI, A. J. P. C. **A geometria na educação infantil: O que? Por que? Como?** Volume 1. Curitiba: CRV, 2018.

KOBAYASHI, Maria do Carmo Monteiro. **A construção da geometria pela criança**. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

OLIVEIRA, L. A construção do espaço segundo Piaget. Sociedade e Natureza. MG: Uberlândia, v. 17, p. 105-117, dez 2005.

PACHECO, E. D.; VASCONCELOS, P. A. C. Crise: espaço e representação. **Bocc**. Disponível em: www.bocc.uff.br/pag/vasconcelos-paulo-crise-espaco.pdf. Acesso em 29 jun 2016.

PAVANELLO, R. M. Por que ensinar/aprender Geometria? **Anais** do VII Encontro Paulista de Educação Matemática, 2004.

PIAGET, G; INHELDER, B. **A representação do espaço na criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

PIAGET, J; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

SENA, Rebeca Moreira; DORNELE, Beatriz Vargas s. Ensino de Geometria: Rumos da Pesquisa (1991-2011) **REVEMAT**. Florianópolis (SC), v. 08, n. 1, p. 138-155, 2013.

TEPPO; Anne. Van Hiele Levels of Geometric Thought Revisited Source. **The MathematicsTeacher**, Vol. 84, No. 3, mar/1991), pp. 210-221.

GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA

Gersica Agripino Alencar

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Informática
Aplicada
Recife – Pernambuco

Rafael Santos Barbosa

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Informática
Aplicada
Recife – Pernambuco

Ricardo André Cavalcante de Souza

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Computação
Recife – Pernambuco

RESUMO: No contexto de uma clínica veterinária vinculada a uma universidade federal, existem cerca de 25.000 fichas clínicas de animais de grande porte, coletadas ao longo de quase 40 anos, armazenadas em meio analógico (papel) de difícil acesso e compartilhamento. Tais informações históricas são utilizadas em pesquisas acadêmicas e em análise veterinária. Este trabalho procura então usar ferramentas e técnicas de gestão do conhecimento, com o suporte de TIC, para permitir que as informações clínicas dos animais possam ser digitalizadas e mais facilmente socializadas entres pesquisadores e médicos veterinários para diagnósticos de enfermidades e para

identificação de incidência de uma determinada doença em animais. Para tanto, este trabalho orienta-se por meio de uma abordagem de gestão do conhecimento denominada Ciclo KM. **PALAVRAS-CHAVE:** Solução de KM; Gestão do Conhecimento; Gestão da Informação; Ciclo KM.

LARGE ANIMAL CLINICAL INFORMATION MANAGEMENT: A SOLUTION PROPOSAL BASED ON COMMUNITY OF PRACTICE

ABSTRACT: In the context of a veterinary clinic linked to a federal university, there are around 25.000 clinical records of large animals, collected along over 40 years, stored in analogical media (paper) hard to access and share. Such historical information is used in academic research and veterinary analysis. This research looks for use knowledge management tools and techniques, with ICT support, to allow the clinical information of the animals to be digitalized and more easily socialized between researchers and veterinarians for diagnosis of diseases and to identify the incidence of a particular disease in animals. Therefore, this work is guided by a knowledge management approach called KM cycle.

KEYWORDS: KM solution; Knowledge Management; Information Management; KM

Cycle.

1 | INTRODUÇÃO

A informação e o conhecimento são os principais ativos em ambientes corporativos e para a sociedade em geral. O conhecimento consiste de informações interconectadas usadas para um determinado propósito. A aquisição e aplicação do conhecimento representam um estímulo para as conquistas das civilizações ao longo do tempo (LUCHESE, 2012). A junção da informação e do conhecimento torna-se fundamental para as etapas de variados processos, em especial o processo de inovação que envolve geração e seleção de ideias, escolha dos recursos mais apropriados, gestão de projetos e aprendizado organizacional (STRAUHS et al., 2012).

Uma organização na era do conhecimento é aquela que aprende, relembra e age baseada na melhor avaliação e gestão da informação e do conhecimento. A Gestão da Informação visa diagnosticar as necessidades informacionais através do mapeamento dos fluxos de informação da organização (COELHO, 2004). Já a Gestão do Conhecimento (KM do inglês *Knowledge Management*) visa tratar a cultura e a comunicação organizacional visando fomentar um ambiente propício para criação e compartilhamento de conhecimento (VALENTIM, 2008).

A gestão do conhecimento pode ser realizada por meio de iterações, conforme definido pelo Ciclo KM (DALKIR, 2013). A partir da execução das etapas do Ciclo KM foi identificado um problema que poderia ser mitigado com o bom uso da informação e do conhecimento existente na organização cliente. A organização em questão é uma clínica para tratamento e cirurgias de animais de grande porte, vinculada a uma universidade federal brasileira. O problema consiste no uso de informações clínicas históricas dos pacientes, armazenadas em meio analógico (papel), em pesquisas científicas e trabalhos acadêmicos, e no compartilhamento de informação e conhecimento entre médicos veterinários não colocalizados para se chegar a um diagnóstico de maneira colaborativa.

Tendo em vista que a aplicação das etapas do ciclo KM pode otimizar o desempenho organizacional, este trabalho procura responder a seguinte questão de pesquisa: Como socializar e compartilhar informações e conhecimentos clínicos de animais de grande porte através de uma solução baseada em técnicas e práticas de KM com o suporte de software?

O objetivo deste estudo consiste em prover uma solução de KM baseada em informações clínicas de animais de grande porte para fins médico e acadêmico. A pesquisa se mostra relevante, pois a KM ainda não é uma prática amplamente utilizada nas organizações.

Além desta seção introdutória, este trabalho está organizado em mais quatro

seções. A Seção 2 apresenta a fundamentação teórica do trabalho. A Seção 3 descreve a execução das etapas do Ciclo KM no contexto do trabalho. A Seção 4 descreve os principais resultados obtidos. A seção 5 apresenta as considerações finais.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conhecimento é derivado das informações que advém de dados. Informações são dados contextualizados, dotados de relevância e propósito, ficando a cargo do ser humano o dever de convertê-los em informações. A informação precisa da interpretação do receptor, visando fazer alguma diferença no seu intelecto (COELHO, 2004; PRUSAK; DAVENPORT, 1998).

O conhecimento pode ser tácito ou explícito. O conhecimento tácito é resultante dos processos de análise das informações, dos insights subjetivos, argumentos prioritários para processos de inovação e criatividade. O conhecimento explícito é considerado como aquele que pode ser formalizado, sistematizado e facilmente comunicável (BEHR; NASCIMENTO, 2008).

Para Takeuchi e Nonaka (2009) a formação do conhecimento ocorre no momento em que inicia um processo de socialização do conhecimento e por uma conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito, seguindo um modelo denominado SECI: Socialização (tácito para tácito), Externalização (tácito para explícito), Combinação (explícito para explícito) e Internalização (explícito para tácito).

A KM faz a união entre as condições que criam a infraestrutura física e digital, necessária para o gerenciamento de diversos conhecimentos espalhados nas organizações. A KM tornou-se uma atividade fundamental nas organizações, em decorrência da importância do conhecimento como ativo essencial na economia intangível (ANTUNES et al., 2017).

Entretanto, a implementação da KM requer atenção a diversos aspectos, principalmente quando se considera as peculiaridades das organizações. Entre os desafios da KM está elevar o conhecimento dos indivíduos e para isso encontra nas TIC uma forte parceria no que tange ao compartilhamento das informações. Em resposta a esse desafio, este trabalho busca utilizar as TIC em favor da melhoria do desempenho organizacional a partir da socialização e compartilhamento de informações e conhecimentos.

A KM é comumente estruturada através de ciclos de um conjunto de atividades que visa adquirir, armazenar, disseminar, compartilhar e aplicar o conhecimento de maneira eficiente e alinhada com os objetivos da organização (DALKIR, 2013).

As etapas dos Ciclo KM podem ser contextualizadas da seguinte maneira: a criação e captura está relacionada com a identificação e codificação de conhecimento

interno e knowhow da organização e/ou conhecimento a partir do ambiente externo; o compartilhamento e disseminação ocorre depois de se avaliar o conhecimento capturado, caracteriza-se como uma ligação entre o conhecimento e os seus detentores; já a aquisição e aplicação ocorre depois de uma avaliação, no qual o conhecimento produzido é inserido no repositório de prática das ações pessoais e organizacionais.

3 | EXECUÇÃO DO CICLO KM

Do ponto de vista metodológico, este trabalho, em relação aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa explicativa que ocorre quando se busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Quanto ao procedimento técnico, a pesquisa tem características da pesquisa-ação, tendo em vista que foi concebida e realizada visando a resolução de um problema coletivo (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Quanto à sistemática, este trabalho se orientou pelo Ciclo KM. A execução do Ciclo KM permite que trabalhadores capturem, compartilhem e apliquem conhecimentos em benefício da organização, bem como fomenta o trabalho coletivo e colaborativo (DA SILVA et al., 2018).

A Tabela 1 apresenta as ferramentas, e respectivos propósitos, que auxiliaram a execução das etapas do Ciclo KM no contexto deste trabalho.

Etapa do Ciclo KM	Ferramenta	Propósito
Criação e Captura do Conhecimento	Entrevista Online e Questionário	Diagnosticar a situação de KM.
	Mapa Mental	Mostrar graficamente os principais resultados encontrados da entrevista e do questionário.
	Mapa de Processo em BPMN	Compreender como o trabalho é realizado na organização.
	Storytelling	Apresentar uma narrativa com os benefícios da implantação de solução de KM na organização.
	Protótipo da Solução KM	Mostrar uma proposta de solução para gerenciamento de informações e do conhecimento.
Compartilhamento do Conhecimento	Comunidade de Prática	Aperfeiçoar o compartilhamento de informações e a comunicação
Aplicação do Conhecimento	Protótipo e CoP	Sintetizar as ferramentas utilizadas para a utilização do ciclo KM.

Tabela 1: Etapas do Ciclo KM e Ferramentas Auxiliares

3.1 Criação e Captura do Conhecimento

Esta etapa iniciou com o diagnóstico das informações e conhecimentos utilizados pela organização cliente nos processos de trabalho. A organização em

questão trata-se da Clínica de Bovinos de Garanhuns (CBG) vinculada a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). A CBG é responsável pelo atendimento emergencial, consultas e cirurgias de animais de grande porte (bovinos, equinos e caprinos) criados por pecuaristas das regiões do agreste e sertão do estado de Pernambuco. A CBG é uma instituição de saúde animal de referência, é também uma instituição de pesquisa científica e possui colaboração com diversos centros de pesquisa do Brasil e do mundo. A CBG foi escolhida para este estudo devido à grande carência desta por soluções de TIC para apoiar os processos desenvolvidos na instituição.

Buscando compreender como funciona a logística da clínica, foi feita uma entrevista remota com o diretor da CBG, além da aplicação de questionário online. A equipe procurou identificar os processos rotineiros da clínica. Foram então realizadas perguntas como: De que forma os dados estão registrados? Como os dados são coletados e utilizados?

Ao final, foi possível identificar que a CBG possui mais de 25 mil fichas de dados clínicos de pacientes registrados em papel, sendo que tais dados são utilizados na detecção de algum tipo de problema específico, como incidência de uma determinada doença que atinge os animais, causa de mortes, etc. Uma das dificuldades observadas, a partir do uso das fichas de papel, foi quanto ao acesso às informações históricas para fins de estudo científico. Esta restrição motivou o desenvolvimento de uma solução de KM para facilitar o acesso e o compartilhamento das informações clínicas dos pacientes da CBG.

Posteriormente, para facilitar o entendimento pela equipe, foi realizado um mapeamento em alto nível do processo de atendimento dos pacientes, através da notação BPMN (Figura 1). Esta atividade permitiu identificar quais e quando as fichas são preenchidas no decorrer do processo de atendimento.

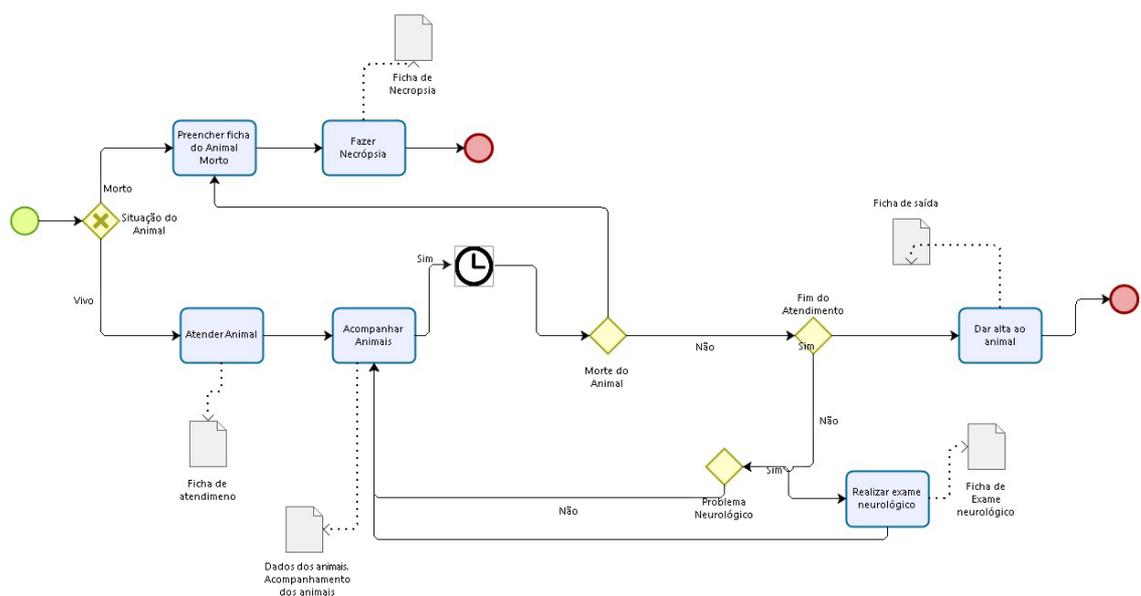


Figura 1: Processo de Atendimento da CBG em BPMN

Em seguida, foi então elaborado um Mapa Mental (Figura 2), para ilustrar as principais descobertas da equipe, destacando-se algumas deficiências tecnológicas no processo, como a ausência total de informatização e a forma de registro das informações clínicas ainda de maneira analógica (papel).

A partir das descobertas, foi possível projetar uma solução de KM cujo objetivo seria não informatizar os processos de atendimento clínico dos pacientes da CBG, mas sim incorporar uma função complementar para socialização e compartilhamento das informações clínicas dos animais sem intervir no processo de atendimento destes.



Figura 2: Mapa Mental

A fim de avaliar a ideia de solução KM, foi utilizada a técnica de prototipação. O desenvolvimento de um protótipo permite que as principais funcionalidades da ferramenta proposta sejam avaliadas, por meio de uma representação da interface com a qual o usuário pode interagir e propor mudanças e melhorias (DA SILVA et al., 2018). O protótipo Figura 3 foi desenvolvido através do ambiente proto.io (<https://proto.io>).

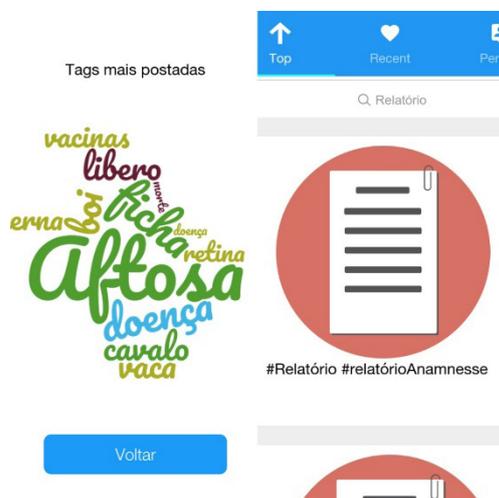


Figura 3: Tela do Protótipo Desenvolvido

A solução prototipada funcionava basicamente da seguinte maneira: o usuário utiliza a câmera de um dispositivo móvel para fotografar uma ficha de atendimento; o usuário então faz o *upload* da imagem (ficha digitalizada); o usuário associa à ficha clínica uma ou mais palavras-chave (*tags*) para registrar informações relevantes, tal como, a doença que o paciente está acometido; a partir das tags registradas a solução apresenta uma nuvem de palavras (*wordcloud*) através da qual é possível visualizar os termos mais utilizados em um período de tempo, permitindo assim, por exemplo, que sejam identificadas doenças com alta incidência, como exemplificado na Figura 3 a doença “aftosa”. O protótipo produzido foi avaliado pela equipe da CBG. Ao final desta etapa foi ainda produzida uma *storytelling* para demonstrar ao público-alvo um cenário da entrega de valor por meio da solução idealizada.

3.2 Compartilhamento de Conhecimento

Entre os problemas identificados na etapa anterior do Ciclo KM, um dos que se tornava mais evidente estava relacionado à interação e comunicação entre pessoas interessadas nas informações clínicas dos pacientes da CBG. De acordo com a literatura, entre as ferramentas de KM mais apropriadas para mitigar esse tipo de problema está a Comunidade de Prática (CoP). CoP pode ser definida como espaços humanos que narram e dão sentido ao conhecimento e às competências, que planejam a construção de resultados e a geração de valor.

Uma CoP geralmente é implementada por meio de uma ferramenta de TIC. A comunicação estabelecida por ferramentas com recursos multimídia faz com que o conhecimento, composto por elementos tácitos, dependa do modelo mental para torná-lo compreensível e internalizado (PANAHI; WATSON; PARTRIDGE, 2016). As ferramentas tecnológicas de comunicação “proporcionam a interação entre os colaboradores, facilitando a troca de ideias e experiências” (GARCIA; PINTO; TENÓRIO, 2017).

Para dar suporte tecnológico adequado à CoP, foram analisadas algumas ferramentas de software disponíveis com base em alguns critérios técnicos. As ferramentas de software analisadas tinham características de rede social, sendo elas: Facebook, Tumblr, Flickr, Pinterest, Slack, Yammer, e Edmodo.

Os critérios usados na avaliação das ferramentas de software para dar suporte à CoP foram: (A) Conteúdo personalizado, produzido e divulgado pelo próprio membro da CoP; (B) Acesso restrito de determinados conteúdos aos membros da CoP; (C) Comunicação instantânea para facilitar a troca de mensagens síncrona entre os membros da CoP; (D) Divulgação de atividades de interesse (reunião, palestra, etc.) da CoP; (E) Agendamento de eventos de interesse dos membros da CoP; (F) Classificação do conteúdo por meio de palavras-chave estruturadas (tags); (G) Espaços de discussão sobre temas de interesse; (H) Moderação de grupos de trabalho específicos; (I) Gratuidade, versão não paga da ferramenta; (J) Mobilidade, versão para dispositivos móveis; (K) Integração com outros aplicativos.

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre as ferramentas de software avaliadas em relação aos critérios estabelecidos (identificados de A a K). Quando o critério é atendido pela ferramenta, atribui-se o valor 1, caso contrário, atribui-se 0. A última coluna apresenta a quantidade de critérios atendidos por cada ferramenta de software avaliada. Sendo assim, é possível notar que a ferramenta Slack atendeu integralmente os critérios estabelecidos. Portanto, esta ferramenta foi escolhida para dar suporte a CoP no contexto deste trabalho.

Ferramenta	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Total
Flickr	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	5
Tumblr	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	5
Facebook	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	9
Pinterest	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	5
Slack	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
Yammer	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	8
Edmodo	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	9

Tabela 2: Critérios para seleção da ferramenta para dar suporte à CoP

A ferramenta Slack consiste em uma rede social corporativa que provê uma série de funções (features) essenciais para uma CoP, como Fóruns de Discussão, Chat, etc. Além disso, essa ferramenta pode ser estendida com funcionalidades adicionais, pois permite a integração com aplicativos de terceiros, como por exemplo: aplicativos para controle de Agenda, Votação e Nuvem de Palavras. A Figura 4 apresenta uma Interface com o Usuário (UI) da CoP implementada através da ferramenta de software Slack.

Neste exemplo, uma cópia da ficha clínica digitalizada (escaneada ou fotografada), inicialmente armazenada em papel, pode ser postada (uploaded) na CoP e classificada por meio de palavras-chave (tags) que identificam informações importantes, tal como a doença do animal (no exemplo, #brucelose). Uma vez registrada na CoP, a ficha clínica do animal pode ser facilmente compartilhada com outros membros da comunidade, para os mais diversos fins, como acompanhamento do tratamento por médico veterinário em qualquer lugar e em qualquer hora, discussão colaborativa do diagnóstico, e uso para fins acadêmicos e científico.

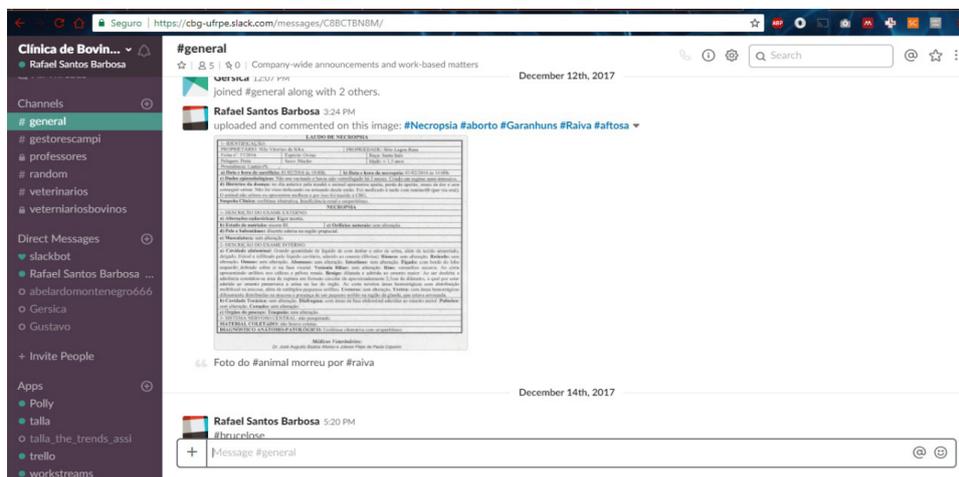


Figura 4: UI da CoP

3.3 Aplicação do Conhecimento

A última etapa do Ciclo KM consiste da Aplicação do Conhecimento que objetiva, entre outros propósitos, o uso de informações para gerar conhecimento de modo a apoiar a tomada de decisão nos processos organizacionais.

No contexto deste trabalho, o registro das fichas clínicas digitalizadas dos pacientes da CBG na CoP, além de facilitar o compartilhamento de informações, pode agora tornar as informações clínicas mais facilmente acessíveis por meio de pesquisas por palavras-chave (*tags*). Além das funcionalidades reativas que respondem a uma solicitação parametrizada do usuário (ex: busca por uma palavra-chave), a CoP pode fornecer funcionalidades pró-ativas com base nas informações registradas.

Entre os critérios para a seleção da ferramenta Slack para dar suporte à CoP (Tabela 2) está a integração com outros aplicativos. Foi então integrado ao Slack um aplicativo denominado Talla para prover um meio automatizado de visualização de termos mais recorrentes registrados nas postagens das fichas clínicas na CoP. Esta extensão da CoP visa atender a entrega do valor previsto no protótipo da solução KM proposta (Figura 3) através de uma nuvem de palavras (wordcloud). A Figura 5 exhibe a UI do aplicativo Talla integrado à ferramenta Slack. Neste exemplo, é apresentado um gráfico com a incidência do termo mais recorrente associado às fichas clínicas registradas na CoP em um período.



Figura 5: . Integração do Aplicativo Talla ao Slack

Esta função foi possível devido à informação de palavras-chave (*tags*) para qualificar as fichas clínicas digitalizadas inseridas na CoP. No exemplo, o termo mais recorrente se referia a uma doença animal denominada brucelose. Esta funcionalidade da CoP possibilita inserir inteligência nos processos da organização, tais como, identificação de sintomas ou causas de óbito semelhantes para animais, alertas de saúde pública sobre uma determinada doença com alta incidência, etc. Além disso, esse tipo de funcionalidade facilita a consulta a registros históricos para fins acadêmicos e científicos.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este trabalho propõe melhorias na socialização e compartilhamento de informações em uma clínica de animais de grande porte denominada CBG (Clínica de Bovinos de Garanhuns), campus avançado vinculado a UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco). Para tanto, foi utilizada como sistemática de referência o Ciclo KM cuja execução das etapas serviu para mitigar a deficiência detectada.

A etapa de Captura e Criação do Conhecimento serviu para mapear o fluxo informacional na CBG, identificar a principal deficiência e idealizar uma solução de KM em resposta. A etapa de Compartilhamento do Conhecimento serviu para projetar e implementar uma Comunidade de Prática (CoP) para facilitar o compartilhamento de informações. Finalmente, a etapa de Aplicação do Conhecimento serviu para descrever como a informação registrada na CoP poderia ser usada em favor da organização e dos membros da comunidade.

Estas etapas do Ciclo KM estão alinhadas ao Modelo SECI de transformação do conhecimento. A Socialização (tácito para tácito) e a Internalização (explícito para tácito) são alcançadas nas etapas de Compartilhamento e Aplicação do Conhecimento por meio da CoP que favorece a troca de informações e conhecimentos entre as pessoas e permite uma melhoria no próprio processo organizacional. A Externalização (tácito para explícito) e a Combinação (explícito para explícito) são alcançadas na

etapa de Captura e Criação do Conhecimento na qual são identificadas as peças de conhecimento usadas pelas pessoas nos processos organizacionais e que podem ser combinadas (por exemplo, nuvem de palavras) para uso em outros contextos.

Durante a etapa de Captura e Criação do Conhecimento foi fundamental a identificação do processo organizacional da CBG, através do qual a equipe pôde detectar e levantar pontos importantes da pesquisa. Foram usadas técnicas como entrevistas, questionários e *storytelling* para subsidiar a elaboração de artefatos como Mapa Mental e Modelo de Processo os quais auxiliaram no diagnóstico de um problema de KM relevante e que merecia ser tratado.

Na etapa de Compartilhamento do Conhecimento foi trabalhada uma forma de melhorar a comunicação inter/intra-organizacional por meio de uma Comunidade de Prática (CoP) implementada através da ferramenta de software Slack. A CoP permitiu o compartilhamento da principal peça de informação da clínica que consiste das fichas clínicas digitalizadas dos pacientes, até então registradas somente em papel. O registro das fichas clínicas digitalizadas associadas às palavras-chave que a caracterizam permitiu melhorar substancialmente o compartilhamento e acesso a tais informações para usos diversos.

Finalmente, na etapa de Aplicação do Conhecimento foi trabalhada uma extensão da CoP visando aperfeiçoar a tomada de decisão mais inteligente a partir das informações registradas e dos conhecimentos que podem ser derivados com o auxílio de tecnologia.

A CoP estendida foi apresentada pela equipe do projeto a três gestores da UFRPE: (1) Diretor da CBG, responsável pelas questões administrativas e acadêmicas da clínica; (2) Assessor de Campi Avançados, responsável pela definição de políticas e estratégias para os campi avançados da universidade, tendo em vista que a CBG é um desses campi da UFRPE; e (3) Pró-reitora de Extensão, responsável pela gestão das ações de extensão universitária no contexto da UFRPE, tendo em vista o caráter extensionista da CBG.

Neste evento, inicialmente a equipe do projeto apresentou como as etapas do Ciclo KM foram usadas desde a identificação do problema de gestão da informação e do conhecimento na CBG até o design e desenvolvimento de uma solução de KM, baseada em CoP, para que as fichas com as informações clínicas (até então armazenadas em papel) dos pacientes da CBG pudessem ser mais facilmente acessadas e estruturadas para descoberta de informações relevantes como, por exemplo, a incidência de uma determinada doença animal. Em seguida, foram apresentadas as funcionalidades da CoP que promovem a socialização e o compartilhamento das informações e conhecimento entre os diversos interessados, tais como técnicos e médicos veterinários, e estudantes, professores e pesquisadores sobre saúde animal.

Ao final da apresentação, os gestores se manifestaram e o feedback foi bastante positivo em relação à solução de KM desenvolvida, bem como reconheceram que a

CoP atende apropriadamente o propósito previsto e que esta poderia ser adaptada e implantada em outros contextos da universidade.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da Gestão do Conhecimento (KM) no ambiente organizacional como fator de melhoria do desempenho das atividades desenvolvidas e em benefício das próprias pessoas envolvidas é apontada em diversos trabalhos. A utilização do Ciclo KM para captura, compartilhamento e aplicação do conhecimento caracteriza-se como uma sistemática capaz de apoiar as ações da KM nas organizações.

Diante deste cenário, este estudo consistiu em relatar a aplicação do Ciclo KM para melhorar a socialização e o compartilhamento de informações da Clínica de Bovinos de Garanhuns (CBG). Para tanto, foi realizada uma pesquisa-ação, utilizando técnicas como entrevistas e questionários para obtenção de dados primários, objetivando conhecer a realidade da clínica no que tange aos processos organizacionais e a gestão das informações.

Os resultados obtidos mostram que o adequado uso de ferramentas e técnicas de gestão do conhecimento contribui para melhorar o desempenho organizacional no que diz respeito a fomentar uma maior interação entre as pessoas (socialização) e a troca de informações (compartilhamento de conhecimento) para permitir a realização de trabalho coletivo e colaborativo, como por exemplo, o diagnóstico de alguma enfermidade por médicos veterinários não colocalizados. No contexto deste trabalho, o uso da Comunidade de Prática (CoP), implementada através da rede social corporativa Slack, permitiu que o objetivo do trabalho fosse alcançado.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. et al. Avaliação de um sistema para gestão do conhecimento de uma empresa de desenvolvimento de software. **Simpósio Brasileiro de Sistemas da Informação–SBSI**, 2017.

BEHR, R. R.; NASCIMENTO, S. P. A gestão do conhecimento como técnica de controle: uma abordagem crítica da conversão do conhecimento tácito em explícito. **Cadernos Ebape**. br, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2008.

COELHO, E. M. Gestão do conhecimento como sistema de gestão para o setor público. 2004.

DA SILVA, A. M. et al. Gestão do Conhecimento como ferramenta para melhoria do trabalho coletivo e colaborativo. **International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)**, v. 7, n. 17, p. 65–83, 2018.

DALKIR, K. **Knowledge management in theory and practice**. [s.l.] Routledge, 2013.

GARCIA, K.; PINTO, D.; TENÓRIO, N. **Ferramentas tecnológicas de comunicação [não]-institucionalizadas: uma investigação no âmbito do desenvolvimento de software**. International Congress of Knowledge and Innovation-Ciki. **Anais...**2017

LUCHESI, E. S. F. Gestão do conhecimento nas organizações. **Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo**, 2012.

PANAHI, S.; WATSON, J.; PARTRIDGE, H. Information encountering on social media and tacit knowledge sharing. **Journal of Information Science**, v. 42, n. 4, p. 539–550, 2016.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. [s.l.] Editora Feevale, 2013.

PRUSAK, L.; DAVENPORT, T. Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. **Peres L, tradutor**, v. 8, 1998.

STRAUHS, F. DO R. et al. **Gestão do conhecimento nas organizações** Aymarã Educação, , 2012.

TAKEUCHI, H.; NONAKA, I. **Gestão do conhecimento**. [s.l.] Bookman Editora, 2009.

VALENTIM, M. L. P. Gestão da Informação e Gestão do Conhecimento em ambientes organizacionais. **Tendências da Pesquisa Braileira em Ciência da Informação**, v. 1, n. 1, 2008.

GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Wendy Díaz Valdés

FAMAT-Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Lígia Laís Fêmina

FAMAT-Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Gisele Andrade Lemos

FAMAT-Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

Jorge Vicente Barbosa Júnior

FAMAT-Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG

RESUMO: Nesse trabalho, apresentamos a definição de grupos de homologia simplicial e os cálculos desses grupos para alguns espaços trianguláveis, isto é, homeomorfos a um poliedro.

PALAVRAS-CHAVE: Poliedro. Simplexo. Homologia Simplicial

SIMPLICIAL HOMOLOGY GROUPS

ABSTRACT: In this work, we present the definition of simplicial homology groups and the calculations of these groups for some triangulable spaces, that is, homeomorphs to a polyhedron.

KEYWORDS: Polyhedron. Simplexo. Simplicial

Homology

1 | INTRODUÇÃO

Na topologia algébrica, a homologia simplicial na dimensão zero formaliza a ideia do número de componentes conexas e para dimensões maiores representa o número de “buracos” n -dimensionais.

A homologia simplicial surge como uma maneira de estudar os espaços topológicos cujos componentes estruturais são n -simplexos. Esta ferramenta é calculada em espaços homeomorfos a um poliedro, tal homeomorfismo se refere a uma triangularização do espaço dado. Muitos espaços topológicos de interesse podem ser triangularizados. A homologia simplicial só depende do espaço topológico associado. Dessa forma, esta oferece uma maneira de distinguir um espaço de outro.

2 | COMPLEXO SIMPLICIAL E HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Definição 1. Um conjunto $A = \{a_0, a_1, \dots, a_k\}$ de $k + 1$ pontos em \mathbb{R}^n é geometricamente independente quando

apenas os vetores $\alpha_1 - \alpha_0, \alpha_2 - \alpha_0, \dots, \alpha_k - \alpha_0$ são independentes.

Definição 2. Seja $\{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_k\}$ um conjunto de pontos geometricamente independentes em \mathbb{R}^n . O k -simplexo, σ^k , é o conjunto de todos os pontos $x \in \mathbb{R}^n$, que são gerados por $\{\alpha_0, \dots, \alpha_k\}$ para os quais não existem números reais negativos $\{\lambda_0, \dots, \lambda_k\}$ tal que $x = \sum_{t=0}^k \lambda_t \alpha_t$ e $\sum_{t=0}^k \lambda_t = 1$.

O **0-simplexo** é simplesmente um conjunto unitário, **1-simplexo** é um segmento de linha fechado, **2-simplexo** é um triângulo (interior e arestas), **3-simplexo** é um tetraedro (interior e arestas). Um **0-simplexo aberto** é o conjunto unitário, **1-simplexo aberto** é um segmento de linha com os pontos finais removidos, **2-simplexo aberto** é o interior de um triângulo, **3-simplexo aberto** é o interior de um tetraedro.

Definição 3. Dizer que um simplexo σ^k é uma face de um simplexo σ^n , $k \leq n$, significa que cada vértice de σ^k é um vértice de σ^n . Se σ^n é o simplexo com vértices $\alpha_0, \dots, \alpha_n$, escrevemos $\sigma^n = \langle \alpha_0 \dots \alpha_n \rangle$.

Definição 4. Dois simplexos σ^m e σ^n são **propriamente unidos**, contanto que eles não tenham intersecção. Ou a intersecção $\sigma^m \cap \sigma^n$ é uma face de ambos.

Definição 5. Um complexo simplicial é uma família finita K de simplexos geométricos os quais são **propriamente unidos** e tem a propriedade de que cada face de um elemento de K é também um elemento de K . A dimensão de K é o maior índice positivo r tal que K tenha um r -simplexo. A união de elementos de K com o subespaço topológico Euclidiano é denotado por $|K|$ e é chamado de **poliedro** associado a K .

Definição 6. (ARMSTRONG, 1983) A triangularização de um espaço topológico consiste num complexo simplicial K e um homeomorfismo $h: |K| \rightarrow X$.

Geometricamente, triangularizar uma superfície é cobri-la de formas triangulares, as quais ou tem uma face toda em comum um vértice ou uma aresta. Além disso, a triangularização de uma superfície não é única.

A figura 1 mostra um exemplo de uma superfície triangularizada, a faixa de Möbis:

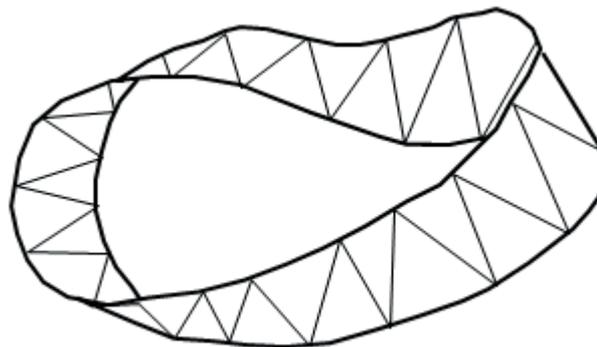


Figura 1. Triangularização da faixa de Möbis.

Definição 7. Um n -simplexo orientado, $n \geq 1$ é obtido de um n -simplexo

$\sigma^n = \langle \alpha_0 \dots \alpha_n \rangle$ escolhendo a ordem para esses vértices. A classe equivalente de permutações pares para escolha da ordem determina o simplexo orientado positivamente $+\sigma^n$, enquanto a classe equivalente das permutações ímpares determina o simplexo orientado negativamente. Um complexo simplicial orientado é obtido de um complexo simplicial atribuído uma orientação para cada simplexo. Se os vértices $\alpha_0, \dots, \alpha_p$ de um complexo K são os vértices de um p -simplexo σ^p , então o símbolo $+\langle \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$ denota a classe de permutações pares para indicar a ordem de $\alpha_0, \dots, \alpha_p$ e $-\langle \alpha_0, \dots, \alpha_p \rangle$ denota a classe de permutações ímpares.

Definição 8. Seja K um complexo geométrico orientado com simplexos σ^{p+1} e σ^p cujas dimensões diferem por 1. Nós associamos em cada par (σ^{p+1}, σ^p) um número de incidência $[\sigma^{p+1}, \sigma^p]$ definido como:

Se σ^p não é uma face de σ^{p+1} , $[\sigma^{p+1}, \sigma^p] = 0$. Suponha que σ^p é uma face de σ^{p+1} . Ordene os vértices $\alpha_0, \dots, \alpha_p$ de σ^p tal que $+\sigma^p = +\langle \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$. Seja ν o vértice de σ^{p+1} , o qual não é vértice de σ^p . Então $+\sigma^p = \pm \langle \nu \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$. Se $+\sigma^p = +\langle \nu \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$. Se $+\sigma^p = +\langle \nu \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$, então $[\sigma^{p+1}, \sigma^p] = 1$ Se $+\sigma^p = -\langle \nu \alpha_0 \dots \alpha_p \rangle$, então $[\sigma^{p+1}, \sigma^p] = -1$.

Exemplo 1: Se $+2 = +\langle \alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \rangle$, $+1 = +\langle \alpha_0 \alpha_1 \rangle$ e $+1 = \langle \alpha_0 \alpha_2 \rangle$, então $[\sigma^2, \sigma^2] = 1$ e $[\sigma^2, \tau^1] = -1$.

Definição 9. Seja K um complexo simplicial orientado. Se p é um número inteiro positivo, a p -dimensional cadeia, ou p -cadeia, é uma função c_p que leva a família de p -simplexos orientado de K para inteiros tal que, para cada p -simplexo σ^p , $c_p(-\sigma^p) = -c_p(+\sigma^p)$.

Com a operação adição ponto a ponto induzida pelos inteiros, a família de p -cadeias forma um grupo chamado de grupo p -dimensional cadeia de K . Esse grupo é denotado por $C_p(K)$.

O grupo cadeia $C_p(K)$ é isomórfico à soma direta de grupos \mathbb{Z} . Assim se K tem α_p p -simplexos, então $C_p(K)$ é isomórfico a soma direta de α_p cópias de \mathbb{Z} . Um isomorfismo é dado pela correspondência $\sum_{i=1}^{\alpha_p} g_i \sigma_i^p \leftrightarrow (g_1, \dots, g_{\alpha_p})$.

Definição 10. Se $g \cdot \sigma_p$ é uma p -cadeia elementar com $p \geq 1$, o **bordo** de $\partial(g \cdot \sigma_p)$ denotado por $\partial(g \cdot \sigma^p)$ é definido por $\partial(g \cdot \sigma^p) = \sum [\sigma^p, \sigma_i^{p-1}] g \cdot \sigma_i^{p-1}$, $\sigma_i^{p-1} \in K$.

O operador bordo ∂ é estendido por linearidade para um homomorfismo

$$\partial_p(g \cdot \sigma^p) : C_p(K) \rightarrow C_{p-1}(K).$$

Em outras palavras, se $c_p = \sum g_i \cdot \sigma_i^p$ é uma p -cadeia arbitrária, então nós definimos

$$\partial_p(c_p) = \sum \partial_p(g_i \cdot \sigma_i^p).$$

O bordo de uma 0-cadeia é definido como sendo zero.

Teorema 11. ((CROOM, 1978), Teorema 2.1). Se K é um complexo orientado e $p \geq 2$, então $\partial_{p-1} \circ \partial_p : C_p(K) \rightarrow C_{p-2}(K)$ no diagrama $C_p(K) \xrightarrow{\partial_p} C_{p-1}(K) \xrightarrow{\partial_{p-1}} C_{p-2}(K)$ é um homomorfismo trivial.

Definição 12. Seja K um complexo orientado. Se p é um inteiro positivo, um

p -dimensional ciclo em K , ou p -ciclo, é uma p -cadeia z_p tal que $\partial(z_p) = 0$. A família de p -ciclos é o núcleo do homomorfismo $\partial_p : C_p(K) \rightarrow C_{p-1}(K)$. e é um subgrupo de $C_p(K)$. Esse subgrupo, denotado por $Z_p(K)$, e é chamado de grupo ciclo p -dimensional de K . Desde que definimos o bordo de uma 0 -cadeia como sendo 0 , nós agora definimos 0 -ciclo como sendo sinônimo de 0 -cadeia. Assim, o grupo $Z_p(K)$ de 0 -ciclos é o grupo $C_p(K)$ de 0 -cadeias.

Se $p \geq 0$, a p -cadeia b_p é um p -dimensional bordo em K , ou p -bordo, se há uma $(p+1)$ -cadeia tal que $\partial(c_{p+1}) = b_p$. A família de p -bordos é a imagem $\partial_{p+1}(C_{p+1}(K))$. e é um subgrupo de $C_p(K)$. Esse subgrupo é chamado de p -dimensional grupo-bordo de K e é denotado por $B_p(K)$.

Se n é a dimensão de K , então não existe p -cadeias em K para $p > n$. Nesse caso nós dizemos que $C_p(K)$ é o grupo trivial $\{0\}$. Em particular, não existe $(n+1)$ -cadeias em K tal que $C_{n+1}(K) = \{0\}$ e, portanto $B_n(K) = \{0\}$.

Teorema 13 ((CROOM, 1978), teorema 2.2). Se K é um complexo orientado, então $B_p(K) \subset Z_p(K)$ para cada inteiro p tal que $0 \leq p \leq n$, onde n é a dimensão de K .

Definição 14. Dois p -ciclos w_p e z_p num complexo K são homólogos, se existe uma $(p+1)$ -cadeia c_{p+1} tal que $\partial(c_{p+1}) = w_p - z_p$. Escrevemos $w_p \sim z_p$. Se um p -ciclo t_p é bordo de uma $(p+1)$ -cadeia, nós dizemos que t_p é homólogo a zero e escrevemos $t_p \sim 0$.

Essa relação de homologia para p -ciclos é uma relação de equivalência, então temos as classes de homologia de $Z_p(K)$, dada por

$$[z_p] = \{w_p \in Z_p(K) : w_p \sim z_p\}.$$

As classes laterais são: $z_p + B_p(K) = \{z_p + \partial_{p+1}(c_{p+1}) : \partial_{p+1}(c_{p+1}) \in B_p(K)\}$. Portanto as classes homológicas são membros do grupo quociente $\frac{Z_p}{B_p}$. Nós podemos usar a estrutura do grupo quociente para adicionar as classes de homologia $B_p(K)$.

Definição 15. Se K é um complexo orientado e p um inteiro não-negativo, o grupo homologia p -dimensional de K é $H_p(K) = \frac{Z_p}{B_p}$.

3 | EXEMPLOS DE GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Exemplo 1: Considere a configuração mostrada na figura abaixo. O interior do tetraedro e o interior do triângulo $\langle def \rangle$ não são incluídos. Esse espaço é um poliedro K .

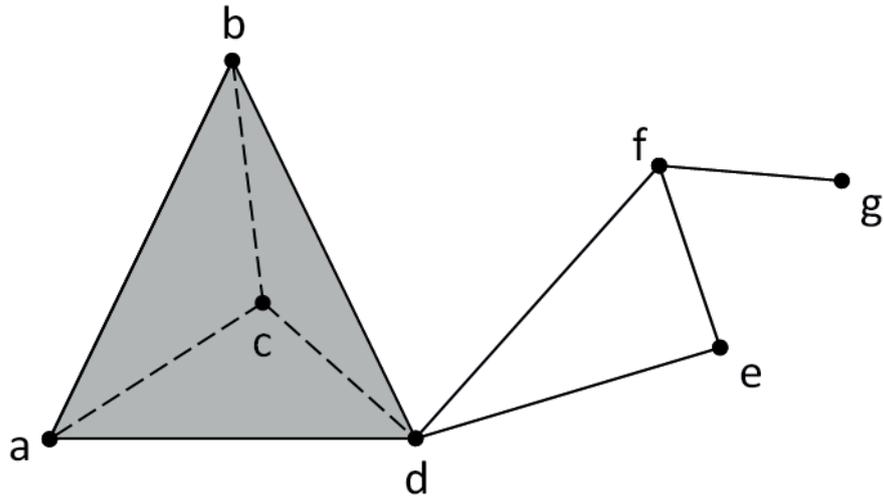


Figura 2. Complexo simplicial (CROOM, 1978).

Observe que

$$\begin{aligned}\partial_2(\langle abc \rangle + \langle acd \rangle) &= \langle ab \rangle + \langle bc \rangle + \langle ca \rangle + \langle ac \rangle + \langle cd \rangle + \langle da \rangle \\ &= \langle ab \rangle + \langle bc \rangle + \langle cd \rangle + \langle da \rangle\end{aligned}$$

Vamos verificar que δ_1 o δ_2 é um operador trivial

$$\partial_1(\langle ab \rangle + \langle bc \rangle + \langle cd \rangle + \langle da \rangle) = \langle b \rangle - \langle a \rangle + \langle c \rangle - \langle b \rangle + \langle d \rangle - \langle c \rangle + \langle a \rangle - \langle d \rangle = 0$$

Assim, todo bordo é um ciclo.

Intuitivamente, um ciclo é uma cadeia cujos termos fecham um buraco ou formam um bordo de uma cadeia de dimensão maior. Nós investigamos os “buracos” no poliedro para determinar os ciclos que não são bordos.

Considere a 2-cadeia $\langle abc \rangle + \langle bcd \rangle + \langle acd \rangle + \langle abd \rangle$, o bordo da 2-cadeia é:

$$\partial_2(\langle abc \rangle + \langle bcd \rangle + \langle acd \rangle + \langle abd \rangle) = 0$$

Logo, é um 2-ciclo e não é um bordo desde que o interior do tetraedro não está incluído. Considere $z = \langle df \rangle + \langle fe \rangle + \langle de \rangle$

$$\partial_1(z) = \langle f \rangle - \langle d \rangle + \langle e \rangle - \langle f \rangle + \langle e \rangle - \langle d \rangle = 0$$

Portanto, z é 1-ciclo e não é bordo.

E qualquer outro 1-ciclo é um bordo ou a soma de z e um bordo. Assim qualquer 1-ciclo é homólogo a zero ou homólogo ao ciclo fundamental 1-ciclo z . Isso indica a presença de 2 buracos no poliedro, um limitado por 2-ciclo e outro pelo 1-ciclo z . Além disso, K possui uma única componente conexa. Portanto, $H_i(K) = \mathbb{Z}$, $i = 0, 1, 2$.

Exemplo 2: Seja a triangulação da faixa de Möbius mostrada na figura abaixo com a orientação $\alpha_0 < \alpha_1 < \dots < \alpha_5$

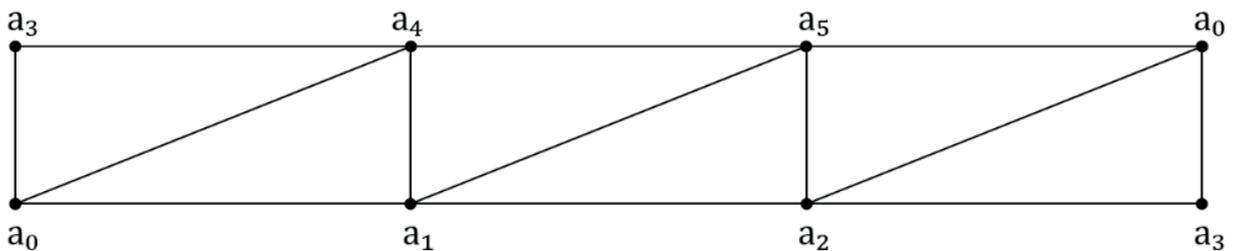


Figura 3. Outra triangulação da faixa de Möbius (CROOM, 1978)

Não há 3-simplexos em M , $B_2(M) = \{0\}$ então. Suponha que

$$w = g_0\langle a_0 a_3 a_4 \rangle + g_1\langle a_0 a_1 a_4 \rangle + g_2\langle a_1 a_4 a_5 \rangle + g_3\langle a_1 a_2 a_5 \rangle + g_4\langle a_0 a_2 a_5 \rangle + g_5\langle a_0 a_2 a_3 \rangle$$

é um 2-ciclo.

Calculando o bordo de w temos

$$\begin{aligned} \partial_2(w) = & (g_0 + g_5)\langle a_0 a_3 \rangle + g_0\langle a_3 a_4 \rangle + (-g_0 - g_1)\langle a_4 a_0 \rangle + g_1\langle a_0 a_1 \rangle \\ & + (g_1 + g_2)\langle a_1 a_4 \rangle + (-g_2 - g_3)\langle a_1 a_5 \rangle + g_2\langle a_4 a_5 \rangle + g_3\langle a_1 a_2 \rangle \\ & + (g_3 + g_4)\langle a_2 a_5 \rangle + (g_4 + g_5)\langle a_0 a_2 \rangle + g_4\langle a_0 a_5 \rangle - g_5\langle a_3 a_0 \rangle \end{aligned}$$

Para w ser 2-ciclo, temos que $\partial(w) = 0$ se, $g_0 = g_1 = g_2 = g_3 = g_4 = g_5 = 0$ e somente se.

Assim, $Z_2(M) = \{0\}$. Portanto $H_2(M) = \frac{Z_2}{B_2} = \{0\}$.

Considere as seguintes 1-cadeias: $z = 1\langle a_0 a_1 \rangle + 1\langle a_1 a_2 \rangle + 1\langle a_2 a_3 \rangle - 1\langle a_2 a_3 \rangle$ e $z' = 1\langle a_0 a_3 \rangle + 1\langle a_3 a_4 \rangle + 1\langle a_4 a_5 \rangle - 1\langle a_0 a_5 \rangle$. Calculando os bordos, temos que z e z' são 1-ciclos. (Usando a intuição também vemos que são 1-ciclos, pois z e z' fazem um ciclo completo começando e terminando em a_0). Entretanto, $z - z'$ deve ser fronteira de alguma 2-cadeia.

Com um pouco de cálculo, descobrimos que

$$z - z' = \partial_2(1\langle a_0 a_1 a_4 \rangle + 1\langle a_1 a_2 a_5 \rangle + 1\langle a_0 a_2 a_3 \rangle - 1\langle a_0 a_2 a_5 \rangle - 1\langle a_1 a_4 a_5 \rangle - 1\langle a_0 a_3 a_4 \rangle)$$

Logo, $z \sim z'$.

Com um cálculo similar verificamos que qualquer 1-ciclo é homólogo a um múltiplo de z .

Portanto, $H_1(M) = \{[gz] : g \in \mathbb{Z}\}$, então $H_1(M) \cong \mathbb{Z}$. Isso indica que o poliedro IMI tem um buraco limitado por 1-simplexo.

Para determinar $H_0(M)$, observe que qualquer 0-cadeia $1\langle a_i \rangle$ e $1\langle a_j \rangle$ (i, j variando de 0 a 5) são homólogos.

Por exemplo, $\partial_1(1\langle a_0 a_4 \rangle + 1\langle a_4 a_5 \rangle) = +1\langle a_5 \rangle - 1\langle a_0 \rangle$. Logo, $H_0(M) = \{[g\langle a_0 \rangle] : g \in \mathbb{Z}\}$, então $H_0(M) \cong \mathbb{Z}$. Note que no nível zero a homologia indica que tem apenas uma componente conexa.

4 | CONCLUSÃO

Intuitivamente, o grupo de homologia de um complexo é descrito como um arranjo dos simplexos no complexo de tal modo que nos dirá os buracos associados ao poliedro e o número de componentes conexas.

REFERENCIAS

ARMSTRONG, M. A. Basic Topology. New York: [s.n.].

CROOM, H. F. **Basic concepts of algebraic topology**. 1th. ed. New York: Springer-Verlag, 1978.

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PPGEI)

Belém – Pará

Douglas Santos Silva

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

Igor dos Santos Gomes

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

Maurício Maia Ribeiro

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA)

Belém – Pará

Roberto Tetsuo Fujiyama

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) e Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)

Belém – Pará

RESUMO: As fibras vegetais têm sido estudadas como alternativa na substituição de fibras sintéticas, pois além de serem de fontes renováveis, baixo consumo e abundantes na natureza, são de fácil trabalhabilidade. A

literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Neste contexto, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta com arranjos, distribuição e orientação em que as fibras sintéticas geralmente têm bom desempenho. As configurações dos laminados nos compósitos foram 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°. As lâminas com 0° e 45° foram produzidas manualmente, enquanto que a do tecido foi fornecida pelo fabricante. A fabricação dos compósitos foi feita através da técnica de laminação manual (*hand-layup*). Corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039, para ensaio de tração e avaliação de propriedades como força máxima, deslocamento correspondente à força máxima, limite de resistência à tração e módulo de elasticidade. O compósito que apresentou maior resistência à tração foi o laminado na configuração 0°/0°/0°, com 69 MPa, seguido do laminado 0°/Tecido/0°, com 52,42 MPa, seguido do 0°/45°/0°, com 47,17 MPa e 0°/90°/0°, com 43,31 MPa. Além da avaliação das propriedades mecânicas, também foram avaliados os mecanismos de fratura dos corpos de prova após o ensaio de tração.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos poliméricos; fibras vegetais; propriedades mecânicas;

laminação manual.

POLYESTER MATRIX LAMINATES REINFORCED WITH JUTE THREAD AS FABRIC AND ORIENTED AT 0°, 45° AND 90°

ABSTRACT: Natural fibres have been studied as an alternative to synthetic fibres. Natural fibres are usually from renewable sources, abundant in nature and they are easy to work with. Current literature suggests that continuous fibre reinforced polyester composites unidirectionally aligned have the strongest mechanical properties. This study presents composite laminate materials of polyester matrix reinforced with jute thread. The natural fibre in the laminates used in this study were arranged, distributed and oriented in the same way as synthetic fibres would be arranged in laminates to achieve their strongest mechanical properties. The configurations of the laminates in the composites were 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° and 0°/fabric/0°. The 0° and 45° layers were produced manually, while the manufacturer supplied the fabric. The composites were produced using hand-layup technique. The samples used in this study were produced according to ASTM3039 specifications. The samples were subjected to a tensile test to investigate their mechanical properties, such as maximum strength, displacement corresponding to maximum strength, tensile strength and modulus of elasticity. Test results showed the composite material with laminate configuration 0°/0°/0° had the highest tensile strength, 69 MPa. The laminate with 0°/fabric/0° configuration had tensile strength of 52,42 MPa, the one with 0°/45°/0° configuration had tensile strength of 47,17 MPa and the laminate with 0°/90°/0° configuration had the lower tensile strength, 43,31 MPa. In addition to the mechanical properties analysis the samples were analysed for the fracture mechanics behaviour after the tensile test.

KEYWORDS: Polymer composites; natural fibres; material mechanical properties; hand-layup lamination

1 | INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais, que possibilitem a sustentabilidade da Região Amazônica, tem motivado as pesquisas e aumentado a importância da utilização das fibras vegetais como elementos de carga e/ou reforços em compósitos de matriz polimérica. Estas fibras são provenientes de fontes renováveis, biodegradáveis, apresentam baixo custo, baixa densidade e abrasividade, além de propriedades mecânicas com potencial à substituição das fibras sintéticas utilizadas na construção civil, na indústria automobilística e aeronáutica. (BAVAN; KUMAR, 2010; VAISANEN, DAS, TOMPPO, 2017; SANTOS; SILVA; CASTRO, 2017)

Recursos naturais renováveis têm sido usados na fabricação de compósitos, sejam de matrizes que podem ser recicladas (termoplásticas), como de matrizes não recicláveis (termorrígidas), uma vez que o reforço destes com fibras naturais está

associado à nova lógica do desenvolvimento sustentável e potencializa a produção de materiais ambientalmente corretos (ALVES et. al., 2010; RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015; DAKHAL et al., 2017).

As propriedades dos compósitos estão diretamente associadas às propriedades dos seus elementos constituintes, isto é, da fase contínua (matriz) e da fase dispersa (reforço), bem como das frações volumétricas, interface e adesão reforço/matriz, disposição das camadas e orientação, geometria do filamento, como forma e tamanho (MARINUCCI, 2011; HILLIG et al., 2011). As fibras naturais de origem vegetal mais recentemente utilizadas em aplicações de compósitos provêm do caule e da folha. Dentre estas, podem ser citadas o linho, cânhamo, juta, sisal, kenaf, coco, sumaúma, banana e muitas outras (SANJAY, ARPITHA, YOGESHA, 2015). Alguns destes materiais já foram adotados, por exemplo, pelas indústrias automotiva e aeroespacial (HO et al., 2012; SATHISHKUMAR, NAVANEETHAKRISHNAN, SHANKAR, 2012).

Das fibras vegetais, destaca-se a fibra de juta (*Corchorus capsularis*), que possui muitas vantagens, como baixo custo, ecológicas, propriedades mecânicas moderadas, o que as torna melhores alternativas de fibras sintéticas em muitas aplicações (HOSSAIN et al., 2013). Como reforço em compósitos, a juta também pode ser usada na forma de tecido, cujos fios são formados por microfibras. Cavalcante (2008) observou que, independentemente do tipo de matriz e do diâmetro do fio utilizado, as torceduras nos fios de juta podem provocar aumento na carga e tensão de ruptura do compósito, além da deformação; há, porém, diminuição nos valores do módulo de elasticidade.

Em compósitos de matriz epóxi e reforço com fios de juta na forma de tecido, Pires et al. (2012), por exemplo, realizou ensaio de tração em conformidade com a norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3039), verificando a influência da fração volumétrica, uma que com 30% de foi obtido limite de resistência à tração de 71,07 MPa e módulo de elasticidade de 0,93 GPa para o compósito. Esta influência associada à orientação da fibra foi conferida posteriormente por Dhakal (2013).

Veiga (2014) desenvolveu compósitos de matriz poliéster e mostrou a influência de camadas de tecido de juta nas orientações de 0°, 45° e 90°, empilhadas nas configurações [0°,45°,0°] e [0°,90°,0°], de forma simétrica, em seis camadas. As propriedades obtidas no ensaio de tração realizado em conformidade com a norma ASTM D3039, mostram que os laminados na configuração [0°,90°,0°] apresentaram maior limite de resistência à tração, 36,5 MPa, em comparação ao laminados na configuração [0°,45°,0°], 33,9 MPa, devido no primeiro os fios de juta estarem dispostos na direção preferencial ao sentido de aplicação da força.

Silva (2014), em compósito de matriz polimérica ortoftálica reforçados com fibras de juta, contínuas e alinhadas, in natura e sem tratamento químico, proporções de 0%, 10%, 20% e 30% em volume de fibras, obteve limites de resistência à tração

de 31,26 MPa, 62,49 MPa, 68,80 MPa e 56,58 MPa, para de 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Os módulos de elasticidade encontrados foram de 0,45 GPa, 0,98 GPa, 0,80 GPa e 0,61 GPa para 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Tais valores revelam o aumento da resistência à tração com o aumento do teor de fibras alinhadas.

Neste contexto, portanto, vê-se que a literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Assim, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta nas configurações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, utilizando a norma ASTM D3039 para ensaio de tração, de modo a avaliar a influência das orientações nas propriedades mecânicas.

2 | MATERIAIS

Ao longo do desenvolvimento do trabalho utilizou-se a resina de poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, fabricada pela Royal Polímeros sob a denominação comercial de *Denverpoly 754*.

O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33% (v/v). Com esta proporção, Rodrigues (2008), obteve boas propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

A juta foi adquirida no comércio de Belém, na forma de tecido, do qual foram retirados os fios para a confecção das lâminas usadas nesta pesquisa.

3 | MÉTODOS

3.1 Preparação das lâminas com fios de juta

Os tecidos de juta foram desfiados para a confecção das lâminas e serem trabalhados apenas com os fios para poderem ser feitos os alinhamentos propostos, os fios foram fixados no papel com a fita dupla face seguindo os alinhamentos de 0° , 45° , 90° e tecido. Ao final do processo as lâminas foram costuradas na folha de papel A4 para garantir o alinhamento após a desmoldagem do papel.

3.2 Fabricação dos laminados

Na fabricação dos laminados foi utilizada uma base de compensado revestida com transparência, onde as lâminas foram organizadas e fixadas em diferentes configurações de ângulos. Para cada uma das placas confeccionadas foi usada uma determinada quantidade de resina que foi uniformemente distribuída por camada para garantir um padrão de fabricação através da técnica *hand-layup*.

Após esse procedimento aguardou-se uma semana para que se efetivasse a total cura do material. Foi usado a fração mássica de 18% para todas as placas. A Figura 1 ilustra a combinação feita para as lâminas 0° , 45° , 90° e tecido, ficando estabelecidas as placas $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$.

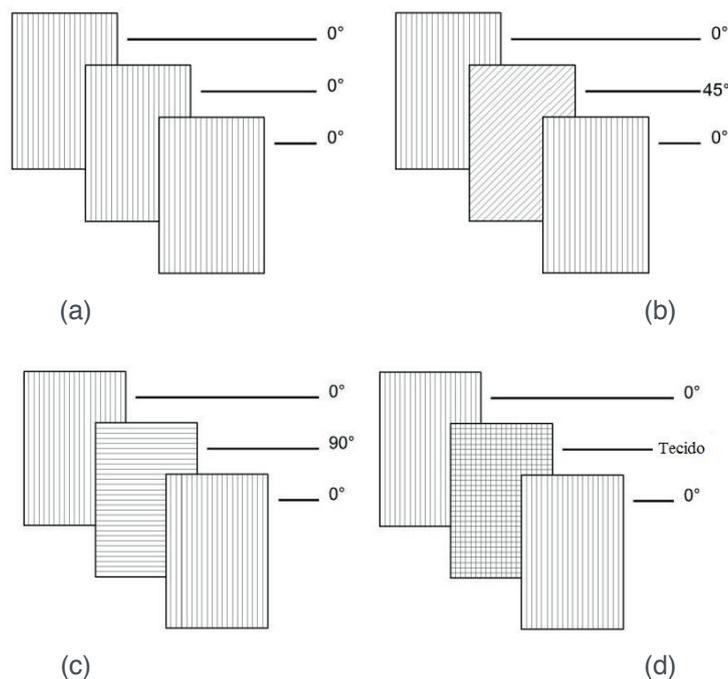


Figura 1: Configurações adotadas para a fabricação dos laminados, com as orientações (a) $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, (b) $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (c) $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e (d) $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$.

3.3 Confeção dos corpos de prova e ensaio de tração

Os corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039 e suas dimensões. Os alinhados a 0° foram obtidos com as dimensões de 15 mm de largura por 250 mm de comprimento, enquanto que os unidirecionais e tecidos com 25 mm de largura por 175 mm de comprimento. Os corpos foram cortados dos laminados com o auxílio de disco de corte diamantado.

O ensaio de tração foi realizado numa máquina EMIC modelo DL 500, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, dentro da norma ASTM D3039.

3.4 Análises da superfície de fratura

Após a realização do ensaio mecânico, a superfície de fratura de cada corpo de prova foi analisada para a verificação dos mecanismos de falha dos mesmos. As análises foram feitas através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Laminados de fios de juta

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5, têm-se o registro da configuração dos laminados na orientações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, nos quais se verifica a eficácia do processo de laminação manual de acordo com a sequência de empilhamento das lâminas para cada compósito.

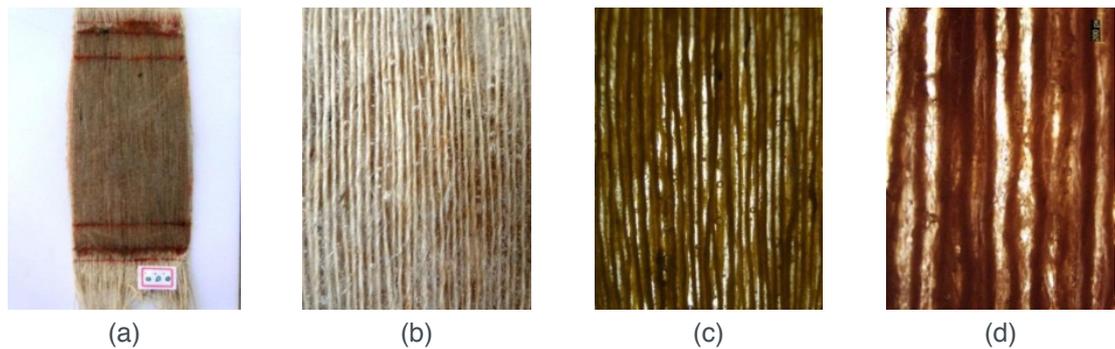


Figura 2: Laminados de fios de juta constituídos pelas orientações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

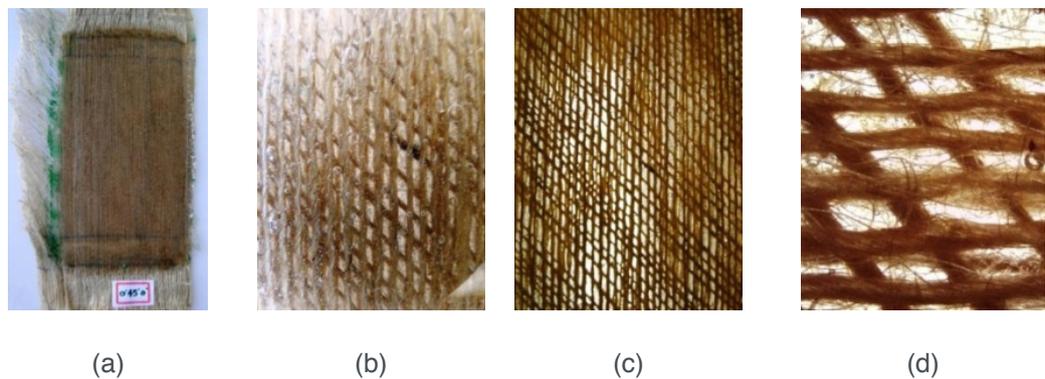


Figura 3: Laminado de fios de juta constituído pelas orientações $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

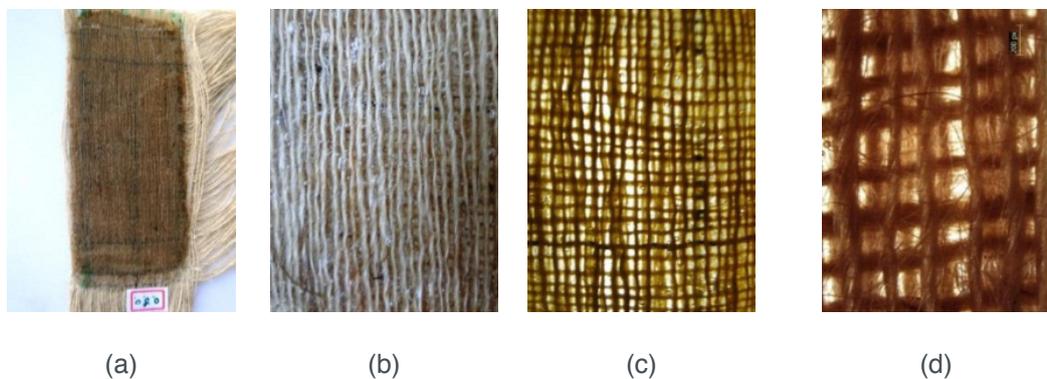


Figura 4: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

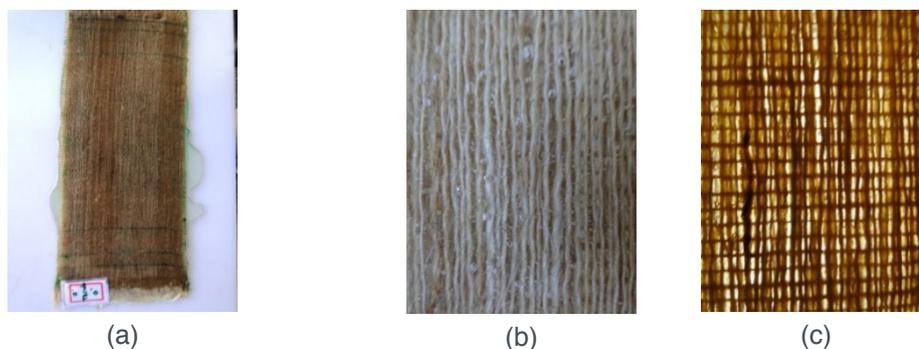


Figura 5: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações 0o/Tecido/0o, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

4.2 Propriedades Mecânicas

Por intermédio do ensaio de tração, obtiveram-se as propriedades mecânicas dos materiais compósitos, como força máxima, tensão máxima, deslocamento e módulo de elasticidade, mostradas na Tabela 1.

Tipo de Laminado	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (MPa)	Deslocamento na Força Máxima (mm)	Módulo de Elasticidade (GPa)
0°/0°/0°	2,60 ± 0,32	69,00 ± 6,20	2,43 ± 0,53	0,93 ± 0,17
0°/45°/0°	2,90 ± 0,47	47,17 ± 7,44	2,72 ± 0,37	1,12 ± 0,14
0°/90°/0°	2,67 ± 0,25	42,31 ± 3,98	2,40 ± 0,27	1,13 ± 0,08
0°/Tecido/0°	3,33 ± 0,96	52,42 ± 15,13	2,53 ± 0,48	1,25 ± 0,12

Tabela 1: Propriedades mecânicas dos materiais compósitos nas configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o laminado com a orientação de fios de juta a 0°/0°/0° possui a maior resistência à tração, 69 MPa. Nas orientações 0°/45°/0° e 0°/90°/0° a resistência cai para 47,17 MPa e 42,31 MPa, respectivamente. Comparado a estes, a orientação de 0°/Tecido/0° a resistência foi de 52,42 MPa. Na Figura 6 tem-se gráfico de barras comparando estes resultados.

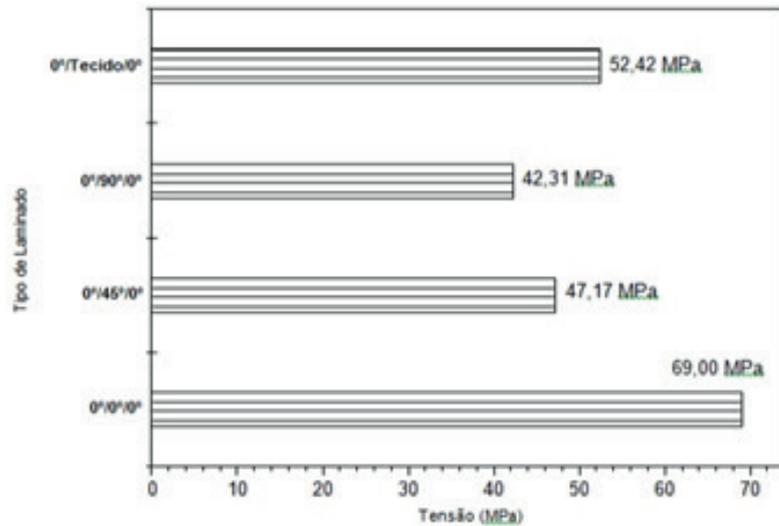


Figura 6: Valores de tensão máxima para os compósitos na configuração 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

Segundo o gráfico mostrado na Figura 6, observa-se que a resistência à tração do compósito com a configuração 0°/0°/0° é 38,68% superior em relação ao compósito com a configuração 0°/90°/0°. Já em relação às configurações 0°/45°/0° e 0°/Tecido/0°, é 31,64% e 24,03%, respectivamente.

Na Tabela 1 também é observado que houve um aumento no módulo de elasticidade dos materiais compósitos inverso ao aumento da resistência à tração. Na configuração 0°/0°/0° esse é 0,93 GPa, 0°/45°/0° 1,12 GPa, 0°/90°/0° 1,13 GPa e 0°/Tecido/0° 1,25 GPa. O módulo de elasticidade pode ser observado a partir da inclinação das curvas características, comportamento da força versus deslocamento para os compósitos com empilhamento 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°, mostrados na Figura 7.

De acordo com a regra das misturas, o compósito com fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento, apresentará a maior resistência à tração. Além disso, Cavalcante (2009) mostrou que para fios longos e alinhados de juta, têm-se um maior contato entre a fibra e a matriz, fazendo com que os esforços de tração experimentados pelo compósito durante o ensaio, sejam mais facilmente transmitidos da matriz para a fibra, aumentando, assim, a resistência do material.

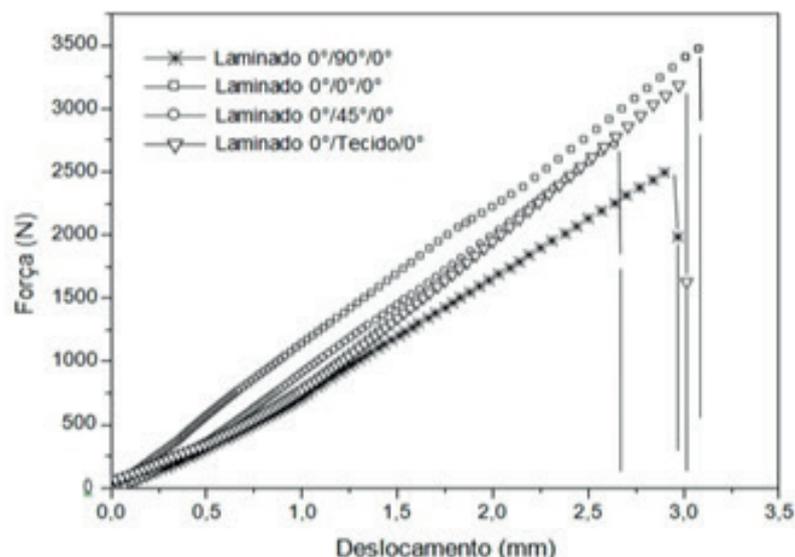


Figura 7: Curvas características da força versus deslocamento para os compósitos com configurações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$.

Assim, como já observado por Msallem et al. (2010) e Hossain et al. (2013), à medida que a orientação dos fios nas lâminas centrais muda da direção transversal para a direção longitudinal, isto é, de 90° e 45° para 0° , e devido os fios de juta possuírem alta resistência à tração, ocorre um aumento significativo na resistência à tração do compósito. No caso de a lâmina central ser o tecido, devido este possuir fios no sentido preferencial dos esforços, a resistência à tração é significativa.

As configurações $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ em comparação à $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, apresentam fibras também na orientação do carregamento, que são as lâminas com orientação a 0° . No entanto, as lâminas com fibras que estão a 90° têm menor contribuição como reforço no material compósito, e podem agir como cargas concentradoras de tensão.

Já no caso de uma mudança na orientação dos fios de juta na lâmina central da direção longitudinal para a transversal, tanto na Tabela 1 quanto na Figura 7, é observado aumento na rigidez do material compósito. A maior rigidez ocorre no compósito com a configuração que há tecido, cuja razão pode ser devido haver fios orientados tanto a 0° quanto a 90° . Este comportamento pode também estar relacionado, segundo Merlini (2011) e Sanchez et al. (2010), à incorporação das fibras no compósito, uma vez que as fibras possuem maior rigidez e menor deformação do que a matriz.

Na Tabela 2 tem-se comparação entre os compósitos desta pesquisa com a de outros pesquisadores que usaram as mesmas configurações dos laminados de juta na fabricação de materiais compósitos.

Configurações do reforço	Resistência à Tração (MPa)	Autores
0°/0°/0°	53,30	Cavalcante, 2008
0°/0°/0°	69,00	Esta pesquisa
0°/90°/0°	33,79	Cavalcante, 2008
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/90°/0°	36,50	Veiga, 2014
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/45°/0°	33,90	Veiga, 2014
0°/45°/0°	47,17	Esta pesquisa

Tabela 2: Comparativo dos resultados desta pesquisa com a de outros autores.

De acordo com as informações da Tabela 2 observa-se que os materiais compósitos originados nesta pesquisa apresentaram boas propriedades mecânicas de tração no que se refere ao limite de resistência à tração. Para o compósito com a configuração 0°/0°/0° em comparação a Cavalcante (2008), mostrou-se 22,75% superior. Para a configuração 0°/90°/0°, também apresentou resultados superiores, 20,13% e 13,73% que Cavalcante (2008) e Veiga (2014) respectivamente. Já para a configuração 0°/45°/0° o limite de resistência foi maior em 28,13% em relação ao pesquisado por Veiga (2014).

É importante ressaltar que a diminuição do valor da resistência à tração dos compósitos pode ter ocorrido não só pela mudança de orientação, mas também pela presença de defeitos na matriz e na própria fibra, uma vez, segundo Gupta (2015), esta resistência na fibra de juta é dependente da estrutura da fibra, pressão de aderência e derrapagem durante o teste de tensão e taxa de deformação. Ademais, as condições da superfície das fibras de juta nem sempre são idênticas e sendo higroscópica, tende a absorver umidade. Como resultado, a compatibilidade e a aderência entre a fibra de juta e a matriz pode variar, o que contribui para uma menor resistência à tração dos compósitos (JAWAID et al., 2012).

4.3 Análise Fractográfica

Através do aspecto da fratura dos materiais compósitos torna-se possível analisar a resposta ao comportamento mecânico ou solicitação mecânica destes, sendo que a posição das fibras no interior do compósito irá determinar a forma da fratura. As Figuras de 8 a 11 ilustram as fraturas dos corpos de prova com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

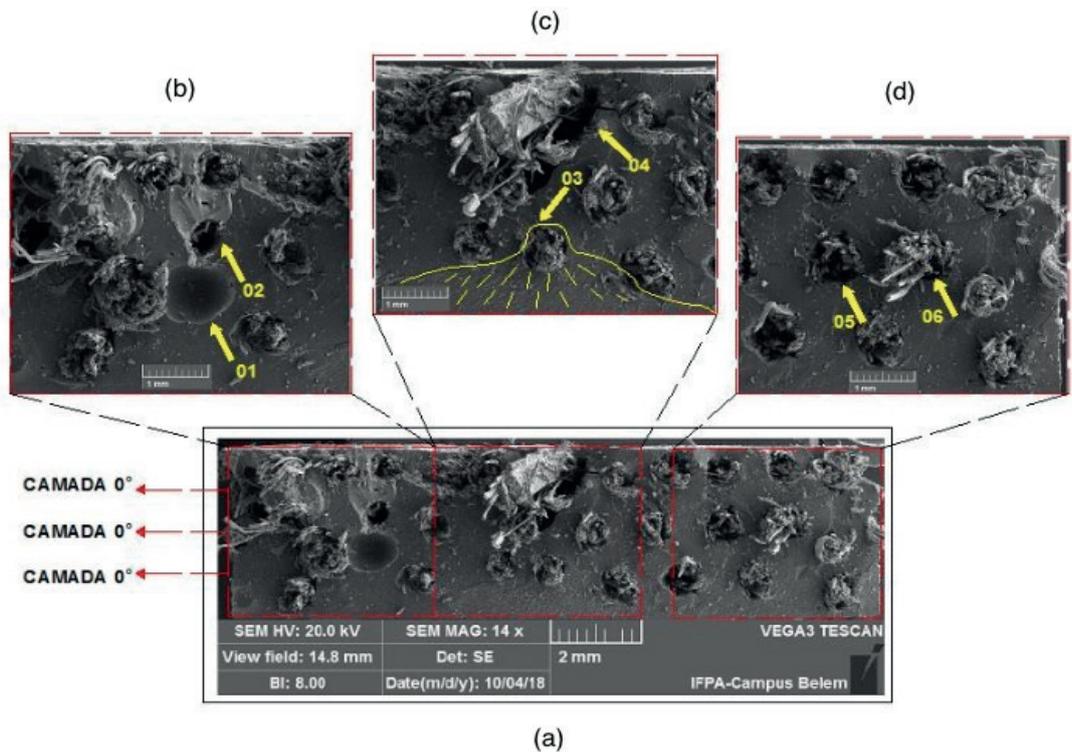


Figura 8: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Os maiores valores de resistência à tração na direção longitudinal também podem ser explicados por suas morfologias de fratura (HOSSAIN et al. 2013). Na Figura 8(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$. No detalhe mostrado na Figura 8(b) apresentam-se os vazios devido a presença de porosidades, devido processo de fabricação, estes vazios reduzem a resistência do compósito. Na Figura 8(c), observam-se fibras expostas, as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). No caso da Figura 8(d) há presença de trincas, além de arrancamento de fibras e ruptura das fibras (*pull out*).

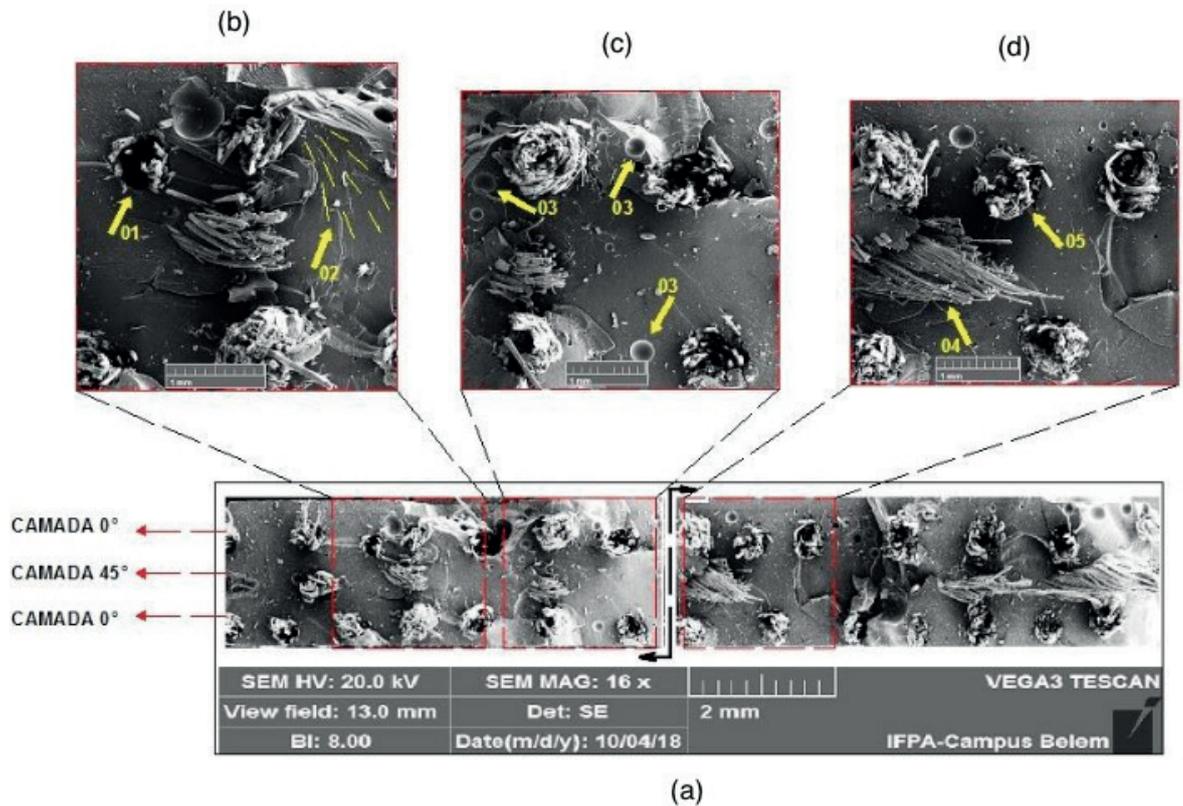


Figura 9: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 9(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração $0^\circ/45^\circ/0^\circ$. Nas respectivas Figuras 9(b), 9(c) e 9(d), observam-se o que a literatura chama de marcas de praia, região mais esbranquiçada onde ocorrem as maiores tensões, o que evidencia a falha da matriz. Essas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra, além das fibras expostas na configuração de 45° , as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). Observa-se também que há presença de trincas e vazios devido o aparecimento de porosidades, provenientes do processo de fabricação, e vazios devido ao arrancamento de fibras e conseqüentemente estes reduzem a resistência do material compósito.

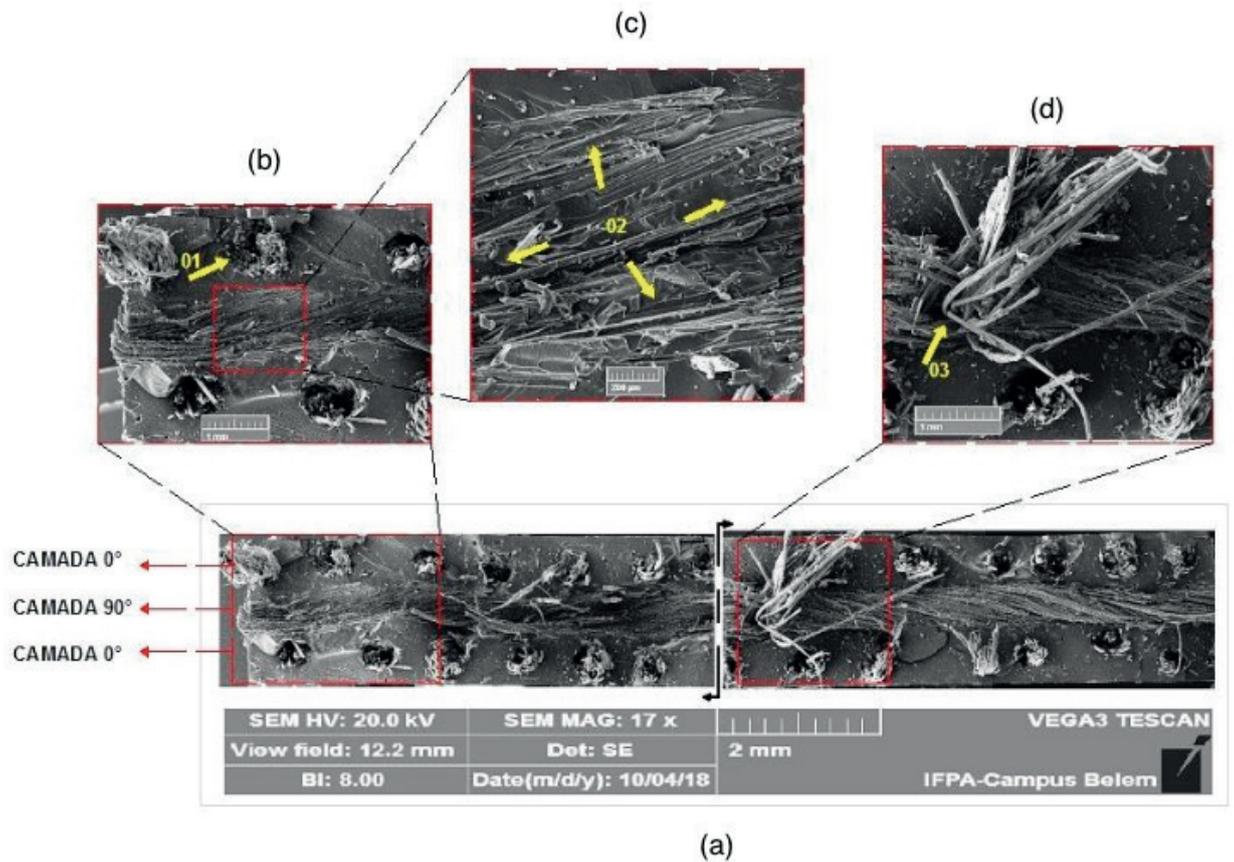


Figura 10: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 10(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, no qual também se observa fratura transversal e plana. No detalhe da Figura 10(b) é mostrado o descolamento da matriz/fibras de juta na direção de 90° . Essa orientação está agindo como facilitadora de iniciação e propagação de trincas, devido à baixa adesão interfacial entre matriz/fibras, além da presença de marcas de praia. Na Figura 10(c) a marcação deixada pela fibra na matriz após descolamento da mesma. No detalhe da Figura 10(d) observamos o processo de fibrilação da fibra de juta, as mesmas foram rompidas, o que evidencia que o mecanismo de falha deste compósito também foi por rompimento das fibras. Há a presença de fibras expostas que indicam que houve arrancamento (*pull out*) e os vazios deixados resultante deste processo.

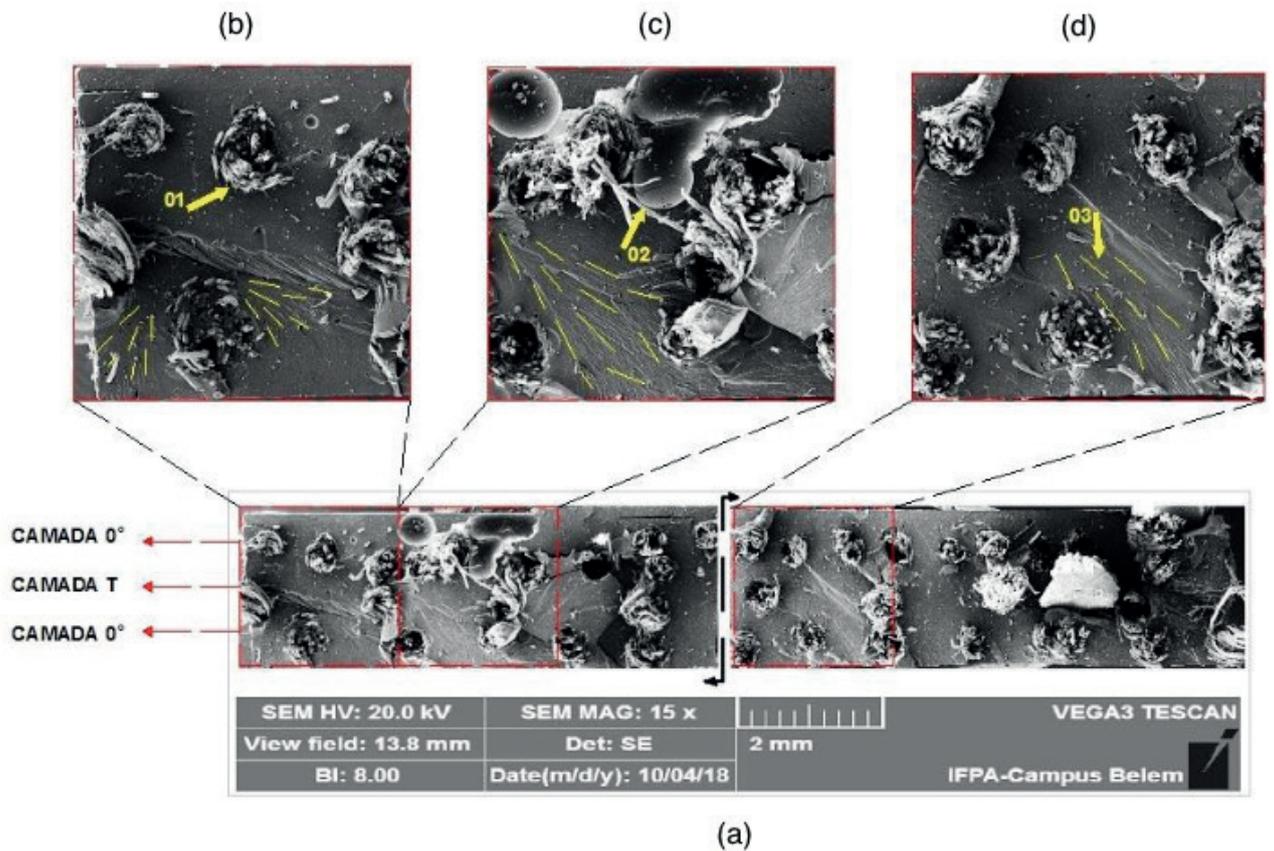


Figura 11: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 11(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, nas respectivas Figuras 11(b), 11(c) e 11(d), observam-se também marcas de praia, o que evidencia a falha da matriz. Observa-se que estas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta, evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra. Verifica-se também a presença de vazios gerados pelo processo de fabricação que têm aspectos característicos de seção circular, além de vazios que resultam de arrancamentos de fibras e geralmente não apresentam uma seção regular devido à geometria das fibras.

5 | CONCLUSÃO

Os compósitos de matriz poliéster com diferentes configurações dos laminados de fios de juta, de modo geral, tendem a apresentar maiores valores de resistência à tração com o alinhamento dos fios na direção do sentido de aplicação do esforço de tração, isto é, quando os fios estão orientados na direção longitudinal. Assim, para os materiais compósitos com as configurações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ o que apresentou maior resistência à tração foi o $0^\circ/0^\circ/0^\circ$. Os materiais compósitos com as disposições das fibras fora da direção do carregamento de tração tendem a deformar-se tanto por cisalhamento como por tração. No entanto, no caso

da orientação dos fios de juta da lâmina central na direção transversal, pode ocorrer aumento na rigidez do material, sendo esta maior no compósito 0°/Tecido/0°, devido possivelmente à maior incorporação de fios de juta no material, pois possuem maior rigidez que a matriz.

Com relação aos aspectos fractográficos, os compósitos com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0° apresentaram fraturas transversais e planas, com fibras expostas e possibilidade de arrancamento (*pull out*) dos fios de juta. A propagação das trincas pode ter ocorrido na direção dos fios perpendiculares à carga, para os fios orientados à 90° na configuração 0°/90°/0° e no tecido. Outros mecanismos de falha presentes são as marcas de praia destacando que ocorreu a transferência de carga da matriz para a fibra, além dos vazios provocados pelo processo de fabricação.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Pará Campus Belém e ao apoio financeiro da CAPES, CNPq e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. et al. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 313-327, mar. 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039/D3039M**: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. 2014.
- BAVAN, D. S.; KUMAR, G. C. M. Potential use of natural fiber composite materials in India. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Índia, v. 29, n. 24, p. 3600-3613, set. 2010.
- CAVALCANTE, J. M. de F.; CARVALHO, L. H. Estudo comparativo das propriedades mecânicas de compósitos pp/fios alinhados e contínuos de juta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 10°. 2009. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2009. p. 1-10. v. 1.
- CAVALCANTE, J. M. de F. **Desenvolvimento de um processo para a incorporação de fios de juta em matriz termoplástica e caracterização dos compósitos**. 2008. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2008.
- DHAKAL, B. **A Study on The Effect of Fiber Loading and Orientation on Mechanical Behaviour of Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites**. 2013. 31f. Thesis for (Bachelor of Technology in Mechanical Engineering) - Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology. Rourkela, 2013.
- DHAKAL, H. N., et al. Effect of basalt fiber hybridisation on post-impact mechanical behaviour of hemp fiber reinforced composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 75, p. 54-67, ago. 2015.
- GUPTA, M. K., SRIVASTAVA, R. K., BISARIA, H. Potential of Jute Fibre Reinforced Polymer Composites: A Review. **International Journal of Fiber and Textile Research**, v. 5, n. 3, p. 30-38,

ago. 2015.

HILLIG, É. et al. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (hdpe) e serragem da indústria moveleira – parte II – extrusão em dupla-rosca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 335-347, abr-jun. 2011.

HO, M. P., et al. Critical factors on manufacturing processes of natural fiber composites. **Composites Part B, Engineering**, v. 43, n. 8, p. 3549-3562, dez. 2012.

HOSSAIN, M. R. et al. Effect of Fiber Orientation on the Tensile Properties of Jute Epoxy Laminated Composite. **Journal of Scientific Research**, v. 5, n. 1, p. 43-54, 2013.

JAWAID, M. et al. Effect of jute fibre loading on the mechanical and thermal properties of oil palm–epoxy composites. **Journal of Composite Materials**, v. 47, n. 13, p. 1633-1641, jun. 2012.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos: Fundamentos e tecnologia**. São Paulo, Editora Artliber, 2011. 333p.

MERLINI, C. **Análise experimental de compósitos de poliuretano derivado de óleo de mamona e fibras de bananeira**. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2011.

MSALLEM, Y. A. et al. Material characterization and residual stresses simulation during the manufacturing process of epoxy matrix composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 41, n. 1, p. 108-115, jan. 2010.

PIRES, E. N. et al. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 22, n. 4, p.339-344, ago. 2012.

RODRIGUES, J. da S. **Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria Madeireira**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia: Materiais e processos de Fabricação) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

RODRIGUES, J. S; SOUZA, J. A. ; FUJIYAMA, R. T. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 946-960, jun. 2015.

SANCHEZ, E. M. S. et al.. Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana de Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, [s.l], v. 20, n.3, p.194, fev. 2010.

SANJAY, M.R., ARPITHA, G. R., YOGESHA, B. Study on Mechanical Properties of Natural-Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review. **Materials Today, Proceedings**, v. 2, n. 4-5, p. 2959-2967, jul. 2015.

SANTOS, S. S.; SILVA, G. F.; CASTRO, D. F. Utilização de fibras do mesocarpo e caroço do açaí como componente de misturas areia/asfalto para a pavimentação na cidade de Manaus/AM. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, v. 3, n. 04, p. 627-633, jul. 2017.

SATHISHKUMAR, T. P., NAVANEETHAKRISHNAN, P., SHANKAR, S. Tensile and flexural properties of snake grass natural fiber reinforced isophthallic polyester composites. **Composites Science and Technology**, v. 72, n. 10, p. 1183-1190, jun. 2012.

SILVA, A. T.; FONTES, R. S.; BATISTA, A. C. M. C. **Propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados com fibra de Juta**. I Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus

Caraúbas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.

VAISANEN, T., DAS, O., TOMPPONEN, L. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 582-596, abr. 2017.

VEIGA, N. A., **Comportamento à fratura em modo I de compósitos de matriz polimérica, reforçados com fibras de juta**. 2014. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

MAGONIA PUBESCENS A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva

Mestre em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Amanda Ribeiro Correa

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Cárita Rodrigues de Aquino Arantes

Doutora em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Rosiane Alexandre Pena Guimarães

Mestranda em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Monica Franco Nunes

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Dielle Carmo de Carvalho Neres

Professora do Departamento de Fitotecnia do Centro Universitário de Várzea Grande, Várzea Grande-MT

Elisangela Clarete Camili

Professora do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Faculdade de Agronomia e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

Carla Spiller

Doutora em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT

ecossistema profundamente ameaçado em função do incremento das atividades humanas, o desconhecimento de sua riqueza e possibilidades de usos se agrava, uma vez que mais de 50% do bioma já foi devastado e que menos de 2,5% de sua extensão é protegida por lei; atualmente é a vegetação em maior risco de extinção no Brasil. Com isto, objetivou-se explorar os estudos com a espécie nativa *Magonia pubescens* A.St.-Hil. Foi realizado um levantamento na literatura, afim de identificar a caracterização da espécie e suas potencialidades. Conclui-se que a espécie *Magonia pubescens* A.St.-Hil é uma planta com comportamento pioneiro, com potencial para recuperação de áreas degradadas, ornamental e medicinal.

PALAVRAS-CHAVE: Timbó. Tingui. Cerrado. Medicinal.

MAGONIA PUBESCENS A.ST.-HIL: A REVIEW OF LITERATURE

ABSTRACT: The Brazilian Cerrado is an ecosystem deeply threatened by the increase in human activities, ignorance of its richness and possibilities of use is aggravated, since more than 50% of the biome has already been devastated and less than 2.5% of its extent is protected by law; is currently the most endangered vegetation in Brazil. With this, it

RESUMO: O Cerrado brasileiro é um

was aimed to explore the studies with the native species *Magonia pubescens* A.St.-Hil. A survey was carried out in the literature in order to identify the characterization of the species and its potentialities. It is concluded that the species *Magonia pubescens* A.St.-Hil is a plant with a pioneering behavior, with potential for recovery of degraded areas, ornamental and medicinal.

KEYWORDS: Timbó. Tingui. Thick. Medicinal.

1 | INTRODUÇÃO

Magonia pubescens A.St.-Hil (timbó) é uma espécie pouco conhecida pela ciência, mas sabe-se que além de suas potencialidades florestais, em lenha, carvão e serraria, o timbó entra no cenário científico por possuir características bioquímicas peculiar da Família da Sapindaceae. Sua ocorrência situa-se em áreas do Cerrado (Somner; Ferrucci, 2018).

O Cerrado brasileiro é um ecossistema profundamente ameaçado em função do incremento das atividades humanas, principalmente aquelas associadas à conversão da terra pelo agronegócio (Fernandes et al., 2016).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente o Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas (MMA, 2019).

O Cerrado possui um alto grau de endemismo florístico correspondente a aproximadamente 44 % da flora mundial. É visto como a savana tropical com maior abundância florística, e como um dos biomas de maior riqueza da região Neotropical (KLINK e MACHADO 2005; GOTTSBERGER e SILBERBAUER-GOTTSBERGER 2006).

O desconhecimento de sua riqueza e possibilidades de usos se agrava, uma vez que mais de 50% do bioma já foi devastado e que menos de 2,5% de sua extensão é protegida por lei; atualmente é a vegetação em maior risco de extinção no Brasil (MACHADO et al., 2004).

Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana. Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, quilombolas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade (MMA, 2019).

Logo, observa-se a necessidade de estudos voltados à identificação de plantas potencialmente úteis do Cerrado, principalmente quando comparada à diversidade e

à área ocupada (PEREIRA et al. 2012). Com isto, objetivou-se explorar os estudos com a espécie nativa *Magonia pubescens* A.St.-Hil.

2 | DESENVOLVIMENTO

A espécie *M. pubescens* é uma árvore nativa do Brasil e típica da família Sapindaceae; possui como sinonímia *Magonia pubescens* A.St.-Hil, conhecida popularmente como timbó, tingui, cuitê, tingui-capeta, timbopeba, tingui-de-cola e tangui. Sua ocorrência situa-se em áreas do Cerrado nas regiões Norte (Rondônia e Tocantins), Nordeste (Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso) e Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) (Somner; Ferrucci, 2018).

Adapta-se bem a qualquer tipo de solo e, pode ser utilizada como árvore ornamental pelo aspecto das folhas rendilhadas, na composição de jardins e praças e, sobretudo na arborização de ruas. Também é indicada para plantios em áreas de preservação permanente e comporta-se como uma espécie pioneira (Lorenzi, 2002; Guarim Neto; Moraes, 2003; Giotto et al., 2009; Macedo et al., 2009).

O Timbó floresce durante os meses de julho a setembro e frutifica de agosto a novembro quase que simultaneamente com nova florada (LORENZI, 2009). Possui ainda diversos usos na construção civil, produção de álcool, lenha e carvão (PAULA; ALVES, 1997; LORENZI, 2002); apicultura, piscicultura (GUARIM NETO; SANTANA, 2001); como larvicida contra *Aedes aegypti* (ARRUDA et al., 2003; SILVA et al., 2004); na fabricação de sabão, tratamento de dermatites, seborreia, nas infestações de piolho (MESQUITA et al., 2005); e como cicatrizante, calmante, no tratamento de pele e capilar (LORENZI, 2002; POTT; POTT, 1994).

A casca do caule apresenta compostos fenólicos, identificados como taninos, flavonoides, alcaloides e terpenoides (SANTOS et al., 2015); essas substâncias possuem a capacidade de interagir com proteínas, tornando-se bastante tóxicas a insetos, fungos e bactérias (SIMÕES et al., 2003). SALGADO-LABORIAU (1973) verificou alta toxidez das folhas de timbó em peixes, moluscos e fungos. JOLY (1980) observou efeito fungistático do hidrogel contra os fungos *Physalospora obtusa*, *Botryodiplodia* sp. e *Penicillium* spp. O extrato aquoso das folhas de timbó mostrou-se prejudicial ao desenvolvimento do fungo *Leucoagaricus gongylophorus* (SOUZA et al., 2011).

Os frutos de timbó são lenhosos, deiscentes e trigonais, possuem em média 14,5 sementes aladas de cor castanha. As sementes são protegidas por duas camadas de diásporo, que se estendem ao longo dos limites dos cotilédones (OLIVEIRA et al., 2001). A camada mais externa, composta basicamente de carboidratos, é responsável pela formação do hidrogel de características físico químicas singulares (VIEIRA et al., 2014).

SIDNEY FILHO et al. (2004) afirmam que o diásporo tem afinidade pela água (hidrofílica), ou seja, é higroscópico, na qual forma o gel que serve para armazenar água e apresenta-se como algo inodoro e incolor. TEIXEIRA (2007) confirma a possibilidade de comercialização do diásporo de timbó como revestimento de sementes, comparado a outros produtos comerciais já utilizados.

ALVES E TEIXEIRA (2010) ao avaliarem a germinação de sementes de pepino (*Cucumis sativus*), confirmaram que o hidrogel não inibiu a germinação, melhorou a velocidade, e ainda demonstrou efeitos positivos no desenvolvimento de mudas. A partir de análises preliminares, VIEIRA et al. (2014), demonstraram que o hidrogel de *M. pubescens* é natural é biodegradável.

ARANTES et al, (2017) ao avaliarem o efeito do tamanho das sementes, do armazenamento e do tempo de pré-embebição das sementes na sua germinação e vigor, observaram que o tamanho da semente não influencia na porcentagem de germinação, porém, as sementes grandes formaram plântulas mais vigorosas. Observaram ainda, que o armazenamento não prejudicou a germinação das sementes, nem mesmo o vigor das plântulas e que a pré-embebição das sementes não influencia na porcentagem de germinação, no entanto, diminui o tempo médio de germinação, formando plântulas mais vigorosas.

Já MACEDO et al, (2009) avaliaram as características biométricas de frutos e sementes dessa espécie e seu potencial germinativo, identificaram que, os frutos *M. pubescens* apresentam grande variação nas dimensões e massa fresca. As sementes apresentam menor variação. E a pré-embebição das sementes em água por 24 horas ou em giberelina (500 mg L⁻¹ ou 250mg L⁻¹) por 24 horas proporciona maior germinação e plântulas mais vigorosas.

COELHO et al, (2010) observaram a influência de substratos na emergência de plântulas de *M. pubescens* e identificaram que, a emergência de plântulas de *M. pubescens* foi influenciada pelo tipo de substrato de acordo com a presença ou ausência do tegumento. Além de que, as sementes com tegumento têm maior porcentagem de emergência em substrato terra-preta e/ou vermiculita e sementes sem o tegumento não são influenciadas.

COELHO et al. (2012) ao testarem diferentes condições de luz na emergência de plântulas de *M. pubescens*, chegaram à conclusão de que as sementes tem menor porcentagem e velocidade de emergência na condição de 12 h de luz e 12 h de escuro. E ainda, as sementes de *M. pubescens* são fotoblásticas neutras em condição de laboratório na temperatura de 30 °C e a emergência ocorre entre quatro e nove dias.

E por fim, GIOTTO et al, (2009) observaram o crescimento e o desenvolvimento de mudas sob condições diversas e chegaram à conclusão de que, as maiores médias de altura (78,52 ±19,90 mm) foram encontradas em 50% de sombreamento. Os diâmetros não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (diâmetro de 2,13 à 3,35 mm; p>0,05). O número de folhas e folíolos

variaram entre os tratamentos, com maiores médias para mudas a pleno sol, evidenciando a característica heliófila da espécie, o que sugere que *M. pubescens* pode ser utilizada no povoamento inicial, por exemplo, de áreas degradadas.

3 | CONCLUSÃO

A espécie *Magonia pubescens* A.St.-Hil é uma planta com comportamento pioneiro, com potencial para recuperação de áreas degradadas, ornamental e de uso medicinal.

Este estudo não teve o objetivo de esgotar o tema e sim aprofundar no conhecimento da espécie e suas potencialidades. Com isto, os resultados sugerem que mais pesquisas ainda precisam ser realizadas, afim de explorar maiores conhecimentos sobre a espécie *Magonia pubescens* A.St.-Hil.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; TEIXEIRA, A. Z. A. O efeito do gel hidrofílico da segunda camada de sementes da Tingui (*Magonia pubescens* St. Hil) na germinação e no desenvolvimento inicial de pepino (*Cucumis sativus* L.). Estudos de Biologia, Curitiba, v. 34, n. 82, p. 61-66, 2010.
- ARANTES, C. R. A.; FAVA, C. L. F.; CAMILI, E. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. P. Germination and vigor of seeds of *Magonia pubescens* A. St.-Hil. submitted to storage and pre-imbibition in water. Journal of Seed Science, v. 39, n. 4, p. 344-352, 2017.
- ARRUDA, W.; OLIVEIRA, G.M.C.; Silva, I.G.D. Toxicity of the ethanol extract of *Magonia pubescens* on larvae *Aedes aegypti*. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 36, n. 1, p. 17-25, 2003.
- COELHO, M. F. B.; SANCHES, V. L.; AZEVEDO, R. A. B. Emergência de sementes de timbó em diferentes condições de luz. Revista Caatinga, v. 25, n. 1, p. 194-198, 2012.
- COELHO, M. F. B.; SOUZA FILHO, J. C.; AZEVEDO, R. A. B.; DOMBROSKI, J. L. D.; MAIA, S. S. S. Substratos para a emergência de plântulas de *Magonia pubescens* St. Hil. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, n. 1, p. 80-84, 2010.
- Fernandes, G. W.; Pedroni, F.; Sanchez, M.; Scariot, A.; Aguiar, L. M. S.; Ferreira, G.; Machado, R.; Ferreira, M. E.; Diniz, S.; Pinheiro, R. T.; Costa, J. A. S.; Dirzo, R.; Muniz, F. Cerrado: em busca de soluções sustentáveis. Rio de Janeiro: Vozes, 2016.
- GIOTTO, A.C.; MIRANDA, F.S.; MUNHOZ, B.R.C. **Aspectos da germinação e crescimento de mudas de *Magonia pubescens* A. ST. HIL.** Cerne, Lavras, v. 15, n. 1, p. 49-57, 2009.
- GIOTTO, A.C.; MIRANDA, F.S.; MUNHOZ, B.R.C. **Aspectos da germinação e crescimento de mudas de *Magonia pubescens* A. ST. HIL.** Cerne, Lavras, v. 15, n. 1, p. 49-57, 2009.
- GOTTSBERGER, G.; I. SILBERBAUER-GOTTSBERGER. Life in the Cerrado: A South American Tropical Seasonal Ecosystem. Origin, structure, dynamics and plant use. AZ Druck und Datentechnik GnbH, Kempten 2006.
- Guarim Neto G.; Morais R.G. Recursos Medicinais de Espécies do Cerrado de Mato Grosso: Um Estudo Bibliográfico. Acta Botânica. Brasília, v.17, n. 4, 561- 584, 2003.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S.R. A família Sapindaceae para a flora do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócioeconômicos do Pantanal, 3, 2000, Corumbá, MT. Anais... Corumbá: UFMT, p. 9–22, 2001.

JOLY, C.A.; FELIPPE, G.M. Fenologia de *Magonia pubescens* St.HIL. Ciência e Cultura, v. 32, n. 7, p. 936-940, 1980.

KLINK, C. A.; R. B. MACHADO. Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology v. 19, p. 707-713, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 5. ed. v.1. Nova Odessa-SP: Plantarum, p. 347, 2009.

LORENZI, H.E. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, p. 384, 2002.

MACEDO, M.C.; SCALON, S.P.Q.; SARI, A.P.; SCALON FILHO, H.; ROSA, Y.B.C.J.; ROBAINA, A.D. **Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hil (Sapindaceae).** Revista Brasileira de Sementes, Londrina, v. 31, n. 2, p. 202-211, 2009.

MACHADO, R.B. et al. Estimativas de perda da área do Cerrado Brasileiro. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

MESQUITA, M.L.D.; DESRIVOT, J.; FOURNET, A.; PAULA, J.E.D.; GRELLIER, P.; Espindola, L.S. Antileishmanial and trypanocidal activity of Brazilian Cerrado plants. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 100, n. 7, p. 783-787, 2005.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. O Bioma Cerrado. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 08 jul 2019.

OLIVEIRA, C.M.R.; IACOMINI, M.; ALQUINI, Y.; GORIN, P.A.J. Microscopic and NMR analysis of the external coat from seeds of *Magonia pubescens*. New Phytologist, v. 152, p. 501-509, 2001.

PAULA, J.E.; ALVES, J.L. **Madeiras nativas.** Brasília, Gráfica Gutemberg, 1997.

PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L.; SANGALLI, A.; MUSSURY, R. M. Usos múltiplos de espécies nativas do bioma Cerrado no Assentamento Lagoa Grande, Dourados, Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 7, n.2, p. 126-136, 2012.

POTT, A.; POTT, V.J., Plantas do pantanal. Brasília: EMBRAPA/CPAP/SPI, p. 320, 1994.

SALGADO-LABORIAU, M. L. S. A semente de *Magonia pubescens* St. Hil.- morfologia e germinação. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 1-537, 1973.

SANTOS, A.C.; FERNANDES, A.M.; ROYO, V.A. **Histoquímica em casca de caule de *Magonia pubescens* St. Hil (Sapindaceae).** In: Fórum de ensino, pesquisa, extensão e gestão. Brasília, 2015.

SIDNEY-FILHO, M.; PEDRO-NETO, C.; FRAGA, A.; CARDOSO, M.G. Potencialidades do tingui (*Magonia pubescens*), na extração do hidrogel e das sementes para o uso do óleo como combustível. In: I Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel, Varginha, Minas Gerais, 2004.

SILVA, H.H.G.; SILVA, I.G.; SANTOS, R.M.G.; EDSON FILHO, R.; ELIAS. C.N. **Atividade larvicida de taninos isolados de *Magonia pubescens*. St. Hil.(Sapindaceae) sobre *Aedes aegypti*,** v. 37, n. 5, p. 396-399, 2004.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMAN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A. PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre: Editora da UFRG; Florianópolis: Editora da UFSC, p. 833, 2003.

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S. **Magonia in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB20906>>. Acesso em: 03 dez 2018.

SOUZA, M. D.; PERES FILHO, O.; DORVAL, A. Effect of natural extracts of vegetable leaves in **Leucoagaricus gongylophorus** (Möller) Singer, (Agaricales: Agaricaceae). *Ambiencia*, v. 7, n. 3, p. 461-471, 2011.

TEIXEIRA, A.Z.A. Evaluation of powder properties from the seed coat of tingui (**Magonia pubescens**) as an excipient for seed pelleting. *Estudos de Biologia*, v. 29, n. 67, 2007.

VIEIRA, A.C.M.; VILELA, F.; BRUM, S.S. **Caracterização de hidrogéis de Magonia pubescens (tingui)**. In: 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Brasília, 26 e 29 de maio de 2014.

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmão Tales Fonseca

Universidade do Estado de Minas Gerais –
UEMG, Unidade: Divinópolis – MG

Leandro Teles Antunes dos Santos

Universidade do Estado de Minas Gerais –
UEMG, Unidade: Divinópolis – MG

Patrícia Milagre de Freitas

Universidade do Estado de Minas Gerais –
UEMG, Unidade: Divinópolis – MG.

Dayane Andrade Queiroz

Universidade Estadual de Montes Claros –
UNIMONTES, Departamento de Ciências Exatas,
Montes Claros –MG

RESUMO: Este trabalho apresenta os resultados obtidos com a execução de um curso de extensão de Pré-Cálculo, no âmbito da UEMG Divinópolis, com o objetivo de fornecer conhecimentos matemáticos fundamentais para que os alunos ingressantes no Ensino Superior possam cursar as disciplinas obrigatórias de Matemática. Apresentamos aqui as principais contribuições do curso para a vida acadêmica dos alunos participantes e a importância do fomento de ações educacionais que sejam capazes de minimizar os desníveis existentes entre a Matemática da Educação Básica e do Ensino Superior.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Matemática. Cálculo. Ensino Superior.

THE PRE-CALCULATION COURSE AND ITS CONTRIBUTIONS FOR MATHEMATICS TEACHING IN HIGHER EDUCATION

ABSTRACT: This paper presents the results obtained with the execution of a Pre-Calculus extension course, within the scope of the UEMG Divinópolis, with the objective of providing fundamental mathematical knowledge so that students entering Higher Education can attend the compulsory Mathematics subjects. We present here the main contributions of the course to the academic life of the participating students and the importance of fomenting educational actions that are able to minimize the existing differences between the Mathematics of Basic Education and Higher Education.

KEYWORDS: Mathematics Teaching. Calculation. Higher education.

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o ensino de Matemática deixou de ser alvo de análises e discussões apenas na Educação Básica e ganhou espaço também no Ensino Superior, devido aos altos índices de evasão e reprovação nas disciplinas que necessitam de conhecimentos de Matemática da Educação Básica.

Indicadores nacionais e internacionais revelam a deficiência do ensino de Matemática nos níveis Fundamental e Médio nas escolas brasileiras. Como consequência deste quadro, vemos alunos ingressando no Ensino Superior com grandes defasagens em Matemática e desmotivados a estudarem disciplinas como Cálculo, Geometria Analítica e Álgebra Linear.

Diante de tal realidade, faz-se necessário que os docentes do Ensino Superior busquem alternativas capazes de preparar melhor os alunos para o estudo das disciplinas da área de Matemática. Assim, é preciso estarmos atentos às necessidades específicas de cada universidade e experimentarmos algumas das propostas que já foram desenvolvidas no âmbito de outras a fim de ocasionar mudanças no quadro atual da Matemática nos cursos de graduação.

Neste sentido, a parte essencial deste trabalho volta-se para apresentar os resultados obtidos na UEMG Divinópolis, com a aplicação de um curso de nivelamento em Matemática, aos alunos ingressantes na instituição. A ideia é encorajarmos docentes de outras instituições a lançarem mão desta proposta e de outras semelhantes a fim buscarmos melhorias no ensino de Matemática no nível superior.

2 | JUSTIFICATIVA

Os elevados índices de reprovação e evasão nos cursos nos quais a Matemática é apresentada como disciplina fundamental, principalmente nos semestres iniciais dos cursos superiores, têm sido um fator preocupante e que vêm requerendo uma atenção especial das universidades a fim de identificar as causas e encontrar soluções para a redução do problema.

Uma das justificativas para esta dificuldade é a falta de conhecimentos básicos de Matemática por parte dos alunos ingressantes na universidade, que, em sua maioria, não possuem os pré-requisitos necessários para cursar as disciplinas da área.

Resultados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa, na sigla em inglês), realizado em 2015, apontam que 70,3% dos estudantes brasileiros ficaram abaixo do Nível 2 em Matemática, sendo esse o patamar considerado mínimo para aplicá-la em situações básicas do cotidiano, como fazer compras, usar tecnologias e cozinhar. Este mesmo estudo revelou que não chega a 4% o percentual dos nossos jovens que alcançam o Nível 4 do Pisa, que é o mínimo necessário para que se tenha uma profissão tecnológica (BRASIL, 2016; OECD, 2016a; OECD, 2016b).

E não para por aí. As avaliações nacionais de larga escala também apresentam dados catastróficos em relação ao ensino de Matemática. Um estudo do Todos Pela Educação, com base no desempenho dos alunos nas avaliações da Prova Brasil e do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) de 2013, mostra que somente 9,3% dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio aprenderam o considerado adequado

em Matemática.

Estes dados permitem-nos reforçar em teoria o que temos visto na prática: os alunos estão ingressando no Ensino Superior sem os conhecimentos matemáticos necessários para cursar disciplinas básicas da área.

Como consequência disto, temos constatado elevados índices de evasão e de reprovação e o baixo rendimento dos alunos. Para os professores, alcançar os objetivos de aprendizagem das disciplinas ligadas à Matemática no Ensino Superior tem sido algo praticamente impossível dentro de algumas universidades brasileiras.

Barufi (1999) aponta, que entre 1990 e 1995, o percentual de reprovação em Cálculo I na Universidade de São Paulo (USP) variou entre 20% e 75%. Esses dados calamitosos nos mostram que o problema já vem acontecendo no país há mais de duas décadas.

As causas são muitas e já bem conhecidas, principalmente a má formação adquirida durante o 1º e 2º graus, de onde recebemos um grande contingente de alunos passivos, dependentes, sem domínio de conceitos básicos, com pouca capacidade crítica, sem hábitos de estudar e, conseqüentemente, bastante inseguros. (BARRETO, 1995 *apud* REIS, 2001, p. 4)

Preocupados com essa situação, professores e pesquisadores de Educação Matemática vêm buscando diversas alternativas pedagógicas para solucionar o problema dentro das universidades. Dentre as várias possibilidades encontradas, destacam-se: a inserção de disciplinas preparatórias, monitoria com alunos de períodos mais avançados, aulas extras próximas ao período de avaliações e aumento de carga horária das disciplinas. Estas experiências apontam resultados significativos na redução dos índices indesejados. No entanto, a solução para o problema ainda continua em aberto.

A Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) oferece, hoje, na Unidade Divinópolis, um total de cinco cursos de graduação na área de Ciências Exatas: Licenciatura em Matemática, Licenciatura em Química, Engenharia Civil, Engenharia da Computação e Engenharia de Produção. Todos estes cursos oferecem, no mínimo, uma disciplina de aprofundamento em Matemática, já no 1º período de sua grade, e a realidade dos alunos mediante o estudo destas disciplinas não tem sido diferente da apresentada até aqui. Tal fato tem causado preocupação aos docentes que ministram estas disciplinas e os levado a buscar alternativas que venham diminuir os desníveis existentes entre a Matemática da Educação Básica e do Ensino Superior.

Uma das alternativas apresentadas por um dos docentes da instituição foi a proposta de um curso de nivelamento em Matemática para os alunos ingressantes na Universidade. Assim, a parte essencial deste trabalho volta-se para apresentar os resultados obtidos com a aplicação deste curso e analisar as suas contribuições para a vida acadêmica dos alunos participantes.

3 | O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO

Visando a fornecer as ferramentas matemáticas necessárias para o bom desempenho dos alunos no Ensino Superior, foi proposta, por um dos docentes da UEMG Divinópolis, a oferta de um curso de nivelamento na área de Matemática, denominado curso de Pré-Cálculo. O objetivo deste curso era proporcionar aos alunos ingressantes na instituição os fundamentos teóricos básicos de Matemática para cursar as primeiras disciplinas da área e, conseqüentemente, diminuir os índices de reprovação e evasão nos cursos de Exatas. A proposta foi desenvolvida com o apoio da Diretoria de Extensão da Universidade.

Em um primeiro momento, foi feita a divulgação do curso aos alunos que estariam ingressando na instituição naquele semestre (2/2017), por meio de e-mail, e, também, através de avisos nas salas de aula. Durante a divulgação, procurava-se sempre deixar claro para os alunos que o curso não tinha caráter obrigatório, e, sim, preparatório. Logo após a divulgação do curso, foram abertas as inscrições para os alunos que tinham interesse no nivelamento.

A UEMG Divinópolis recebe alunos apenas em dois cursos da área de Exatas no segundo semestre: Engenharia Civil e Engenharia de Produção. Para cada curso, são disponibilizadas 40 vagas. Sendo assim, a disciplina de Pré-Cálculo foi estruturada para atender a um número máximo de 80 estudantes.

As aulas estavam previstas para acontecer no período da tarde, visto que este seria o horário em que os alunos não estariam cumprindo atividades acadêmicas obrigatórias. No entanto, o horário estabelecido impossibilitou que muitos dos alunos pudessem assistir às aulas de Pré-Cálculo, pois a maioria deles trabalhava durante o dia e estudava no período noturno. Dos 80 alunos ingressantes, apenas 10 puderam efetivamente participar do curso.

Mediante esta situação, foram abertas as vagas remanescentes para alunos que não estavam ingressando na Universidade naquele semestre, mas que haviam reprovado Cálculo I e estariam “pagando” a disciplina. Novamente nos deparamos com a realidade de um grande número de alunos interessados no curso, mas que não poderiam fazê-lo pela incompatibilidade dos horários das aulas com o trabalho.

Percebemos, neste momento, que

é preciso considerar vários aspectos além do fato já conhecido de que os estudantes ingressantes nesse nível de ensino apresentam dificuldades e falta de conhecimento acerca de conteúdos matemáticos próprios da formação escolar em níveis fundamental e médio. (MASOLA, 2016, p. 65)

É preciso estarmos atentos às realidades e indigências de nossos alunos e aceitarmos que muitos deles necessitam não somente de um suporte teórico, mas também de um apoio motivacional para que possam continuar seus estudos. A demanda do aluno trabalhador é uma questão que não pode ser negligenciada dentro do processo de ensino, principalmente no Ensino Superior, em que tal realidade se

apresenta com mais frequência.

Posto isto, podemos imaginar que o número de alunos inscritos no curso de Pré-Cálculo foi bem abaixo do esperado: 10 alunos ingressantes, 8 alunos que estariam repetindo Cálculo I e 2 alunos que assistiram ao curso para aprendizado. Ao todo, 20 alunos dos quais apenas 18 seguiram até o final.

O curso foi ministrado pelo professor proponente nas duas primeiras semanas do semestre 2/2017, nas mediações da UEMG Divinópolis, no período vespertino. As aulas tinham duração de 3 horas, havendo um intervalo de 10 minutos de descanso a cada uma hora.

As aulas foram ministradas seguindo um material elaborado pelo professor, o qual foi também disponibilizado para os alunos. O conteúdo abordado no curso foi: Conjunto dos Números Reais e Funções. Dentro do tema Conjunto dos Números Reais, foram trabalhadas a construção dos conjuntos numéricos, operações com números reais, potenciação, radiciação e aplicações. No tema Funções, foram trabalhados o conceito de função, domínio e imagem de uma função, tipos de funções, operações com funções, funções inversas e grande parte das funções elementares (polinomial, exponencial, logarítmica, etc.) e aplicações.

A metodologia predominante nas aulas era a expositiva dialogada, com o auxílio de quadro, giz, computador, datashow, calculadora e do software GeoGebra. Os conteúdos foram trabalhados de forma teórica e também de maneira prática através de construções feitas com o auxílio do GeoGebra. Tais construções buscavam permitir aos alunos criarem conjecturas e generalizações que serviriam como ponto de partida para a formalização de muitos dos conceitos estudados. Mediante esta abordagem, foi possível perceber um maior engajamento dos alunos com os assuntos estudados e também uma maior motivação pelo curso.

Para fechamento de cada tema estudado, era apresentado aos alunos um problema contextualizado a fim de que pudessem expandir os conhecimentos matemáticos para outras situações do seu dia a dia. Segundo Alro e Skovsmose (2006, p. 55), “exercícios baseados em dados da vida real abrem uma brecha no ensino tradicional de Matemática e desafiam o absolutismo burocrático”. Desta forma, o curso buscava também valorizar a construção de conhecimentos ligados a outras dimensões, uma vez que o saber matemático não é só utilizado por matemáticos, mas de formas diferenciadas, por todos os grupos socioculturais.

A avaliação do curso foi feita mediante a aplicação de duas atividades diagnósticas, uma aplicada antes das aulas de Pré-Cálculo e outra no final do curso, a fim de que pudessemos verificar a aprendizagem dos alunos. Os testes diagnósticos não tinham o objetivo de avaliar os alunos, e, sim, de analisar a relevância do curso para eles. Foi também solicitado a cada aluno, por e-mail, que fizesse uma avaliação da importância do curso para a sua vida acadêmica, apresentando os aspectos positivos e negativos e pontos a serem aperfeiçoados.

No que segue, faremos uma análise dos dados obtidos.

4 | RESULTADO OBTIDOS

No primeiro dia do curso de Pré-Cálculo, foi aplicada aos alunos uma avaliação contendo 8 questões sobre conteúdos de Matemática do Ensino Fundamental e Médio. Das 8 questões, 4 eram abertas e 4, de múltipla escolha. Os resultados desta avaliação apresentaram uma média de apenas 36,1% de acertos, sendo a maioria deles nas questões fechadas de Aritmética, que envolviam potenciação, radiciação e números reais. As questões com maior número de erros, ou deixadas em branco, foram as abertas, principalmente as que envolviam função do 1º grau, logaritmos e exponenciais.

Tal resultado vem confirmar o que já havíamos mencionado: os alunos estão ingressando no Ensino Superior com uma defasagem cada vez maior em Matemática. Não podemos ignorar um problema que permeia a educação brasileira há mais de duas décadas e que, apesar de todos os esforços, parece que a cada ano se agrava ainda mais. É preciso criar ações conjuntas entre governo, universidades, escolas, professores e pesquisadores a fim de criarmos melhorias no ensino de Matemática. A problemática é atual e urgente.

Ao final do curso, foi proposta a mesma avaliação para os alunos. Os resultados da avaliação após as aulas de Pré-Cálculo mostraram um avanço de 26,4% na quantidade de acertos de questões. A nova média de acertos foi de 62,5%. Conforme podemos observar na tabela abaixo, houve um crescimento considerável dos alunos com relação à resolução das questões sobre funções e logaritmos. E, ainda, o número de questões deixadas em branco na avaliação foi reduzido a zero. Isto mostra que o curso de fato contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento matemático dos estudantes.

TEMA DA QUESTÃO	TIPO	1ª APLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
		Acertos	Erros	Acertos	Erros
Função do 1º grau	Aberta	3	15	12	6
Função do 2º grau	Fechada	4	14	10	8
Potenciação	Fechada	14	4	14	4
Radiciação	Fechada	11	7	16	2
Função Exponencial	Aberta	3	15	10	8
Logaritmos	Aberta	2	16	8	10
Números Reais	Fechada	10	8	9	9
Equações e Inequações	Aberta	5	13	11	7
Média (%)		36,1%	63,9%	62,5%	37,5%

Tabela 1 - Resultados da Avaliação Diagnóstica

Fonte: elaborada pelos autores

Tais dados nos mostram o quão importante é que as universidades estejam

atentas às necessidades dos seus alunos e que busquem fomentar ações dentro do ambiente universitário que sejam capazes de criar oportunidades iguais de aprendizagem.

No que se refere à avaliação do curso, dos 18 alunos participantes, apenas 11 retornaram os e-mails dando o parecer sobre a disciplina. A visão deles nos mostra que o curso conseguiu atingir não somente os objetivos de aprendizagem, como lhes propiciou experiências importantes para a inserção no meio acadêmico.

Pontua-se, de início, que as aulas disponibilizadas pelo curso incentivaram a troca de experiências e conhecimentos, visto que a interação dos alunos recém-chegados com os veteranos da universidade propiciou um ambiente dinâmico e interdisciplinar, tendo em vista as vantagens de se estudar introdutoriamente conteúdos indispensáveis ao aprendizado e desenvolvimento dos alunos [...]. Somado a isso, ressalta-se a notoriedade do compromisso e da preocupação em desenvolver habilidades de raciocínio, de cálculo e de resolução de problemas matemáticos dos alunos, pautados no fornecimento de conteúdos necessários para a continuidade no estudo de cálculo [...]. Por conseguinte, vê-se, com enorme satisfação, que o curso Pré-Cálculo proporcionou aos alunos uma melhor interação com os conteúdos abordados pelas disciplinas de nível superior posteriormente estudadas, dado que também deu suporte à absorção das mesmas. Dessa maneira, e para que outros alunos possam ser beneficiados pelo programa, expressa-se o apoio à continuidade do curso, para que os avanços significativos dos efeitos oriundos da capacitação dos alunos e do estímulo à apreciação da disciplina como expressão do desenvolvimento da faculdade intelectual dos discentes, continue a solidificar a habilidade do aluno na resolução de problemas e análises críticas em diversas situações, tanto na Matemática quanto na Engenharia. (ALUNO, ECI1)

A possibilidade de ambientar os calouros na Universidade não era um dos objetivos traçados. No entanto, pudemos perceber que a interação entre alunos novatos e veteranos pode assegurar aos ingressantes no Ensino Superior uma maior confiabilidade em suas ações e mais autonomia para seus estudos.

Outro fato expresso no fragmento da avaliação do Aluno EC1 e que nos chama a atenção é a possibilidade da criação de um ambiente dinâmico e interdisciplinar, haja vista a variedade dos cursos ali representados. Neste aspecto, podemos observar que o trabalho interdisciplinar no Ensino Superior pode acontecer sem que os professores de áreas diferentes estejam planejando ações conjuntas, pois, nesta modalidade de ensino, os estudantes já têm a capacidade de criar o elo entre os conhecimentos aprendidos e romper com as barreiras que separam as disciplinas. No caso, o curso de Pré-Cálculo foi o responsável pela criação do ambiente favorável a esta troca de conhecimentos.

No que tange ao objetivo geral do curso, que era o de fornecer aos alunos o embasamento de conteúdos matemáticos do Ensino Médio para que eles pudessem dar continuidade aos estudos, os próprios alunos consideram que o curso conseguiu atingir tais objetivos, como bem podemos observar na fala de alguns deles:

Muito satisfeito, aprendi certos conceitos que deveria ter visto na escola, mas não passaram. Auxilia bastante em certas matérias pois certos pontos são a base para iniciar o curso e continuar. (ALUNO, ECO2)

O curso foi muito bom, pois me ajudou em dúvidas que eu já carregava desde o Ensino Médio e as dúvidas que surgiram ao decorrer da disciplina de Cálculo I. (ALUNO, ECO3)

[...] foi um curso que realmente abriu as fronteiras do conhecimento e revisou matérias que, às vezes, passam despercebidas no Ensino Médio em escolas públicas e que são cobradas dos alunos, pois estão presentes no Cálculo 1 nos cursos de bacharelado e licenciatura da UEMG e de outras várias faculdades do país. (ALUNO, LQU1)

Como contribuição para a vida acadêmica, o curso me proporcionou a revisão de vários assuntos para os quais o Ensino Médio não nos prepara bem. Além de se ter uma ideia de como é a faculdade em si, já que chegamos acostumados com o Ensino Médio de qualidade duvidosa. (ALUNO, ECI4)

Outro dado importante a ser apresentado diz respeito à experiência dos alunos que fizeram o curso de Pré-Cálculo, nas primeiras disciplinas de Matemática. Dos 18 alunos que completaram o curso, 11 cursaram a disciplina de Cálculo I naquele semestre (2/2017), cada qual no seu respectivo curso e com professores diferentes. Dos 11 alunos, 3 estavam repetindo a disciplina. Ao final do semestre, fizemos um levantamento sobre a aprovação destes alunos em Cálculo. Entre os 11, 10 foram aprovados. A única aluna que não foi aprovada havia desistido do curso de Engenharia Civil.

Um dos alunos respondeu ao e-mail de avaliação do curso de Pré-Cálculo após o término do semestre com a seguinte mensagem:

Estou muito satisfeito em ter participado do curso. O que eu pude rever e aprender me ajudou muito não só no Cálculo, mas em matérias associadas, e posso dizer que na vida também, pois o que vimos usamos sempre. Poder rever os conceitos e a base ajuda muito, e acredito que o curso deve ser realizado todo ano para dar a oportunidade de aulas realmente boas e proveitosas a quem não teve no Ensino Médio ou que já formou há muito tempo. (ALUNO, ECI5)

Posto isto, podemos concluir que os cursos de nivelamento dentro das universidades podem ser uma excelente iniciativa para reduzir os impactos causados por uma Educação Básica deficiente e, sobretudo, para melhorar os índices de aprovação nas disciplinas de Matemática. Sabemos que esta não é a única solução, mas podemos dizer que é uma proposta simples, mas capaz de produzir ótimos resultados.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência vivenciada com o curso de Pré-Cálculo no âmbito da UEMG Divinópolis nos motiva a acreditarmos que é possível transformar, ainda que através de ações isoladas, o quadro atual e precário do ensino de Matemática no Brasil.

Sabemos que a realidade de cada instituição demanda ações diferenciadas para a melhoria do ensino. No entanto, é importante conhecermos diferentes possibilidades de práticas pedagógicas capazes para que possamos experimentá-

las e verificar as suas possibilidades de adoção. Neste sentido, podemos dizer que a proposta de cursos de nivelamento no Ensino Superior é uma alternativa que tem muito a contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de Matemática neste nível de ensino.

REFERÊNCIAS

ALRO, Helle; SKOVSMOSE, Ole. **Diálogo e aprendizagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

BARUFI, M. C. B. **A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de Cálculo Diferencial e Integral**. 1999. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Pisa 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes na avaliação**. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

MASOLA, Wilson de Jesus; ALEVATTO, Norma Suely Gomes. Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior. **Revista Brasileira de Ensino Superior (REBES)**, Passo Fundo, 2(1): 64-74, jan./mar. 2016.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). **Pisa 2015: assessment and analytical framework: science, reading, Mathematic and financial literacy**. Paris: OECD Publishing, 2016a.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). **Pisa 2015: results: excellence and equity in Education**. v. 1. Paris: OECD Publishing, 2016b.

REIS, F. da S. **A tensão entre o rigor e intuição no ensino de cálculo e análise: a visão de professores-pesquisadores e autores de livros didáticos**. 2001. 302p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/253451>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon

Universidade do Estado de Santa Catarina
(UDESC)

Florianópolis – Santa Catarina

Luziana Quadros da Rosa

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis – Santa Catarina

Robson Santos da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis – Santa Catarina

Felipe de Matos Müller

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis – Santa Catarina

Márcio Vieira de Souza

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis – Santa Catarina

RESUMO: O artigo tem como objetivo analisar a relação existente entre os conceitos de Educação em Rede e Indústria 4.0, a fim de identificar tendências emergentes de aprendizagem industrial, além de discutir o papel da universidade na produção de conhecimento e da interdisciplinaridade curricular para formação de competências digitais avançadas. Para isto, foi realizada uma revisão integrativa da literatura nas bases científicas do Portal de Periódicos da Capes, SciELO e Scopus entre os anos de 2011 e 2018. Os resultados apontam para três principais tendências pedagógicas e

tecnológicas, que são: (1) Internet das Coisas (IoT), (2) Laboratórios remotos de robótica ou espaços de experimentação e aprendizagem e; (3) Laboratórios de experimentação e inovação, denominados FAB-LAB. O fechamento demonstra que o artigo é parte de uma investigação inicial sobre as potencialidades de pesquisa e desenvolvimento do conceito de Educação em Rede no contexto da Indústria 4.0.

PALAVRAS-CHAVE: Educação em Rede; Indústria 4.0; Competências Digitais; Produção de Conhecimento; Interdisciplinaridade.

THE CHALLENGES OF NETWORK EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE INDUSTRY 4.0

ABSTRACT: The article aims to analyze the relationship between the concepts of Network Education and Industry 4.0, in order to identify the emergent trends of industrial learning, in addition to discussing the role of the university in the production of knowledge and of the interdisciplinary curriculum for the formation of advanced digital competences. For this, an integrative review of the literature was carried out on the scientific basis of the Capes, SciELO and Scopus Journal Portal between the years 2011 and 2018. The results point to three main pedagogical and technological trends, namely:

(1) Internet of Things (IoT), (2) Remote Robotics Labs or experimental and learning spaces; (3) Experimental and innovation laboratories, known as FAB-LAB. The closure demonstrates that the article is part of an initial investigation into the research and development potential of the concept of Network Education in the context of Industry 4.0.

KEYWORDS: Network Education; Industry 4.0; Digital Competencies; Knowledge Production and Interdisciplinarity.

1 | INTRODUÇÃO

Na atualidade o discurso sobre aprendizagem, escola e educação deve estar conectado com o cenário da indústria, da tecnologia e da inovação social, pois vivemos em uma sociedade em rede (Castells, 2010), em que é preciso capacitar futuros profissionais e requalificar os atuais, em função das novas demandas do mundo do trabalho. Neste sentido, os processos de aprendizagem devem estar mais focados na formação de competências relacionadas à criatividade, inovação, empreendedorismo, raciocínio lógico e resolução de problemas. O caminho da sociedade em rede, proposta por Castells (1996), com a cultura da virtualidade ou cibercultura (Lévy, 1999), demonstra que a vida socialmente conectada pela internet convoca os sujeitos a ocupar novas posições diante do mundo.

Segundo o presidente da FIESC - Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, Glauco José Corte: “No Brasil existe um descompasso entre o modelo pedagógico escolar atual e as exigências do novo mundo do trabalho. Ele questiona, ainda quais “competências crianças e jovens precisarão deter para serem bem-sucedidos em suas funções em um ambiente tecnológico avançado”. Neste aspecto, deve-se pensar a educação como um processo de transformação, ou seja, uma educação estruturada em rede. De acordo com Gomez, (2005, p. 189) “a qualidade da educação em rede está na socialização e na solidariedade entre as dimensões técnicas, humanas e do conhecimento”.

Assim, o conceito de Educação em Rede se caracteriza como um amplo espaço interconectado para a construção e compartilhamento de conhecimentos voltados para a criação e o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas provenientes da 4ª revolução industrial. Para isso, buscou-se identificar as possíveis relações existentes entre Educação em Rede e o impacto da 4ª revolução industrial com o surgimento da Indústria 4.0, a partir de uma revisão integrativa da literatura, visando fazer uma primeira aproximação dos temas, dada sua complexidade e as múltiplas variáveis envolvidas.

2 | OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE

Neste estudo, o conceito de “Educação em Rede” parte do pressuposto teórico de Paulo Freire, em que a apropriação tecnológica está fundamentada nos princípios da educação popular em conformidade com uma sociedade aberta e democrática, a partir de uma perspectiva sócio-histórica. Desta forma, o uso das TIC na educação, por si só, não é suficiente para a realização de uma Educação em Rede. É necessário que as tecnologias façam sentido e tenham uma utilidade real na vida das pessoas que delas se apropriam. Todavia, as TIC têm um papel relevante na vida das pessoas, pois podem ampliar e potencializar novas práticas pedagógicas dispostas em rede, ampliando o acesso ao conhecimento e interconectando saberes e competências para o século XXI.

A Educação em Rede tem seu fundamento na relação humana qualificada e especializada quando focada no aprendizado que visa uma educação integral do sujeito em comunidade no âmbito local e interconectado no âmbito global. Com o uso efetivo das TIC, materiais e ferramentas de acesso aberto possibilitam, cada vez mais, a construção de redes colaborativas, ampliando e estendendo, a educação interconectada e integrada as mídias do conhecimento.

Para Souza, (2015, p. 23) a educação em rede é uma “educação estendida por toda a rede (física e virtual) que tem como base as mídias digitais interativas”. Para o autor, a educação em rede é uma “educação integral, holística, complexa” que envolve “a utilização digital da mídia, da rede, da WEB, como espaço de diálogo, de interatividade, de reelaboração das informações, transformando o conhecimento em instrumento de cidadania”.

Em um cenário em constante evolução, as tecnologias e recursos educacionais estão possibilitando uma maior democratização e acesso a todo tipo de informação e conhecimento em qualquer parte do mundo, levando a sociedade a um nível mais elevado de acesso ao conhecimento.

Na educação do século XXI a universidade, de acordo com Boaventura de Souza Santos (2008) deixará de ser o monopólio do conhecimento, devido às exigências de mercado e, portanto, precisará sofrer transformações significativas em seus processos de conhecimento, buscando um modelo pedagógico inovador, por meio do currículo inter-multidisciplinar e da transferência de conhecimentos das universidades e instituições de pesquisa de forma integrada e em rede.

Nesta perspectiva, a educação para o século XXI pressupõe a formação de competências no processamento de múltiplas formas de informação para realizar tarefas que podem ser distribuídas em contextos que incluem casa, escola, local de trabalho e redes sociais, conforme pesquisa realizada pela fundação *National Research Council* que elaborou um documento denominado *Education for life and work: developing transferable knowledge and skills in the 21st Century*, que consiste em uma lista de competências essenciais para o século XXI e o que fazer para

desenvolvê-las.

As competências dos trabalhadores que enfrentarão os novos desafios em um futuro próximo estão alinhadas aos movimentos da 4ª revolução industrial ou a chamada indústria 4.0. O movimento que caracteriza bem a educação para o século XXI e a indústria 4.0, é o da Educação Maker (aprender fazendo) ou educação “Mão na Massa” que se caracterizam como espaços de criação e compartilhamento do conhecimento para inovação. Outro ambiente que emerge, em um contexto mais amplo são os parques tecnológicos dentro das universidades, caracterizados como os Ecossistemas de Inovação.

Neste contexto, de acordo com Aires et., al. (2017) as competências mais requeridas são: criatividade, inovação, comunicação, solução de problemas e conhecimentos técnicos. Com isso, os movimentos que emergem da 4ª revolução industrial implicam em uma mudança radical das atuais posições de trabalhadores deste segmento, exigindo uma demanda por novas habilidades e atualização constante do conhecimento.

Finalmente, cabe pontuar como a Indústria 4.0 vai mudar a forma como aprendemos, a partir de transformações, como: inteligência artificial, Big Data, Internet das Coisas (IoT), robótica, entre outros, bem como repensar o cenário de uma Educação em Rede, onde seja possível implementar uma manufatura avançada, em países em desenvolvimento, como no Brasil, onde se faz necessário a formação de pessoas em um nível mais abrangente de aplicação e inovação tecnológica industrial.

3 | O CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

O Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para Manufatura Avançada no Brasil é uma iniciativa que estabelece os objetivos tecnológicos, econômicos e sociais para a melhoria da produtividade e competitividade das empresas do país (Brasil, 2017). O referido documento também aborda os principais referenciais conceituais que servem de sustentação para a superação dos desafios atrelados ao conceito de tecnologias, recursos humanos, cadeias produtivas, infraestrutura e regulação elencadas pelo governo e traz neste cenário o termo manufatura avançada como sinônimo de indústria 4.0 ou indústria inteligente.

Segundo Hermann, Pentek e Otto (2016, p. 3928), Indústria 4.0 é um termo coletivo para tecnologias e conceitos de valor no contexto organizacional. Sua estruturação é possível a partir do uso de sistemas ciberfísicos que criam uma cópia virtual do mundo físico para poder monitorá-lo e agir sobre tudo que o compõem por meio da internet das coisas e da comunicação entre todos os participantes da cadeia de valor, incluindo-se pessoas e máquinas. Trata-se de um conceito cuja formatação e divulgação datam de 2011, devido a uma iniciativa do governo da Alemanha que criou um grupo de trabalho para alicerçar, conceitual e metodologicamente, as bases

que as empresas alemãs deveriam adotar para se manterem como um dos líderes mundiais da produção industrial.

O trabalho de criar e disseminar a Indústria 4.0, iniciado dois anos antes, por volta de 2009, culminou com o Relatório Final de Recomendações para Implementação da Iniciativa Estratégica Indústria 4.0 (Kagermann, Wahister, Helbig, 2013). Desde então, o documento tem sido um importante marco para iniciativas na Alemanha, ao mesmo tempo em que serve de referencial para outras ações ao redor do mundo. Conforme Liao et al. (2018), há diversos países que têm se destacado no contexto internacional adotando estratégias e iniciativas semelhantes, incluindo-se: China (*Made in China 2025*), Europa (*Factories of the Future from Europe*), Estados Unidos da América (*Advanced Manufacturing Partnership*), Holanda (*Smart Industry*), Espanha (*Industria Conectada 4.0*), Malásia (*Eleventh Malaysia Plan*), França (*La Nouvelle France Industrielle*), Reino Unido (*Future of Manufacturing*), Itália (*Piano Nazionale Industria 4.0*) e South Coreia (*Manufacturing Innovation 3.0*).

Para a Schwab (2016), a Indústria 4.0 é o resultado direto de um período de intensas mudanças denominado de 4ª Revolução Industrial. Sua perspectiva considera que, enquanto a 1ª, 2ª e 3ª Revoluções Industriais tiveram como marco inicial a mecanização, a eletricidade e a automação respectivamente, o novo movimento teve início na virada do século XXI, tratando-se de um período caracterizado por grande velocidade, amplitude e impacto causados, principalmente, pela inteligência artificial e aumento na velocidade de transmissão de dados. Além disso, considera que se trata de uma era que estabelece profundas diferenças com os movimentos anteriores, por se fundamentar não apenas na fusão entre todas as tecnologias existentes, mas também na completa interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos.

Essa perspectiva de que a humanidade iniciou uma nova revolução industrial pode ser ratificada ao se analisar o *National Strategic Plan for Advanced Manufacturing* (2012) do governo dos Estados Unidos da América, no qual a manufatura avançada é conceituada como um conjunto de atividades que dependem de informações, automação, sensoriamento, redes e capacidades emergentes em ciências físicas e biológicas.

Este entendimento é também ratificado por Alojz, Meskoe Roblek (2016) que definem a Indústria 4.0 sob a perspectiva de quatro elementos: Sistemas Ciberfísicos (*Cyber Physical System – CPS*), Internet das Coisas (IoT), a Internet de Serviços (IoS) e a Fábrica Inteligente (*Smart Factory*). A esses elementos somam-se as considerações de Hermann, Pentek e Otto (2015) que elencam interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação para o serviço e modularidade como os princípios de design que fundamentam a Indústria 4.0.

A multiplicidade de novos conceitos e tecnologias evidenciam que a humanidade atravessa um período de mudanças. Assim, apesar da velocidade com que os fatos vêm se processando, ainda são necessários aprofundamentos substanciais para

que o domínio de suas potencialidades seja ampliado e consolidado. As diferentes nomenclaturas que alguns países dão a seus respectivos programas, por si só, já evidenciam visões diversificadas sobre o fenômeno e como ele se processa. Mittal et al. (2017), por exemplo, contesta o uso dos termos manufatura avançada e manufatura inteligente como sinônimos ao afirmar que, enquanto a primeira está ligada à produção física, a segunda guarda relação apenas com as bases de softwares para a produção. Nessa mesma linha, Ahuett-Garza e Kurfess (2018) trazem conceitos importantes para a diferenciação de algumas dessas tecnologias, incluindo-se: Big Data, simuladores, robótica, modelagem, realidade virtual, nanotecnologia, comunicação móvel, realidade aumentada, computação em nuvem e impressão 3D. Considera-se que, apesar da Indústria 4.0 ser um processo de inovação em consolidação, os avanços tecnológicos são seus principais reflexos e estão alterando substancialmente o mundo dos negócios e modo como as pessoas se relacionam (Nakayama, 2017). Elevada conectividade, capacidade de processamento e comunicação autônoma entre máquinas, produtos e sistemas são conceitos e práticas que não se limitam apenas em novos modos de produção, mas também no modo de vida das pessoas.

Neste cenário de grandes mudanças, novas estratégias empresariais e políticas públicas se fazem necessárias. De acordo com o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Manufatura Avançada é preciso “aplicar esforços em inovação de produtos e processos integrados e em educação para manufatura avançada” como a principal forma de alavancar a produtividade das empresas brasileiras (Brasil, 2017, p. 43).

Entende-se, portanto que o conceito de Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada demanda forte investimento em educação e inovação para que se possa contribuir na difusão de conhecimentos que possibilitem compreender seu real impacto sobre os processos produtivos e as mudanças na economia brasileira.

4 | METODOLOGIA

A metodologia utilizou-se de uma pesquisa teórica de cunho descritivo, por meio de uma revisão integrativa da literatura nas bases científicas do Portal de Periódicos da Capes, SciELO e Scopus. A questão motivadora da investigação buscou encontrar a relação existente entre Educação em Rede e Indústria 4.0.

Para busca inicial, utilizou-se os termos em inglês “*industry 4.0*” and “*education network*” ou que tivessem associação com o termo “*manufacture*”. Do mesmo modo, efetuaram-se buscas com os termos em português “Indústria 4.0” e “Educação em Rede”. A consulta considerou somente artigos científicos, em que estes termos pudessem estar contidos em seus títulos, resumos e palavras-chave.

Em uma primeira etapa, utilizou-se a busca exata dos termos em inglês e em português nas bases. O quadro (1) mostra os dados iniciais que foram coletados.

Publicações	Bases	Período	Termos Pesquisados
21	Scopus	2016 a 2018	
28	Portal de Periódicos da Capes	2011 a 2018	“Industry 4.0” and “Education Network”
0	SciElo	-	
0	Scopus	-	
0	Portal de Periódicos da Capes	-	“Indústria 4.0” and “Educação em Rede”
0	SciElo	-	

Quadro 1. Coleta de dados iniciais entre 2011 a 2018.

Fonte: dos autores 2018.

Uma segunda etapa da revisão considerou os critérios de inclusão e exclusão de publicações. Não houve restrição quanto ao período de tempo para busca considerando apenas artigos científicos, excluindo dessa forma outros tipos de publicações, como livros e seus capítulos. Assim, determinaram-se como válidos os artigos científicos que atendiam o objetivo da pesquisa, considerando a relação entre os conceitos de Educação em Rede e Indústria 4.0. Desse modo, a análise exploratória de títulos e resumos não impediram uma avaliação crítica, na qual é permitido uma classificação por semelhança de objetivos, métodos e resultados alcançados (Freire, 2013, p. 26).

Com base nessa fase de inclusão e exclusão de critérios, avaliação e análise dos dados foram identificados 5 artigos que atendem ao objetivo da pesquisa, destacados no quadro 2, pertencentes a duas bases pesquisadas. Na base SciElo não foram encontrados artigos referentes a esta investigação.

TÍTULO/ AUTORES/ ANO	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
<i>Educational robotics as part of the International Science and education project “Synergy” in realizing the social needs of society on the road to the industrial revolution “industry 4.0”</i> Khomchenko, V. K., Gebel, E. S., & Peshko, M. S. (2018)	Analisar os objetivos de uma sessão em laboratórios remotos de robótica como locais apropriados para preparação no trabalho no setor de produção industrial.	Estudo exploratório que relata a experiência do projeto <i>Synergy</i> com a utilização de laboratórios remotos de robótica para preparação para o trabalho das novas gerações na Indústria 4.0.	Apresenta os objetivos do uso de tecnologias em rede, no exemplo dos equipamentos remotos de robótica utilizados na educação científica do <i>Synergy Project</i> para a implementação da ideologia de “indústria 4.0”, que devem ser refinados e adequados, considerando o conceito de “Indústria 4.0”, o material metodológico e o trabalho organizacional.

<p><i>Sustaining Employability: A Process for Introducing Cloud Computing, Big Data, Social Networks, Mobile Programming and Cybersecurity into Academic Curricula</i></p> <p>Bologa, R., Lupu, A. R., Boja, C., & Georgescu, T. M. (2017)</p>	<p>Descrever um processo que introduz temas tecnológicos modernos nos currículos acadêmicos de universidades não técnicas.</p>	<p>Estudo exploratório que descreve um processo definido e testado durante um projeto de reforma curricular que ocorreu em duas grandes universidades da Europa Oriental, no qual possibilita o aumento e contribuição à sustentabilidade social, permitindo o acesso de estudantes não técnicos ao campo da Internet das Coisas (<i>IoT</i>) e a Indústria 4.0.</p>	<p>Descreve o processo que revela o impacto, ao longo dos anos, de um projeto financiado pela União Europeia que teve como objetivo introduzir os seguintes temas nos currículos acadêmicos de administração: computação em nuvem, <i>big data</i>, programação móvel e social redes e cibersegurança (CAMSS).</p>
<p><i>Transfer of Model of Innovative Smart Factory to Croatian Economy using Lean Learning Factory</i></p> <p>Gjeldum, N., Mladineo, M., & Veza, I. (2016)</p>	<p>Descrever um processo de implementação de uma linha de montagem híbrida, integrando conhecimento ao currículo em cursos de engenharia.</p>	<p>Estudo exploratório de descrição de uma prática do projeto <i>Innovative Smart Enterprise</i> (Croácia) com a simulação de uma fábrica real através de equipamentos especializados.</p>	<p>Descreve os métodos e ferramentas adaptados e implementados no processo e análise do projeto quanto na análise devem ser dimensionados e ajustados para uso industrial, como parte da transferência de conhecimento da universidade para as empresas.</p>
<p><i>Emerging curriculum for industry and human applications in Internet of Things</i></p> <p>Kharchenko, V., Illiashenko, O., Boyarchuk, A., Sklyar, V., & Phillips, C. (2017)</p>	<p>Descrever a necessidade de novos currículos em Internet das coisas (<i>IoT</i>) para os níveis de mestrado, doutorado e engenharias.</p>	<p>Estudo exploratório que discute sobre o desenvolvimento de currículos, no Projeto ALIOT, financiado no âmbito do programa Erasmus +, na União Europeia, sobre adaptação de programas acadêmicos às necessidades do mercado de trabalho.</p>	<p>Descreve a implementação do Projeto ALIOT, como um programa de educação e pesquisa para o domínio da Internet das Coisas (<i>IoT</i>) no cenário Europeu. Na construção de múltiplos modelos de domínios (redes de cluster) de aplicativos <i>IoT</i> em que estão a indústria 4.0.</p>
<p><i>IoT - review of critical issues</i></p> <p>Romaniuk, R. S. (2018)</p>	<p>Revisar criticamente sobre uma ciência da Internet das coisas (<i>IoT</i>) na transformação de uma sociedade virtualizada e o futuro do trabalho.</p>	<p>Revisão crítica de estudos da literatura sobre a complexidade do contexto sócio-político-econômico entre Internet das Coisas (<i>IoT</i>) e a sociedade.</p>	<p>Analisa papel da internet das coisas (<i>IoT</i>) como potencial sistema de vigilância local e grande repositório de informações, criação de conhecimento e tomada de decisão autônoma e virtualizada.</p>

Quadro 2. Análise de artigos científicos de 2011 a 2018.

Fonte: dos autores (2018).

Para uma maior percepção e análise dos conceitos apresentados neste artigo foi utilizado um recurso denominado Nuvem de Palavras com o uso da ferramenta Wordclouds (Disponível em <wordclouds.com>), apresentando as palavras destacadas nas palavras-chave dos artigos selecionados, disponíveis nas bases Scopus e Portal Capes (figura 1).

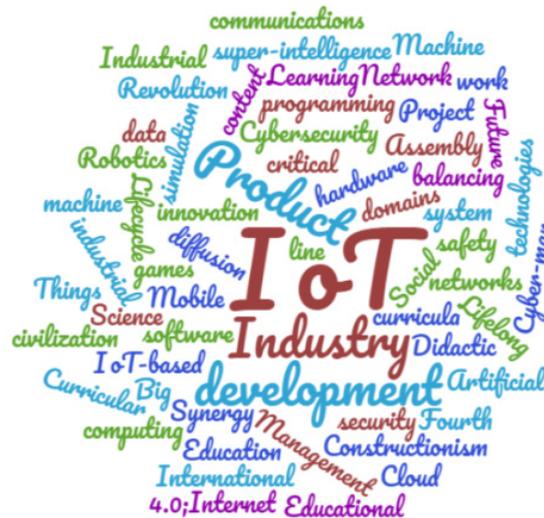


Figura 1: Nuvem de palavras das publicações identificadas.

Fonte: elaborados pelos autores.

Na revisão integrativa da literatura realizada, se estabelece uma inter-relação com as palavras identificadas, os objetivos, os métodos e os resultados das 5 publicações selecionadas em atendimento aos objetivos desta pesquisa. Nesse sentido, no decorrer do próximo capítulo, para a construção de uma análise descritiva, buscou-se discorrer sobre os aspectos relacionados que foram identificados.

Deste modo, os aspectos identificados nos quatro estudos de experiências práticas e na análise crítica da revisão da literatura são os seguintes: preparação de recursos humanos para o trabalho na Indústria 4.0; tendências tecnológicas emergentes, referindo-se principalmente à Internet das Coisas (IoT) e ao desenvolvimento de laboratórios remotos de robótica e de experimentação em inovação; bem como, transferência de conhecimento das universidades para as empresas, considerando, também, uma revisão multidisciplinar nos currículos.

5 | RESULTADOS

Ao relacionar os conceitos teóricos da Educação em Rede e a temática da Indústria 4.0, este estudo buscou contribuir para uma reflexão acerca da complexidade da mediação do conhecimento e aprendizagem em um contexto de produção industrial em transformação, visto que autores como Aires, Kempner-Moreira & Freire (2017) reconhecem a importância para desenvolvimento de competências, compartilhamento de conhecimento e o uso de novas tecnologias digitais como desafio e tendência na Indústria 4.0.

De forma abrangente, a pesquisa destaca três tendências pedagógicas e tecnológicas emergentes que representam a interdisciplinaridade e a convergência

entre os processos de ensino e aprendizagem em rede e o trabalho produtivo para otimização e automação das indústrias, que são:

- (1) Internet das Coisas (IoT) - destaca-se nas publicações pesquisadas por interconectar sistemas e objetos de uso cotidiano, no qual ressalta-se a relevância em desenvolver habilidades de domínio dessas aplicações por estudantes;
- (2) Laboratórios remotos de robótica ou espaços de experimentação e aprendizagem proporcionado pela engenharia e o design para o desenvolvimento de soluções automatizadas com o uso de peças de robótica, impressoras 3D, peças e componentes para usos diversos, entre outros dispositivos digitais;
- (3) Laboratórios de experimentação e inovação, denominados FAB-LAB, também são evidenciados aqui como cenários em que o conhecimento será produzido para atender às demandas da Indústria 4.0, visto que em um futuro próximo muitas das profissões atuais deixarão de existir e outros novos trabalhos serão constituídos, considerando um contexto social inserido neste movimento de produção em ampla expansão.

O conceito de IoT, segundo Moreira, Magalhães, Ramos & Vairinhos (2017), foi apresentado no documento *NMC Horizon Report 2012* como uma tendência a ser adotada nas instituições de ensino para os próximos 5 anos, se referindo, assim, a uma evolução dos objetos inteligentes que interconectam objetos físicos e informação digital. Segundo os autores supracitados, em 2015, este documento, que tratou das tendências tecnológicas e dos seus desafios da educação no ensino superior, cita novamente a IoT como uma tendência emergente que beneficiaria a educação a longo prazo, destacando que os estudantes utilizariam os recursos tecnológicos de seus *mobiles* para o conhecimento interdisciplinar. Exemplificando estas questões, cada relatório *NMC Horizon Report* apresentou a visão de especialistas para tratar da relevância educacional, por meio de exemplos da vida real (Johnson, L; Adams Becker, S.; Estrada, V.; Martín, S., 2012).

Igualmente, a IoT foi apontada como um fenômeno de conectividade eletrônica do século XXI, que envolve computadores, softwares, conectividade em rede, entre outros, estando presente na vida cotidiana como um componente importante ao permitir que pessoas acompanhem assuntos pessoais e conduzam o trabalho, a partir de locais remotos (Ritz & Knaac, 2017). A IoT significa também a representação de serviços inovadores que aumentam a eficiência e a produtividade (Bandyopadhyay & Sen, 2011), considerada, em um sentido mais amplo, para fomentar o desenvolvimento de diversas aplicações, visando tornar a internet mais imersiva e abrangente, em que é possível explorar as mais avançadas tecnologias de comunicação em serviços de valor agregado na administração de cidades inteligentes (Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, 2014).

Por isso, o mercado de trabalho futuro deverá desenvolver desde já, habilidades de domínio em IoT. As tendências previstas pelos especialistas, nos documentos

NMC Horizon Report, demonstraram que o uso desta aplicação será massivo, deste modo, a partir dela outras competências devem ser desenvolvidas, o que amplia a responsabilidade das instituições de ensino na oferta de estruturas mais adequadas de conhecimento.

Da mesma forma, as instituições educacionais precisarão desenvolver laboratórios de experimentação para aplicar práticas de inovação com seus estudantes. Especificamente, nos artigos identificados, na revisão integrativa da literatura, observaram-se relatos de experiências, em projetos europeus, com envolvimento de universidades, governo e empresas privadas. Esses projetos desenvolvem o financiamento à pesquisa e à inovação envolvendo estes três agentes, e, conseqüentemente, beneficiando a sociedade.

Os laboratórios remotos de robótica, também representam tendências previstas no *NMC Horizon Report*, relatório produzido pela *New Media Consortium (NMC)* elaborado por uma comunidade que contempla especialistas de universidades, faculdades, Museus e Centros de Pesquisa. O trabalho da comunidade *NMC* é o de estimular e promover a exploração e uso de novas mídias e tecnologias para a aprendizagem e expressão criativa (*NMC Horizon Report*, 2018). Para estes especialistas, o entendimento que se deseja construir é do estudante que passa a ser o “criador” de experiências participativas e colaborativas, passando por experiências de experimentação para a inovação em um caminho criativo, proporcionado pelas engenharias e o design, com o uso de peças para a robótica, impressoras 3D, entre outros dispositivos digitais, acessíveis a um número maior de pessoas. Assim, como evidenciado na tese de Silva (2006) os laboratórios de experimentação remota contribuem para uma vivência real daqueles estudantes que não podem acessar um laboratório presencialmente, na qual deve ser considerado o seu impacto na aprendizagem, não se restringindo apenas a uma alternativa de substituição de acesso ao laboratório presencial.

Outra tendência apontada são os chamados FAB-LAB, laboratórios de experimentação criativa, que são estimados pela Comissão Europeia como os promotores do desenvolvimento científico e tecnológico em toda a Europa, para a maximização de programas de inovação. O Relatório independente do *High Level Group* (2017) aborda que a sociedade precisa estar envolvida diretamente nos programas de pesquisa e inovação da Europa. Neste sentido, o *CEO* do *High Level Group*, Pascal Lamy, destaca que a importância do envolvimento social no processo de imaginação, criatividade e criação, que envolve os laboratórios de experimentação criativa, proporcionam os “LAB”; através de pesquisa, os “FAB”, por meio da inovação e fabricação competitiva; e, também, os “APP”, aplicações para o benefício de toda a sociedade. Neste sentido é que surge o nome do relatório produzido, “LAB – FAB – APP – *Investing in the European future we want*”, que trata de 12 recomendações para maximizar o impacto dos futuros programas de investigação e inovação da União Europeia, em que cada recomendação é exemplificada por uma ação-chave.

Por fim, a última discussão se baseia sobre o papel das universidades em uma Educação em Rede, com base na construção de um currículo multidisciplinar e a participação de todos os atores sociais no processo da Indústria 4.0. O currículo multidisciplinar integra diferentes saberes e fortalece o desenvolvimento de multicompetências. Para Moreira e Silva (1995, p. 22), “o currículo não é um elemento inocente e neutro de transmissão desinteressada do conhecimento social”. Para os autores supracitados, o currículo implica em relações de poder, na transmissão de visões sociais e particulares, na produção de identidades individuais e sociais particulares, não sendo um elemento transcendente e atemporal, na qual possui uma história, no modo como a sociedade e a educação se organizam.

As redes na educação fazem parte da sociedade em rede, denominada por Castells (2010), em que são destacados três importantes aspectos: revolução da tecnologia da informação e comunicação, crises econômicas referentes ao capitalismo e estatismo e apogeu de movimentos sociais. Neste contexto, as instituições educacionais necessitam gerir um conhecimento aberto que ultrapasse as fronteiras da Hélice Tríplice “universidade-indústria-governo” (Etzkowitz; Zhou, 2017), com vistas à inovação e ao empreendedorismo, mas, ao mesmo tempo, gerando uma inovação que agregue valor social.

Para Audy (2017, p. 82), a respeito desse envolvimento da sociedade, considera que “abordagens mais recentes incorporam a própria sociedade ou as pessoas (cidadãos) como uma quarta hélice, gerando o modelo da Quadrupla Hélice”. Neste caso, os parques tecnológicos, denominados como áreas dos Ecossistemas de Inovação, imbricado nas parcerias da universidade, governo e indústria representam o potencial criativo, inovador e tecnológico de suporte para uma Educação em Rede.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do artigo foi identificar as principais relações existentes entre Educação em Rede e Indústria 4.0, a partir de uma revisão integrativa da literatura. Deste modo, após as buscas nas Bases Scopus, Portal de Periódicos da Capes foram selecionados 05 artigos que se relacionam com o objetivo proposto. Com base nas publicações encontradas, a partir da análise de seus objetivos, métodos e resultados foram identificados 03 aspectos principais que apresentam uma inter-relação do conceito de Educação em Rede e Indústria 4.0.

O primeiro aspecto está relacionado com preparação de recursos humanos para o trabalho na Indústria 4.0, na qual a educação tradicional passa por transformações para o desenvolvimento de novas competências de futuras profissões advindas da 4ª revolução industrial. O segundo aspecto trata das tendências tecnológicas emergentes, na qual a Internet das Coisas (IoT) se destaca, como cenário tanto na produção como na educação, bem como são evidenciados os espaços para o desenvolvimento da criatividade e à inovação, a partir dos laboratórios remotos de

robótica e de experimentação para a inovação. E, o terceiro aspecto, que trata da transferência de conhecimento aberto das universidades para as empresas, incluindo a sociedade como um agente direto a ser impactado no processo de transformação digital, no qual deve ocorrer no ambiente acadêmico com ações que vão desde a adoção de um currículo inter-multidisciplinar, à criação de parques tecnológicos com foco no empreendedorismo e na inovação social.

No entanto, cabe ressaltar que esta pesquisa se delimitou a uma investigação inicial sobre as potencialidades do tema, pois conforme exposto anteriormente, além da complexidade dos conceitos apresentados, ainda, em continuidade, recomenda-se investigar mais amplamente os demais conceitos derivados de uma transformação tecnológica global.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC – Brasil, pelas bolsas de doutorado, pelo auxílio para a participação no evento e pelo incentivo à pesquisa junto ao PPGECC, UFSC, Brasil.

REFERÊNCIAS

AHUETT-GARZA, H.; KURFESS, T. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. **Manufacturing Letters**. 15, p. 60–63, 2018.

AIRES, R.; KEMPNER-MOREIRA, F.; FREIRE, P. Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. In **VII International Congress of Knowledge and Innovation - CIKI**. 2017a.

AIRES, R.; KEMPNER-MOREIRA, F.; FREIRE, P. Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento. **SUCEG – Seminário de Universidade Corporativa e Escolas de Governo**, 1(1), p. 224-247, 2017b.

AUDY, J. A inovação, o desenvolvimento e o papel da Universidade. **Estudos Avançados**, 31(90), p. 75-87, 2017.

BANDYOPADHYAY, D.; SEN, J. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. **Wireless Personal Communications**, 58(1), p. 49-69, 2011.

BOLOGA, R. et al. Sustaining Employability: A Process for Introducing Cloud Computing, Big Data, Social Networks, Mobile Programming and Cybersecurity into Academic Curricula. **Sustainability**, 9(12), p. 2235, 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, T. I. E. C. **Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil**. Brasília: MCTIC. 2017.

CASTELLS, M. **A Sociedade em rede: A era da informação: economia, sociedade e cultura**. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2010.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, 31(90), p. 23-48, 2017.

FREIRE, P. S. **Aumente a qualidade e quantidade de suas publicações científicas**. Manual para elaboração de projetos e artigos científicos. Curitiba: CRV. 2013.

GJELDUM, N.; MLADINEO, M.; VEZA, I. Transfer of model of innovative smart factory to Croatian economy using Lean Learning Factory. **Procedia CIRP**, 54, p. 158-163, 2016.

GOMEZ, M. V. **Educación em red: una vision emancipadora para la información**. México: Universidad de Guadalajara. 2005.

HERMANN, T., Pentenk, M. & Otto, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, **49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**, p. 3928-3937, 2016.

JOHNSON, L. et al. Technology Outlook for Brazilian Primary and Secondary Education. An NMC Horizon Project Sector Analysis. Austin, Texas: **The New Media Consortium**, p. 2012-2017, 2012.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 - Securing the Future of German Manufacturing Industry** (Final Report of the Industry 4.0 Working Group). National Academy of Science and Engineering. 2013.

KHARCHENKO, V. et al. Emerging curriculum for industry and human applications in Internet of Things. In **Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)**, 2, p. 918-922, 2017.

KHOMCHENKO, V. K.; GEBEL, E. S.; PESHKO, M. S. Educational robotics as part of the International Science and Education Project "Synergy" in realizing the social needs of society on the road to the Industrial Revolution" Industry 4.0". **EAI Endorsed Trans. Energy Web**, 5(16), p. e4, 2018.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Cost. São Paulo, Editora 34, 1999.

LIAO, Yongxin et al. The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. **Production**, v. 28, 2018.

MITTAL, Sameer et al. Smart manufacturing: characteristics, technologies and enabling factors. **Proceedings of the institution of mechanical engineers, part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 233, n. 5, p. 1342-1361, 2019.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (Org.). Coleção Mídias Contemporâneas. **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Vol. II. 2015.

MOREIRA, A. F. B.; SILVA, T. T. Sociologia e Teoria Crítica do Currículo: uma introdução. In: MOREIRA, A. F. B.; SILVA, T. T. (Org.). **Currículo, cultura e sociedade**. São Paulo: Cortez, 1995.

MOREIRA, F. T. et al. The Power of the Internet of Things in Education: An Overview of Current Status and Potential. In: **Conference on Smart Learning Ecosystems and Regional Development**, p. 51-63, 2017.

MOSCONI, F. **The new European industrial policy: global competitiveness and the manufacturing renaissance**. New York: Routledge. 2015.

NAKAYAMA, R. S. **Oportunidades de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para a Indústria 4.0 no Brasil**. Tese de Doutorado – Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, Brasil. 2017.

NUNES, Lucyene L. S. Todesco et al. Educação em rede: tendências tecnológicas e pedagógicas na sociedade em rede. **EmRede-Revista de Educação a Distância**, v. 3, n. 2, p. 197-212, 2017.

RITZ, J.; KNAACK, Z. Internet of Things. **Technology & Engineering Teacher**. 76(6), p. 28-33, 2017.

ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A complex view of industry 4.0. **SAGE Open**, 6(2), 2016.

ROMANIUK, R. S. IoT—review of critical issues. **International Journal of Electronics and Telecommunications**, 64(1), p. 95-102, 2018.

SILVA, J. B. D. **A Utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, Brasil. 2006.

SANTOS, B. D. S.; ALMEIDA FILHO, N. D. **A universidade no século XXI: para uma universidade nova**. Coimbra: Almedina, 2008.

SOUZA, M. V. Mídias Digitais, Globalização, Redes e Cidadania no Brasil. In: SOUZA, M.V.; GIGLIO, K. (Org.). **Mídias Digitais, Redes Sociais e Educação em Rede Experiências na Pesquisa e Extensão Universitária**. São Paulo: Blucher, p. 15-45, 2015.

ZANELLA, A. et al. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things journal**, 1(1), p. 22-32, 2014.

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Pato Branco – PR

Edilson Pontarolo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional
Pato Branco – PR

RESUMO: Este relato aborda uma experiência com atividades de Modelagem Matemática em situações que envolveram a coleta de resíduos sólidos para reciclagem. As atividades foram realizadas em quatro turmas do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola municipal localizada na zona urbana de São Lourenço do Oeste - SC e fazem parte de uma pesquisa cujo objetivo é contribuir para a prática da Educação Ambiental na disciplina de matemática. Inicialmente, houve uma conversa com os estudantes sobre o tema e na sequência, para a coleta de dados, eles visitaram uma coletora de resíduos sólidos para reciclagem. Em sala de aula, os estudantes elaboraram situações-problemas, construíram tabelas, representaram os dados como pares ordenados e por meio de uma lei de formação da Função do 1º Grau. A coleta de dados da pesquisa ocorreu mediante

questionário semiestruturado aplicado aos participantes após o desenvolvimento das práticas pedagógicas e foram analisados por meio da técnica da Análise de Conteúdo. Os resultados sugerem que as atividades conduziram à reflexão e discussão quanto aos problemas ambientais, além de terem despertado o gosto dos estudantes pelo estudo da matemática. A discussão teórica, metodologia e resultados obtidos foram sintetizados e apresentados no diagrama V epistemológico de Gowin, o qual proporciona clareza e melhor compreensão.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Fundamental. Modelagem Matemática. Educação Ambiental. V epistemológico de Gowin.

MATHEMATICS TEACHING PRACTICES TOWARDS ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF TRANSVERSALITY

ABSTRACT: This text reports a practice with mathematical modeling in pedagogical activities based on the subject of solid waste collection and recycling. The activities took place in four classes of the 9th grade of Elementary School of a public school located in the urban area of São Lourenço do Oeste, State of Santa Catarina, and are part of research whose objective is to contribute to the practice of Environmental

Education in the discipline of mathematics. The practice started with a conversation with the students on the purpose of the activities, followed by a visit to a solid waste collecting and recycling enterprise, where the students collected data in order to base their modeling activities. In the classroom, the students elaborated problem-situations, constructed tables, represented the data as ordered pairs and by means of a law of formation of the function of the 1st degree. The students answered a semi-structured questionnaire after the pedagogical practices and these data were analyzed by means of the technique of content analysis. The obtained results suggest that the activities led to reflection and discussion about environmental problems, as well as fostered students' interest in the subject of mathematics. The theoretical discussion, methodology and obtained results are summarized and presented in a Gowin's V Diagram, which provides more clarity and a better understanding of these elements.

KEYWORDS: Elementary School. Mathematical Modeling. Environmental education. Gowin's V Diagram.

1 | INTRODUÇÃO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) estabelecem o meio ambiente como um tema transversal, portanto, sugere-se esta abordagem de maneira integrada às diferentes áreas do conhecimento e disciplinas (BRASIL, 1997). No entanto, muitos professores ainda associam a temática do meio ambiente apenas com Ciências e Geografia. Nesse sentido, faz-se necessário refletir sobre como tratar o meio ambiente de maneira transversal na Matemática com o objetivo de contribuir para a prática da Educação Ambiental nessa disciplina.

Este trabalho apresenta um recorte de uma pesquisa que versa sobre a Educação Ambiental no ensino de matemática nos anos finais do Ensino Fundamental em uma escola municipal da zona urbana do município de São Lourenço do Oeste - SC e que iniciou em 2016. Uma versão prévia deste trabalho foi apresentada na VII Jornada Nacional de Educação Matemática, realizada em Passo Fundo, RS, de 2 a 4 de abril 2018.

A prática pedagógica foi mediada pela Modelagem Matemática sob a perspectiva de ambiente de aprendizagem (BARBOSA, 2001) para o trabalho transversal com a temática ambiental.

Os dados coletados compõem parte de um questionário semiestruturado aplicado a 75 estudantes das quatro turmas de 9º ano após a realização de parte das práticas pedagógicas e que foram analisados por meio da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016). Os resultados obtidos foram representados por meio do V epistemológico de Gowin (2005), que permitiu expressá-los de forma resumida, de modo claro e proporcionou melhor compreensão dos mesmos.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa de campo foi realizada na Escola Básica Municipal Irmã Cecília localizada na zona urbana do município de São Lourenço do Oeste, SC, durante o segundo semestre letivo de 2016 nas aulas regulares da disciplina de Matemática em quatro turmas do 9º ano do Ensino Fundamental com 79 alunos entre 13 e 17 anos. Esta etapa da pesquisa teve início após a autorização da direção da escola, aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa e trâmite dos termos de consentimento do responsável e assentimento dos adolescentes participantes da pesquisa. O "ambiente natural" de investigação da pesquisa foi a sala de aula em turmas nas quais a professora de Matemática assumiu também o papel de pesquisadora participante (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

3 | EDUCAÇÃO AMBIENTAL E TRANSVERSALIDADE

Em 1977 na Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental em Tblisi, ex-URSS, organizada pela UNESCO e PNUMA foram dadas as definições, os objetivos, os princípios e as estratégias para a Educação Ambiental até hoje adotados "ao menos oficialmente " pela maioria dos países. Assim a Educação Ambiental foi definida como:

[...] uma dimensão dada ao conteúdo e à prática da educação, orientada para a resolução dos problemas concretos do meio ambiente por intermédio de enfoques interdisciplinares e de uma participação ativa e responsável de cada indivíduo e da coletividade (BRASIL, 1997, p. 229).

Em 1997 o MEC publicou os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), os quais sugerem o tratamento das questões ambientais de maneira transversal no Ensino Fundamental. Em 1999 foi aprovada a Lei N.º 9597 que institui a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) para o avanço da Educação Ambiental no contexto educacional. De acordo com essa lei, a Educação Ambiental deve estar presente de maneira articulada, contínua e com viés interdisciplinar em todos os níveis e modalidades de ensino formal e não formal (BRASIL, 1999). Em 2012 foram estabelecidas as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNEA) para a Educação Ambiental reafirmando a relevância e a obrigatoriedade da Educação Ambiental na Educação Básica e Superior, além do seu enfoque interdisciplinar (BRASIL, 2012).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) por meio da temática do Meio Ambiente apontam para o tratamento de discussões sobre esta problemática no âmbito escolar de tal maneira que venha contribuir para a formação de cidadãos conscientes, comprometidos com a vida, o bem-estar da sociedade local e global (BRASIL, 1997). A proposta dos PCN é incorporar por meio das disciplinas convencionais os temas transversais a fim de estabelecer uma relação com a realidade e permitir uma possibilidade de trabalho pedagógico que envolva o engajamento político-social com

o conhecimento e a indicação de uma formação voltada para a cidadania (SEGURA, 2001).

4 | O AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

As práticas pedagógicas foram desenvolvidas por meio da modelagem sob a perspectiva de ambiente de aprendizagem (BARBOSA, 2001). Neste texto, o termo modelagem se refere a Modelagem Matemática no contexto da Educação Matemática. A modelagem, enquanto *ambiente de aprendizagem*, está atrelada à problematização (ato de criar perguntas e/ou problemas) e à investigação (busca, seleção, organização e manipulação de informações e reflexão sobre elas) o que leva ao campo do conhecimento reflexivo (BARBOSA, 2004) e à formação crítica do estudante (BARBOSA, 2001).

Além disso, a modelagem pode ser entendida como um processo de construção de modelos matemáticos - conjuntos de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma um objeto de estudo - e que é composta das fases de *inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação* (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

4.1 As atividades de modelagem

As atividades de modelagem envolveram principalmente o estudo da Função do 1º Grau e foram desenvolvidas em grupo com no máximo quatro estudantes cada um.

O *tema* das atividades de modelagem foi definido como *Coleta de resíduos para reciclagem* e as fases propostas por Almeida, Silva e Vertuan (2012) serviram como orientação para chegar aos modelos matemáticos.

Para a fase da *inteiração*, em um primeiro momento, os estudantes fizeram uma visita ao barracão de coleta e separação de resíduos para reciclagem de uma empresa do município de São Lourenço do Oeste, SC (Figura 1). Na oportunidade eles conheceram como ocorre o processo de coleta e separação de resíduos para reciclagem na empresa. Além disso, puderam coletar informações e dados referentes ao tema que estava sendo investigado.



Figura 1- Visita realizada na empresa coletora de resíduos para reciclagem

Fonte: Autoria própria.

Na fase de *resolução e matematização*, a partir dos dados coletados, cada grupo de estudante elaborou a situação-problema e obtiveram os modelos matemáticos (Figura 2).



Figura 2 – Estudantes praticam a resolução e matematização

Fonte: Autoria própria.

Na sequência estão descritas algumas atividades de modelagem elaboradas pelos estudantes.

1) A empresa paga R\$ 0,20 por 1 kg de papelão arrecadado. Quantos reais são arrecadados com 8 kg de papelão vendido para a empresa?

2) A empresa recebe em média 15000 kg de papelão ao mês. Quanto a empresa paga mensalmente pela quantidade média de papelão recebido?

3) Em um dia são arrecadados em média 2500 kg de material para reciclagem. Qual é a quantidade média de material arrecadada em um ano?

A tabela de dados (Figura 3) e o gráfico (Figura 4) reproduzem os modelos referentes à primeira atividade.

Quantidade de papelão (kg)	Preço pago pela empresa (R\$)
1	0,2
2	0,4
3	0,6
4	0,8
5	1,0

Figura 3 - Tabulação dos dados da primeira atividade

Fonte: Autoria própria.

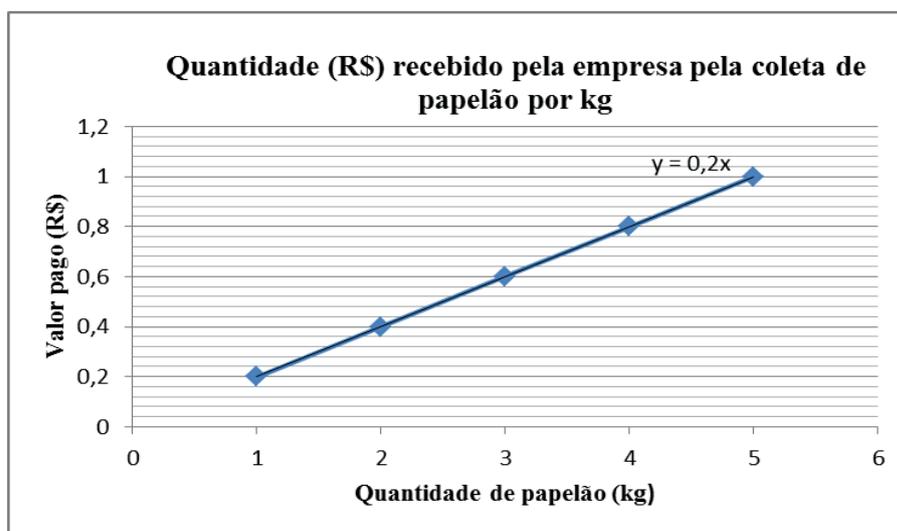


Figura 4 - Lei de formação da função e gráfico da primeira atividade

Fonte: Autoria própria.

O esquema disposto na Figura 5 apresenta em síntese as fases da modelagem e as ações dos estudantes durante a realização das atividades.

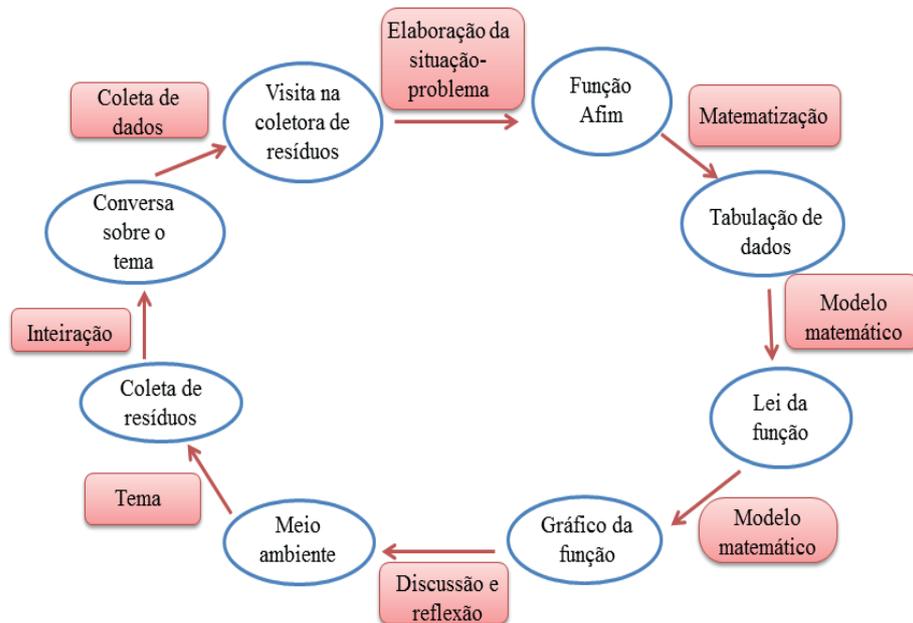


Figura 5 - Fases da modelagem e ações dos estudantes

Fonte: Autoria própria.

As atividades de modelagem relacionaram a quantidade de materiais para reciclagem (papelão, plástico, latinhas de alumínio) coletados ou vendidos pela empresa e o tempo ou o valor pago (R\$) e quantidade (kg) de materiais arrecadados ou vendidos.

Ao final, os grupos socializaram as atividades em sala de aula por meio de cartazes e explicações (Figura 6).



Figura 6 - Socialização das atividades

Fonte: Autoria própria.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados via questionários semiestruturados aplicados após a

realização das atividades com modelagem foram analisados por meio da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016). Diante das categorias obtidas *a posteriori* é possível afirmar que:

a) Quanto à Educação Ambiental: houve apontamentos por parte dos estudantes de que as atividades realizadas conduziram à reflexão e ao cuidado com o ambiente devido os valores numéricos envolvidos nas situações-problema. Além disso, os pesquisados fizeram menção quanto à clareza da problemática ambiental proporcionada por meio das atividades, “Olhamos para o meio ambiente e só sabemos que o prejudicamos muito, agora temos cálculos, resultados, coisas concretas do que fazemos ao ambiente.” (Estudante 1). Assim, os números oriundos da realidade mostraram de modo mais claro a dimensão da destruição ambiental, o rápido esgotamento dos recursos naturais devido as ações humanas e a extração de matérias primas para o abastecimento da indústria.

b) Quanto à modelagem: os pesquisados indicaram que aprenderam matemática de modo diferente e dinâmico “[...] porque é diferente e podemos fazer cálculos, tabelas, gráficos sem fugir do conteúdo.” (Estudante 2). Por outra parte, houve registros em que os estudantes afirmaram não ter gostado de tratar sobre a temática ambiental ou que não aprenderam tanta matemática quanto gostariam pelo fato das atividades terem sido diferentes daquelas que estavam acostumados a fazer. Por conseguinte, apresentaram dificuldades para entender a matemática, “[...] porque desde que começamos a estudar dessa forma eu fiquei com muita dificuldade para aprender, é confuso e diferente do que estou acostumada.” (Estudante 3).

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Educação Ambiental adquire um sentido estratégico em um contexto no qual as novas bases de convivência necessitam de um novo modelo de desenvolvimento que proteja as oportunidades de vida das gerações atuais e futuras, que o crescimento seja considerado como um meio e que seja respeitada a integridade dos sistemas naturais que permitem a existência da vida no planeta (LEFF, 2001).

Portanto, torna-se necessária a discussão das questões ambientais nos diversos níveis de ensino. No Ensino Fundamental, os PCN sugerem que essa temática seja tratada de maneira transversal, desse modo, a temática ambiental é comum a todas as disciplinas.

As atividades de modelagem e a temática ambiental permitiram a discussão e a reflexão sobre o meio ambiente. Além disso, o processo de modelagem modificou a dinâmica das aulas e despertou o interesse dos estudantes pela matemática. Em contrapartida, houve registros por parte dos estudantes referente às dificuldades que os mesmos se depararam durante o desenvolvimento das atividades. Diante disso, afirmaram não ter aprendido tanta matemática quanto gostariam.

Nesse sentido, salienta-se a importância do tratamento das questões ambientais

nas diversas áreas do conhecimento devido o caráter transversal e interdisciplinar das questões ambientais, isto é, há necessidade do olhar das diversas áreas do conhecimento para tratar do meio ambiente no sentido de que as diversas áreas do conhecimento podem contribuir para o trabalho com Educação Ambiental no contexto escolar.

O que foi apresentado neste relato e os resultados obtidos foram sintetizados em um diagrama V epistemológico de Gowin (Figura 6).

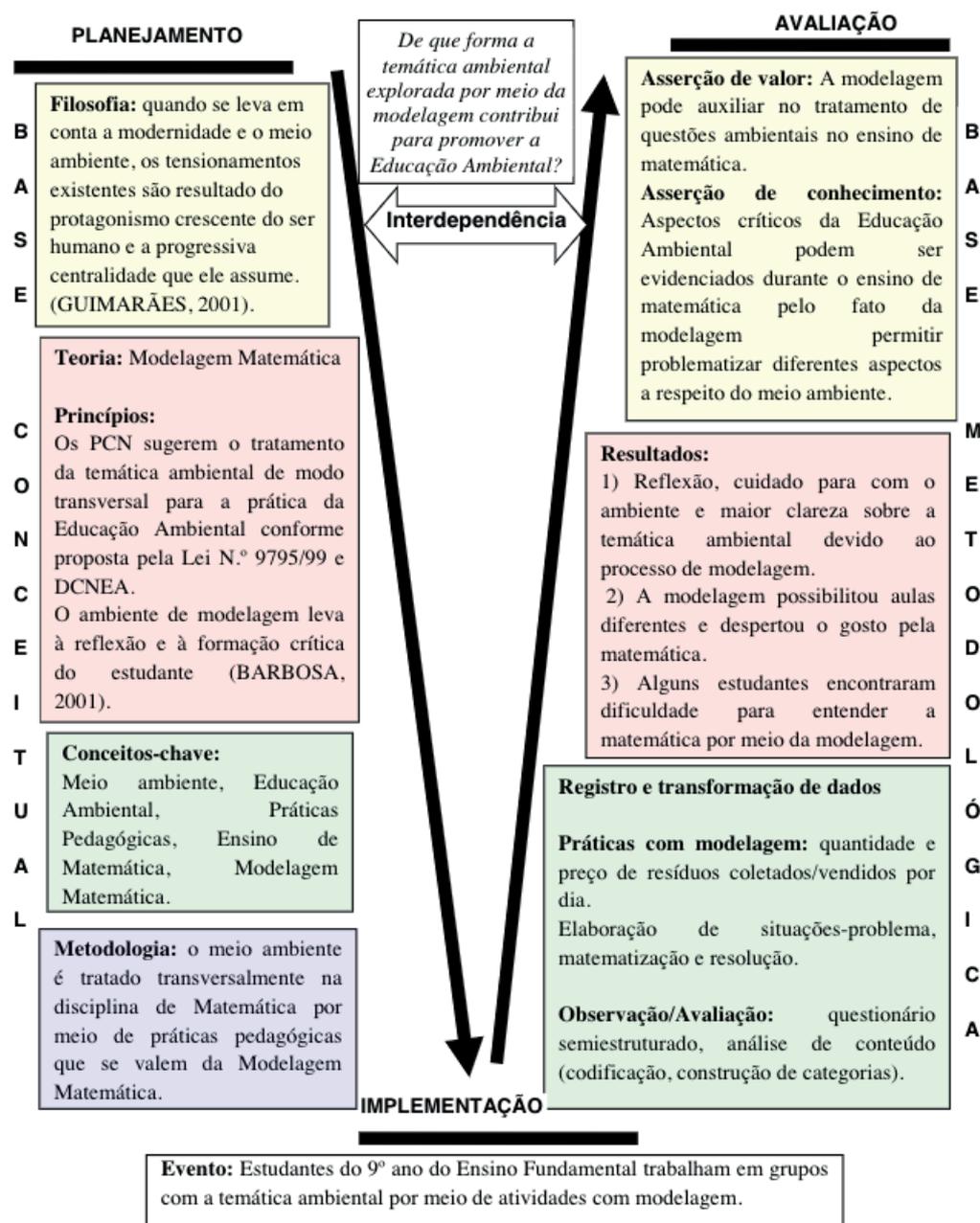


Figura 6 - Diagrama V de Gowin da prática de modelagem sobre reciclagem de resíduos

Fonte: Autoria própria.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2012.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: **REUNIÃO ANUAL DA ANPED**, 2001, Caxambu-MG. Anais... Rio de Janeiro-RJ: ANPED, 2001, p. 1-30.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática na sala de aula. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, GT 10 - MODELAGEM MATEMÁTICA, 2004, Recife. Anais... Recife: VIII ENEM, 2004, p.1-10.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1ª ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente**. Brasília: MEC, 1997.

_____. Ministério da Educação. Lei N.º 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 28 abr. 1999.

_____. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**. Brasília: MEC, 2012.

GUIMARÃES, R. P. A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento. In: VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (Orgs.) **O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil**. São Paulo: Editora Perseu Abramo, 2001, p. 43-71.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M. **The art of educating with V diagrams**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

SEGURA, D. S. B. **Educação Ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica**. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2001.

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas

National Institute for Space Research /INPE,
Eusébio, Ceará, Brazil
vanessalmeida24@gmail.com

Vicente de Paulo Silva

National Institute for Space Research /INPE,
Eusébio, Ceará, Brazil
vicente.inpe@inpe.com.br

Adilson Gandu

Federal University of Ceará/UFCE, Fortaleza, CE,
Brazil
adwgandu@gmail.com.br

RESUMO: O pleno conhecimento da dinâmica e climatologia do comportamento da atmosfera sobre a região Nordeste do Brasil (NEB), ainda carece de grandes esforços e dedicação por parte dos cientistas desta área. Quando comparados com outras regiões do mundo, particularmente com as regiões subtropicais do hemisfério norte, constata-se que de fato muito ainda precisa ser feito para o NEB. Foi com a intenção de contribuir para o aumento deste conhecimento que recentemente decidiu-se iniciar no INPE, em sua sede localizada na cidade de Eusébio no Ceará, um grupo de pesquisas na área de modelagem do comportamento da atmosfera sobre o NEB, à nível de mesoescala. Por destacar-se como de última geração na

previsão numérica regional de tempo e de clima (de área limitada), o modelo escolhido foi o Weather Research and Forecasting Model - WRF. O modelo e suas parametrizações precisam ser ajustados para a região e suas condições de contorno superficiais. Uma vez que os ajustes necessários tenham sido feitos, muitos estudos poderão ser realizados sem a necessidade de dados observacionais, que também são escassos para a região. Neste trabalho apresenta-se uma amostra preliminar dos primeiros resultados obtidos por este grupo, com o objetivo de verificar a eficiência do WRF em simular os campos de precipitação para o NEB, comparando-os com dados observados obtidos pelo MERGE e pelo Hidroestimador para o dia mais chuvoso de Janeiro a Abril de 2017, cobrindo uma área com grade centrada na latitude 6°S e longitude de 38°W, com resolução espacial de 30 km.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Regional, WRF, Variáveis Meteorológicas.

ABSTRACT: The full knowledge of the dynamics and climatology of the behavior of the atmosphere on the Northeast of Brazil (NEB), still lacks great efforts and dedication on the part of the scientists of this area. When compared to other regions of the world, particularly with the subtropical regions of the northern hemisphere, it is found that much still needs to be done for

NEB. It was with the intention of contributing to the increase of this knowledge that recently it was decided to start at INPE, at its headquarters located in the city of Eusebio in Ceará, a research group in the area of atmospheric behavior modeling on the NEB at the level of Mesoscale. As the last generation in the regional numerical weather and climate forecast (limited area), the model chosen was the Weather Research and Forecasting Model (WRF). The model and its parameterizations need to be adjusted for the region and its surface contour conditions. Once the necessary adjustments have been made, many studies can be conducted without the need for observational data, which are also scarce for the region.

This work presents a preliminary sample of the first results obtained by this group, with the objective of verifying the efficiency of the WRF in simulating the precipitation fields for the NEB, comparing them with observed data obtained by MERGE and Hidroestimador for the day More rainy from January to April 2017, covering an area with grid centered at latitude 6° S and longitude of 38° W, with spatial resolution of 30 km.

KEYWORDS: Regional Modeling, WRF, Weather Variables

INTRODUÇÃO

O clima do Brasil é determinado por uma ação conjunta de vários processos físicos e dinâmicos de grande escala, além das características locais, que são responsáveis por micro variações climáticas. Na região Nordeste do Brasil (NEB), a precipitação pluvial é a variável climatológica mais importante. Tal importância deve-se às consequências que esta pode ocasionar, quando ocorridas em excesso ou em deficiência, em diversas atividades do setor produtivo, particularmente aquelas ligadas à agricultura, geração e distribuição de energia hidroelétrica, indústria, etc.

O Estado do Ceará está situado na parte mais setentrional da região Nordeste do Brasil, mais precisamente, na área denominada **Polígono das Secas**, onde o máximo das chuvas se dá no mês de março e a Estação Chuvosa (82% do total anual das chuvas) ocorre entre os meses janeiro e junho. Do ponto de vista climático essa região é considerada semi-árida por apresentar substanciais variações temporal e espacial no seu mais importante elemento climático: a precipitação pluviométrica. (Azevedo, 1998)

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo WRF

O WRF é um modelo totalmente compressível, não hidrostático, com opção hidrostática, de mesoescala e alta resolução. Seus conceitos físicos são baseados

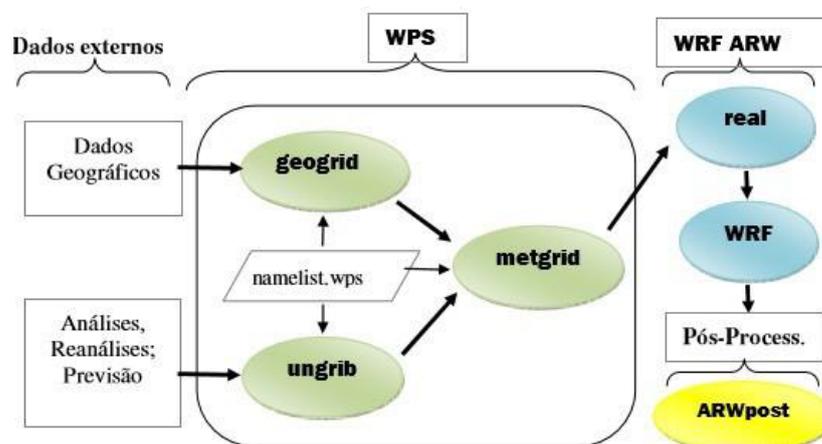
na conservação de massa, que expressa às variações de energia, momentum e umidade do ar. Foi desenvolvido através da colaboração de vários centros de pesquisa, entre eles, o *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) e o *National Center for Environmental Prediction* (NCEP/NOAA), tendo como objetivo, aperfeiçoar o entendimento e a previsão de sistemas atmosféricos na mesoescala (Skamarock et al., 2005).

As características do modelo que mais se destacam são: os múltiplos núcleos dinâmicos, sistema variável de assimilação de dados tri-dimensional e uma estrutura de software que permite o paralelismo computacional, bem como a extensibilidade do sistema (Iriart et al. 2011). O modelo é apto tanto para situações atmosféricas idealizadas como para situações reais, em escalas horizontais podem ir desde alguns metros até milhares de quilômetros. Além disso, é um software moderno, livre, de código aberto, fácil manipulação e com liberdade na configuração das simulações em termos de parâmetros numéricos, físicos e dinâmicos, o que permite grande adequação ao estudo específico. Maiores detalhes quanto à estrutura numérica e computacional do modelo podem ser obtidos em Skamarock et al. (2008).

O WRF permite aninhamento (*nesting*) de domínios, ou seja, é possível inserir domínios menores dentro dos domínios maiores, sendo o maior deles denominado domínio-mãe.

O modelo WRF possui dois núcleos de solução dinâmica: o *Advanced Research WRF* (ARW), desenvolvido primariamente pelo NCAR, e o *Nonhydrostatic Mesoscale Model* (NMM), desenvolvido pelo NCEP. A estrutura do modelo (Figura 1) consiste de um pré-processamento realizado por três programas (*geogrid*, *ungrib* e *metgrid*) denominado de *WRF Preprocessing System* (WPS), que tem como função a criação da grade e a preparação das condições iniciais e de contorno para a simulação:

A saída do WPS é passada para o processamento principal (Figura 1), primeiramente pelo programa “*real*” e, em seguida, para o WRF que é o responsável pela execução do modelo propriamente dito.



As simulações são realizadas em quatro dimensões (x, y, z, t), pois a cada

passo de tempo a malha horizontal repete-se em todos os níveis verticais. Ou seja, o modelo resolve as suas equações em pontos que se estendem tanto na horizontal quanto na vertical. Além disso, a solução de cada equação em cada ponto e intervalo de tempo influencia a solução das outras equações e vice versa. Logo, um modelo que apresenta muitas camadas na vertical representará mais adequadamente a realidade do que aquele modelo com poucas camadas.

As condições de fronteira laterais que representem, dentro do possível, o estado real da atmosfera vizinha, são fornecidas por um modelo de previsão numérica do tempo em escala global, que considera todo o Globo. Ademais, a condição inicial é obtida a partir da interpolação espacial das variáveis meteorológicas presentes nas análises do mesmo modelo, feita ainda no WPS.

Dados e simulação

Os dados utilizados como condição inicial e de fronteira foram da análise do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), *NCEP Final Analysis* (FNL), com resolução espacial de $1^\circ \times 1^\circ$ (equivalente a *aproximadamente 111 por 111 km*) e temporal de 6 horas bem como **os dados de temperatura da superfície do mar (TSM)**. Os dados do terreno foram obtidos do *United States Geological Survey* (USGS), Estes dados estão disponíveis para o período de julho de 1999 até o período atual, em formato GRIB para a utilização no modelo WRF em <http://rda.ucar.edu/>. A projeção Mercator normal foi selecionada, pois esta é adequada para baixas latitudes (Nellie et al. 2011)

Para avaliar a precipitação simulada pelo modelo WRF, foi utilizada a precipitação estimada pelo produto MERGE – Este produto vem sendo gerado operacionalmente com os dados de estimativa de precipitação do The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) (Huffman et al., 2007). Os dados do TRMM-TMPA são produzidos em modo de pesquisa com latência de um mês (denominado de 3B42V7), e operação com latência de 3 horas (denominado de 3B42RT), ambos com resolução temporal e horizontal de 3 horas e 0.25° , respectivamente, cobrindo quase o globo todo. A fim de uso operacional, o MERGE é gerado a partir dos dados do TRMM-TMPA 3B42RT. Para fins de análise espacial também foi usado o produto gerado pelo Hidroestimador, que é um método inteiramente automático que utiliza uma relação empírica exponencial entre a precipitação (estimada por radar) e a temperatura de brilho do topo das nuvens (extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12), gerando taxas de precipitação em tempo real. Através da tendência de temperatura da nuvem (e informações de textura) é utilizado um ajuste da área coberta pela precipitação. Variáveis como, água precipitável, umidade relativa, orografia, paralax e um ajuste do nível de equilíbrio convectivo para eventos de topos quentes (Scofield 2001) são utilizadas para ajustar automaticamente a taxa de precipitação. O Hidroestimador foi

desenvolvido a fim de resolver problemas antes gerados pelo Auto-Estimador, que era o fato de utilizar uma curva de tendência de temperatura e não a informação de textura (assumindo precipitação zero para pixels na região de baixa variação espacial sob a posição que estão os cirrus). O modelo de estimativa implementado é uma adaptação daquele utilizado pela NEDIS (Vicente et al. 1998 e 2001).

As análises foram realizadas para 4 casos de sistemas convectivos de mesoescala (SCM) sobre o NEB. Foram selecionados eventos de SCM posto que, para simulações em regiões tropicais os modelos regionais devem ter habilidade em reproduzir os sistemas convectivos, principalmente a convecção de cúmulos, que são os principais responsáveis pela precipitação nessa região.

Clarke e Buarque (2013) exploraram a combinação de dois produtos de chuva por satélite, CMORPH e TRMM-3B42, em escala anual por meio de uma análise multivariada e modelos geoestatísticos paramétricos sobre a bacia do rio Tocantins. Os resultados mostraram que a combinação de ambas as fontes, podem ser variáveis preditoras em locais onde não se têm dados observados. Woldemeskel et al. (2013) na Austrália exploraram um método de combinação entre pluviômetros e chuva por satélite TRMM-3B42 em escala mensal.

A simulação foi realizada pelo modelo regional WRF-ARW, versão 3.7. Para a implementação do modelo, a região de estudo foi definida de modo a evitar problemas relacionados aos “efeitos de borda”, que ocorre devido à interação entre os dados utilizados como condição inicial e a grade de alta resolução. As simulações foram realizadas para a região do NEB, com grade centrada na latitude 6°S e longitude de 38°W (Figura 01), com resolução espacial de 30 km. A resolução vertical utilizada foi de 50 níveis, com pressão no topo da atmosfera de 10 hPa.

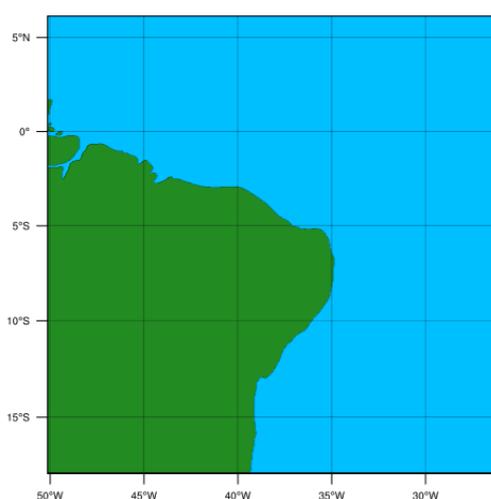


Figura 01: Domínio do WRF de 50W – 25W / 6N – 20S com resolução de 30 km.

As simulações abrangeram períodos de 2880 horas com saídas a cada 6 horas, sendo as primeiras 24 horas de *spin-up*, que representa o tempo para ajuste das simulações.

No que tange ao tipo de parametrização de Cumulus de Kain-Fritsch (cu_physics 1), a partir de experimentos anteriores, o trabalho aqui proposto foi baseado em resultados melhores ajustados para a área estudada.

De acordo Oliveira (2006), Kain-Fritsch (KF) – utiliza um modelo de nuvem simples, com correntes de umidade ascendentes e descendentes, incluindo efeitos de troca com a atmosfera. Esquema formulado para assegurar a conservação de massa, energia térmica, umidade total e momentum, e considera que toda a CAPE (Convective Available Potential Energy), num elemento de malha, é removido no instante de ajustamento.

Categoria	Esquemas	Referência
Microfísica	WSM3 (mp_physics 3)	(Hong et al., 2004)
Radiação de onda longa	RRTM (ra_lw_physics 1)	(Mlawer et al. 1997)
Radiação de onda curta	Dudhia (ra_sw_physics 1)	(Dudhia, 1989)
Camada superficial	Revised MM5 (sf_sfclay_physics 1)	(Jimenez et al. 2012)
Cobertura do solo	Noah LSM (sf_surface_physics 2)	(Tewari et al. 2004)
Camada limite	YSU (bl_pbl_physics 1)	(Hong et al., 2006)

Tabela 01: Parametrizações físicas utilizadas na simulação do WRF.

Uma vez efetivada a modelagem meteorológica, os dados simulados pelo modelo WRF foram comparados aos observados pelo produto MERGE, permitindo avaliar a eficácia do modelo no que diz respeito à precipitação, observada na região de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

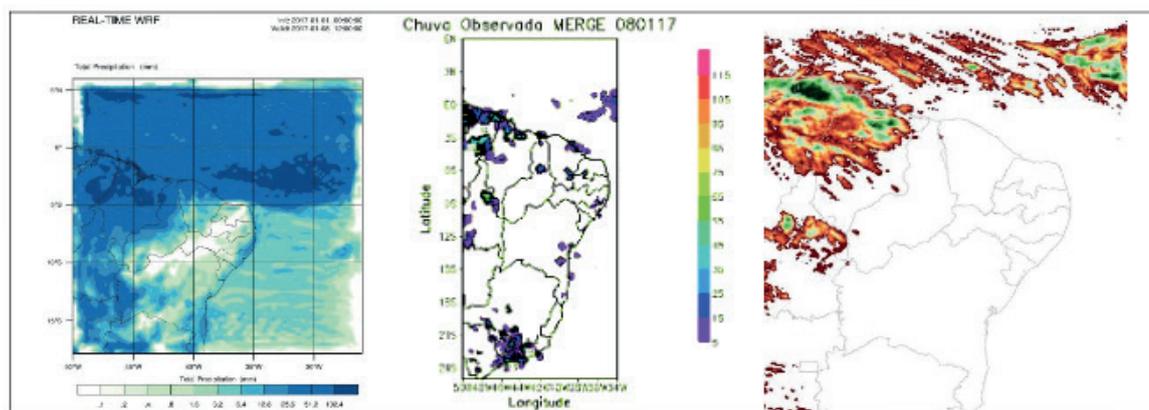
Para as simulações realizadas pelo WRF-ARW, de forma geral, o modelo não foi bom em capturar a presença de chuva, mostrando para todo o período analisado, altas superestimções dos valores em mm, o que foi observado nos dias aqui analisados. Na maior precipitação acumulada registrada para o período diário, que foi as no dia 11 de Abril de 2017, com aproximadamente 102 mm, o modelo registrou como saída o valor de 90 mm.

Em comparação ao do MERGE, os dados do WRF apresenta precipitação superestimada e com caráter homogêneo tanto sobre o Oceano, quanto para a região continental. Isso se deve basicamente ao modelo não ter conseguido (por sua limitação de espaçamento de grade) resolver os processos de mesoescala que atuam na região em estudo, evidente também na área abrangida pelo produto MERGE.

Entre os dias simulados pelo WRF o que mais se aproximou com os do MERGE

foi o experimento para o dia 11/02/2017 e 09/03/2017. Neste experimento é possível verificar aspectos regionais, tal como a precipitação concentrada na região costeira, algo que é típico da atuação de Linhas de Instabilidade. Além disso, a posição e intensidade da ZCIT foram mais semelhantes aos dados do MERGE em Março e Abril.

O experimento com um baixo desempenho foi para o dia 08/01/2017, onde percebe-se superestimava na intensidade da precipitação tanto em áreas continentais quanto oceânicas. Por sua vez, o experimento para o dia 11/04/2017 conseguiu reproduzir de forma mais adequada à precipitação sobre o continente, mas não representou a configuração contínua da ZCIT.



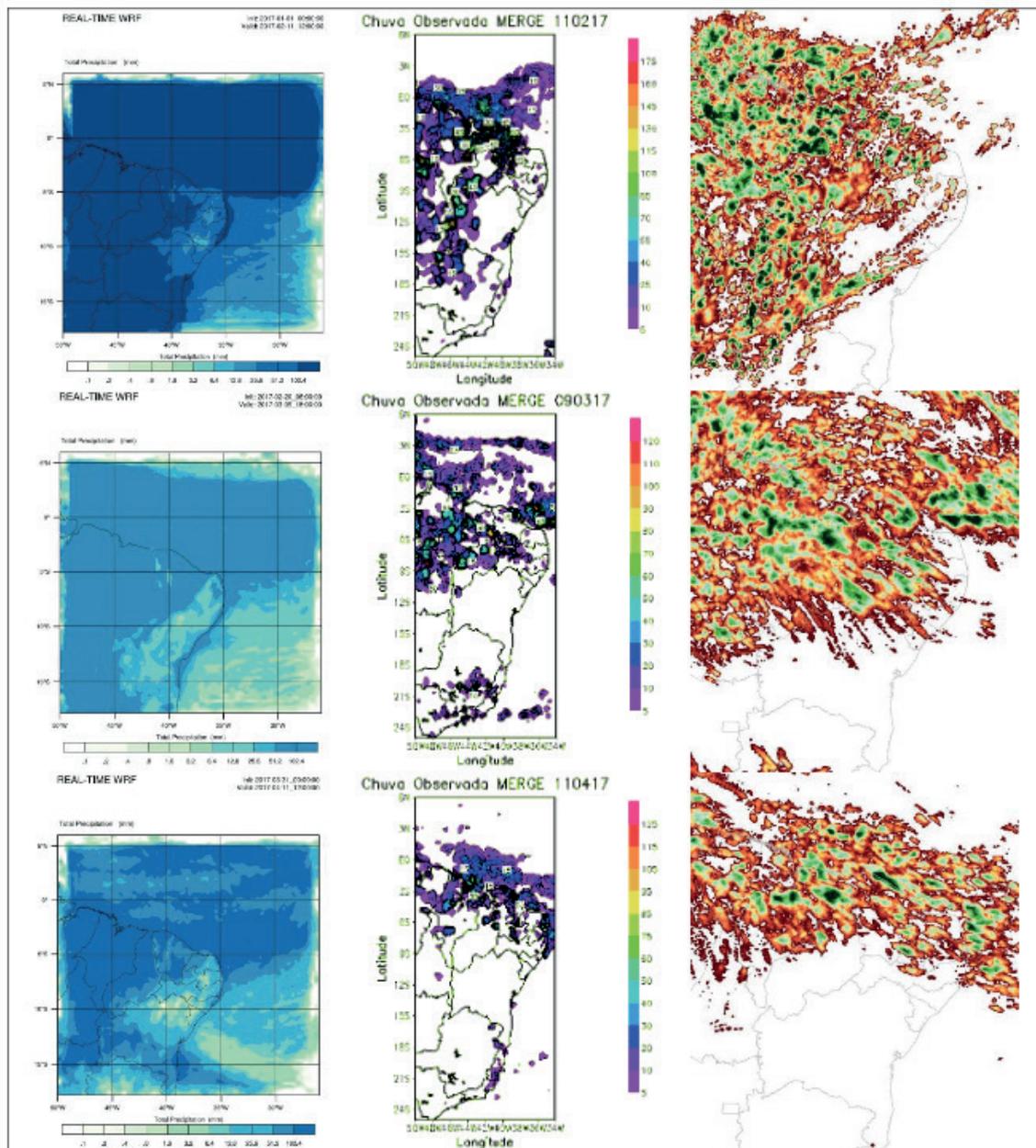


Figura 02: Acumulado de precipitação para os dias mais chuvosos de Janeiro á Abril de 2017, (a1,a2,a3,a4) dados simulados pelo WRF, (b1,b2,b3,b4) produto do MERGE e (c1,c2,c3,c4) Hidroestimador.

CONCLUSÃO

A partir das análises desenvolvidas nesta pesquisa, tem-se que as estimativas de chuva provenientes do MERGE produto 3B42RT versão 7 e do Hidroestimador reproduzem de modo geral o padrão espaço-temporal do regime de chuvas no Estado da Ceará para os dias analisados em termos da distribuição espacial de chuvas. Maior concordância entre estimativas do Hidroestimador e os simulados pelo WRF. Esse desempenho pode estar associado ao quantitativo pluviométrico de cada região (maior concordância para regiões de menor total pluviométrico) e à questão de maior facilidade de estimativa de não ocorrência de chuva do que da quantidade de chuva em dias chuvosos.

Cada abordagem tem vantagens e limitações, devido à natureza intrínseca da comparação entre dados pontuais de medição de chuva em instrumentos como pluviômetros, essa comparação espacial está sujeita a especificidades e efeitos locais, com as estimativas apresentadas aqui pelo Hidroestimador em termos de valores médios sobre a área do pixel o fenômeno em questão, a chuva, foi melhor representado em sua grande maioria dos dias.

REFERÊNCIAS

Azevedo, P.V., Silva, B.B., Rodrigues, M.F.G., 1998. Previsão estatística das chuvas de outono no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia* 13, 19-30.

Huffman, G.J., R.F. Adler, D.T. Bolvin, G. Gu, E.J. Nelkin, K.P. Bowman, E.F. Stocker, D.B. Wolff
The TRMM multi satellite precipitation analysis (TMPA): quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scales *J. Hydrometeorol.*, 8 (2007), pp. 38–55.

Scofield, R. A., 1987: The NESDIS operational convective precipitation technique. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1773-1792.

Scofield, R. A., 2001: Comments on “A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimador.” *Wea. Forecasting.*, 16, 277-278. Vicente, G. A., R. A. Scofield, and W. P. Menzel, 1998: The operational GOES infrared rainfall estimation technique. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 1883-1898. Vicente, G. A., J. C. Davenport, and R. A. Scofield, 2002: The role of orographic and parallax corrections on real time high resolution satellite estimation. *Int. J. Remote Sens.*, 23, 221-230.

A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Lilian Fátima Ancerowicz

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões/URI, Santo Ângelo - RS

Rubia Diana Mantai

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões/URI, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Santo Ângelo - RS

RESUMO: A modelagem matemática é a área do conhecimento que simula sistemas reais a fim de prever o comportamento dos mesmos, sendo empregada em diversos campos de estudo. O objetivo da pesquisa é determinar modelos matemáticos que explicam a dinâmica de produtividade de grãos do milho, influenciados por culturas sucessoras de inverno e distintas doses de fertilizante nitrogenado. A pesquisa foi desenvolvida em 2018/2019, em Cândido Godói – RS. O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados, com dois fatores de tratamento: doses de N (0, 60, 120 e 250 kg ha⁻¹) e culturas sucessoras de inverno (aveia branca, nabo forrageiro e o trigo). Realizou-se o teste comparação de médias, classificando as doses de nitrogênio e os sistemas de sucessão mais eficientes. Através de modelos de regressão, identificou-se a dose de nitrogênio e a cultura de inverno adequada para a produtividade de grãos de milho. Com o uso da correlação, foi possível identificar

as variáveis da planta que mais mostram alteração e influência na produtividade de grãos pelo uso da fertilização nitrogenada. E, por fim, desenvolveu-se um modelo matemático de simulação da produtividade de grãos de milho em função da adubação nitrogenada e das variáveis ligadas a planta. As doses de nitrogênio no sistema nabo forrageiro e aveia branca apresentaram influência linear crescente com a produtividade de grãos. No sistema trigo o nitrogênio apresenta comportamento quadrático, indicando a dose ideal de N com uso de 145 kg ha⁻¹ de N estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática. Milho. Sistemas de Sucessão. Nitrogênio. Equações Polinomiais.

MATHEMATICAL MODELING IN CORN PRODUCTION INFLUENCED BY THE SUCCESSION OF CULTURES AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: Mathematical modeling is the area of knowledge that simulates real systems in order to predict their behavior, being used in several fields of study. The objective of the research is to determine mathematical models that explain the grain yield dynamics of corn,

influenced by winter successor crops and different doses of nitrogen fertilizer. The research was developed in 2018/2019, in Cândido Godói - RS. The experimental design consisted of randomized blocks, with two treatment factors: N doses (0, 60, 120 and 250 kg ha⁻¹) and successor winter crops (white oats, forage turnip and wheat). The comparison of means was performed, classifying the nitrogen doses and the most efficient systems of succession. Through regression models, the nitrogen dose and the winter crop adequate for corn grain yield were identified. With the use of correlation, it was possible to identify the plant variables that most show alteration and influence on grain yield through the use of nitrogen fertilization. Finally, a mathematical model was developed to simulate corn grain yield as a function of nitrogen fertilization and plant-bound variables. Nitrogen levels in the forage turnip and white oat systems showed an increasing linear influence on grain yield. In the wheat system the nitrogen presents a quadratic behavior, indicating the ideal N dose with 145 kg ha⁻¹ of N, estimating a corn grain yield of 13242 kg ha⁻¹.

KEYWORDS: Mathematical Modeling. Corn. Succession Systems. Nitrogen. Polynomial equations.

1 | INTRODUÇÃO

A Modelagem Matemática é a área do conhecimento que estuda a simulação de sistemas reais, a fim de prever o comportamento dos mesmos (CARMO, 2014). Definida por Biembengut (1999) como a arte de formular, elaborar e resolver expressões que valham não apenas para um único problema, mas que posteriormente possibilitem servir de base para outras aplicações e teorias. Portanto, a modelagem tem na sua essência a construção de um modelo matemático que represente um ambiente real. Um modelo matemático, é definido como “um sistema de equações ou inequações algébricas, diferenciais, integrais, etc., obtido através de relações estabelecidas entre as variáveis consideradas essenciais ao fenômeno sobre análise” (BASSANEZI, 1994, p.10).

A Modelagem Matemática está presente na agricultura como um método que auxilia na tomada de decisão. Um modelo matemático decorre de “um sistema de equações cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada, é representativa da resposta do processo”, (DENN, 1986), tendo assim a contribuição da Modelagem Matemática para a ciência agrária. Os modelos matemáticos mais difundidos na agricultura são os empíricos, tendo por objetivo descrever matematicamente o que foi observado no experimento (BERNARDON; CALGARO, 2007).

Atualmente, o milho é o cereal mais produzido no mundo, amplamente conhecido por seus valores nutricionais e benefícios à saúde, destacando-se no Brasil como a segunda cultura mais importante para a agricultura (CONAB, 2017). Nas últimas décadas, a cultura do milho vem passando por importantes mudanças tecnológicas, tendo por consequência aumentos significativos da produtividade. Entre essas inovações, destacam-se a adoção de sementes de cultivares melhoradas, alterações

no espaçamento e densidade de semeadura, e a conscientização dos produtores da necessidade de melhoria na qualidade dos solos, o qual está relacionado ao manejo adequado que inclui rotação de culturas, plantio direto e manejo de fertilidade, adubação equilibrada com macro e micronutrientes, uso de fertilizantes químicos e/ou orgânicos, visando uma produção sustentável (COELHO et al., 2010).

Um dos fertilizantes mais importantes para a cultura do milho é o nitrogenado, o qual proporciona efeitos nos componentes de produtividade da cultura (COBUCCI, 1991). Para Okumura et al. (2011), o uso de nitrogênio aumentou o peso e quantidade de grãos de milho, beneficiando também o peso e comprimento da espiga, o diâmetro do colmo, a produção de matéria seca e o crescimento radicular. Porém, há desvantagens como: a possibilidade de perdas de N por volatilização ou lixiviação, o que acarreta em um aumento no custo de produção, além da contaminação do meio ambiente (CANTARELLA, 2007).

Com a adoção do plantio direto, a rotação de culturas com plantas de cobertura, compuseram os princípios básicos para a obtenção do sucesso do sistema de plantio direto, pois a diversidade biológica em um sistema contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes e à fixação biológica de N (FRANCHINI et al., 2011). Nos últimos anos, na região sul do país, vem se destacando como plantas para cobertura de solo em sucessão ao milho as culturas de nabo, aveia e trigo.

O nabo apresenta um crescimento rápido e agressivo, controlando plantas daninhas e elevando a capacidade de ciclagem de N, destacando-se como cultura recicladora (SALTON et al., 1995). A aveia branca, traz benefícios pela palha na superfície do solo, constitui reserva de nutrientes com disponibilização rápida ou lenta, dependendo das condições meteorológicas e qualidade do solo, apresentando efeito alelopático (OLIVEIRA et al., 1999). Já o trigo, tem como principal finalidade a obtenção de farinha, entretanto, auxilia na formação de palhada, permitindo a supressão de plantas daninhas (TREVIZAN, 2014).

Em vista estas afirmações, o objetivo desta pesquisa é empregar a Modelagem Matemática na aplicação de fertilizante nitrogenado e no sistema de sucessão, a fim de otimizar a produtividade de grãos da cultura do milho para a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento realizou-se em campo, no município de Cândido Godói - RS (com as seguintes coordenadas geográficas: 28°00'47.52" S, 54°42'12.62" O e altitude de 298 m) durante a safra 2018/2019. De acordo com a classificação de Koppen (1948), o clima da região se enquadra na descrição de Cfa (subtropical úmido), com ocorrência de verões quentes e invernos frios e úmidos, apresentando volumes de pluviosidade próximos a 1600 mm anuais. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de acordo com a Unidade de Mapeamento

Santo Ângelo – RS.

O delineamento experimental constituiu-se de blocos casualizados com dois fatores de tratamento: doses de N (0, 60, 120 e 250 kg ha⁻¹) e culturas sucessoras de inverno (aveia branca, nabo forrageiro e o trigo), arranjos em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições.

As culturas de trigo, nabo forrageiro e aveia branca, foram implantadas isoladamente. Tanto a sulcagem quanto a semeadura ocorreram mecanicamente no período entre junho e julho de 2018. Foram utilizados 130, 10 e 60 quilogramas de sementes por hectare de trigo, nabo forrageiro e aveia branca, respectivamente. A adubação do solo e o controle de pragas e doenças obedeceram às indicações técnicas das culturas. A cobertura de inverno foi dessecada mediante a aplicação do herbicida glifosato.

A densidade populacional utilizada do milho foi determinada de acordo com as técnicas de manejo, sendo de 6 a 7 plantas por metro quadrado. A semeadura foi realizada mecanicamente através de uma semeadeira constituída de oito linhas, espaçadas em 0,5 m com profundidade de semeadura de 3 cm. A semente de milho utilizada é transgênica, com resistência a lagarta do cartucho, lagarta da espiga e broca no colmo. A adubação de manutenção que foi fornecida no dia da semeadura apresentou as seguintes doses: 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 170 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada na fase V3/V4 (50% da dose) e em V6/V7 (50% da dose), realizada a lanço manualmente com fonte ureia (45% de N), com dose determinada pelo nível de tratamento de cada parcela.

Os dados analisados, no campo e em laboratório, atendem os seguintes caracteres que compõem a produtividade da cultura: Rendimento Biológico (RB), Produtividade do Grão (PG), Massa do Grão da Espiga (MGE), Número de Grãos da Espiga (NGE), Massa do Sabugo da Espiga (MSE) e Massa da Palha da Espiga (MPE). A análise dos componentes da espiga, se deram através da coleta de dez espigas de cada subparcela, em uma única colheita, 120 dias após a germinação, e realizada a pesagem em balança de precisão de cada componente, contagem e debulha. Para realização de todas as análises estatísticas, foi empregado o programa computacional Genes.

3 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No estudo, as fontes de variação doses de nitrogênio e sistemas de sucessão de culturas mostraram interação sobre o rendimento biológico e a produtividade de grãos do milho (dados não apresentados), condição que justifica a forma de apresentação das tabelas buscando o desdobramento. Portanto, a Tabela 1 apresenta o teste de médias para a produtividade de grãos e os componentes da espiga, em função dos sistemas de sucessão em cada uma das doses de nitrogênio. O teste de médias de Tukey permite testar qualquer contraste, desde que o mesmo seja efetuado entre

duas médias de tratamentos, baseando-se na diferença mínima significativa (DMS). Desta forma, o teste de médias avaliará se as diferentes médias da variável resposta foram ocorridas devido à diferença entre os tratamentos ou se são devidos aos erros ocorridos por outras causas. E assim, fará um ranking dos melhores tratamentos.

Constatou-se pela Tabela 1 que, para a produtividade de grãos, o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido dos sistemas aveia branca e trigo, que não apresentaram diferença significativa, nas doses 0 e 60 kg ha⁻¹ de N. Este fato possivelmente venha a ter ocorrido devido a ausência/pouca oferta de nitrogênio para o milho cultivado sob sistema de trigo e aveia branca, as quais são gramíneas que possuem alta relação Carbono/Nitrogênio. Já a palhada do nabo forrageiro, por se tratar de uma crucífera possui uma baixa relação Carbono/Nitrogênio, liberando nitrogênio mais facilmente para o milho. Na dose 120 kg ha⁻¹ de N o sistema nabo forrageiro também apresentou os melhores resultados seguido dos sistemas aveia branca e trigo. Já, na dose 250 kg ha⁻¹ de N os sistemas nabo forrageiro e aveia branca apresentaram maior eficiência, não diferindo entre si, porém se destacando em relação ao sistema trigo. Como a dose de 250 kg ha⁻¹ de N é extremamente alta, possivelmente o sistema nabo forrageiro apresentou um excesso de nitrogênio, sendo que o milho neste cenário já apresentava melhores resultados com doses de nitrogênio inferiores, porém, para o sistema em sucessão a aveia foi uma dose suficientemente alta fazendo com que a cultura do milho apresentasse alta produtividade.

Sistema de sucessão	Dose de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	60	120	250
Produtividade de Grãos (kg ha ⁻¹)				
Nabo Forrageiro	12947 a	14499 a	18311 a	21867 a
Aveia Branca	8660 b	11697 b	14668 b	22092 a
Trigo	9053 b	11699 b	13784 c	13386 b
Número de Grãos por Espiga				
Nabo forrageiro	564 a	636 a	538 c	602 a
Aveia Branca	452 c	548 b	645 a	586 b
Trigo	466 b	537 c	581 b	579 c
Massa do Grão da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	190 a	210 a	263 a	308 a
Aveia Branca	121 b	168 b	202 b	308 a
Trigo	124 b	164 c	194 c	199 b
Massa do Sabugo da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	37 a	41 a	53 a	56 b
Aveia Branca	21 c	35 b	36 c	58 a
Trigo	25 b	34 c	40 b	37 c
Massa da Palha da Espiga (gramas)				
Nabo forrageiro	22 a	25 a	30 a	27 b
Aveia Branca	11 b	21 b	21 b	31 a
Trigo	14 b	21 b	20 b	21 c

Tabela 1. Teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função dos sistemas de sucessão em cada uma das doses de nitrogênio.

Letras iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade de erro.

No teste de médias para o número de grãos por espiga de milho (Tabela 1), verificou-se que o sistema de sucessão com nabo forrageiro apresentou maior eficiência nas doses 0, 60 e 250 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, na dose 120 kg ha⁻¹ de N o sistema de sucessão com aveia branca apresentou maiores valores médios, seguido do sistema trigo e nabo forrageiro. Observou-se que nas doses nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N para a variável massa do grão da espiga, o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido do sistema aveia branca e trigo, os quais não apresentaram diferenças significativas. Na dose 250 kg ha⁻¹ de N, os sistemas que apresentaram maior eficiência para a massa do grão da espiga foram o nabo forrageiro e a aveia branca, não diferindo estatisticamente entre si. Esta ocorrência novamente reforça o fato no sistema nabo forrageiro possuir maior quantidade de nitrogênio em sua palhada em relação as gramíneas, o que faz com que se destaque das demais. Entretanto, entre a palha da aveia branca e o trigo, percebemos uma ligeira melhoria da palha da aveia branca, possivelmente pela sua mais rápida decomposição, beneficiando o milho com seus nutrientes.

Identificou-se que para a massa do sabugo da espiga o sistema nabo forrageiro novamente apresentou melhores resultados nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. No entanto, na dose 250 kg ha⁻¹ de N, o sistema aveia branca apresentou os maiores valores médios, seguido dos sistemas nabo forrageiro e trigo. Detectou-se que para a massa da palha da espiga o sistema que apresentou maior eficiência foi o nabo forrageiro, seguido dos sistemas aveia branca e trigo, os quais não apresentaram diferenças significativas, nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N. Porém, na dose 250 kg ha⁻¹ de N o sistema aveia branca apresentou médias elevadas, seguida dos sistemas nabo forrageiro e trigo (Tabela 1).

A Tabela 2 mostra o teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas dentro de cada sistema de sucessão. Constatou-se que para a produtividade de grãos a dose de 250 kg ha⁻¹ de N apresentou os maiores valores médios, seguido das doses 120, 60 e 0 kg ha⁻¹, respectivamente, nos sistemas nabo forrageiro e aveia branca. Contudo, no sistema trigo as doses que apresentaram melhores resultados foram a 250 e a 120 kg ha⁻¹ de N, as quais não tiveram diferença significativa, seguidas das doses de 60 e 0 kg ha⁻¹. Portanto, tanto no sistema nabo forrageiro como no sistema aveia branca, o milho respondeu significativamente ao aumento da dose de nitrogênio. Porém, no sistema trigo, a produtividade do milho alcançou seu limite com 120 kg ha⁻¹ de N, já não respondendo significativamente além desta dose.

Dose de Nitrogênio (Kg ha ⁻¹)	Sistemas de Sucessão		
	Nabo Forrageiro	Aveia Branca	Trigo
Produtividade de Grãos (Kg ha ⁻¹)			
0	12947 d	8660 d	9053 c
60	14499 c	11697 c	11699 b
120	18311 b	14668 b	13784 a
250	21867 a	22092 a	13386 a
Número de Grãos por Espiga			
0	564 c	452 d	466 c
60	636 a	548 c	537 b
120	538 d	645 a	581 a
250	602 b	586 b	579 a
Massa do Grão da Espiga (gramas)			
0	190 d	121 d	124 d
60	210 c	168 c	164 c
120	263 b	202 b	194 b
250	308 a	308 a	199 a
Massa do Sabugo da Espiga (gramas)			
0	37 d	21 d	25 d
60	41 c	35 c	34 c
120	53 b	36 b	40 a
250	56 a	58 a	37 b
Massa da Palha da Espiga (gramas)			
0	22 c	11 c	14 c
60	25 c	21 b	21 b
120	30 a	21 b	20 b
250	27 b	31 a	23 a

Tabela 2. Teste de médias para a produtividade de grão e os componentes da espiga, em função das diferentes doses de nitrogênio aplicadas dentro de cada sistema de sucessão.

Letras iguais na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade de erro.

Também através do teste de médias (Tabela 2), verificou-se que para o número de grãos por espiga a dose 60 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados no sistema nabo forrageiro, no entanto, no sistema aveia branca os maiores valores médios deu-se na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Já para em sistema trigo as doses 250 e 120 kg ha⁻¹ de N apresentaram melhores resultados, as quais não tiveram diferenças significativas. Verificou-se que, tanto para a massa do grão da espiga quanto para a massa do sabugo da espiga a dose 250 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados, seguida das doses 120, 60 e 0 kg ha⁻¹, respectivamente, independente do sistema de sucessão. Para a massa da palha da espiga no sistema nabo forrageiro, a dose 120 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados. No entanto, nos sistemas aveia branca e trigo, para esta variável, a dose 250 kg ha⁻¹ de N apresentou melhores resultados, seguida das doses 120 e 60 Kg ha⁻¹, que não apresentaram diferenças significativas. A mais elevada dose de nitrogênio (250 kg ha⁻¹) nos sistemas aveia branca e trigo mantiveram uma alta produtividade de palha para a espiga, contudo,

ao disponibilizar 120 kg ha⁻¹ de N, o milho não respondeu ao aumento em relação à dose de 60 kg ha⁻¹ de N, assim, guardando essa energia para melhorar o número de grãos por espiga e conseqüentemente a produtividade final de grãos.

O resultado obtido no teste de médias aplicado à produtividade de grãos e aos componentes da espiga nos sistemas de sucessão e nas doses de nitrogênio é reforçado por Amado et al (2002), que verificaram que a produção de matéria seca em plantas leguminosas, favorece o fornecimento de N para o milho em sucessão. Porém, neste mesmo estudo averiguaram que a elevada produção de matéria seca de gramíneas, acarretou no decréscimo da disponibilidade de N.

A Tabela 3 apresenta a análise de regressão da produtividade de grãos de milho em função das doses de nitrogênio para cada sistema de sucessão. Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável *y* com outra *x*. O principal objetivo desta técnica é obter uma equação que explique satisfatoriamente a relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis explicativas, possibilitando fazer predição de valores da variável de interesse.

Nos sistemas nabo forrageiro e aveia branca, tanto a equação linear quanto a quadrática obtiveram resultados significativos com elevado coeficiente de determinação (R²). O comportamento linear evidencia que ao aumentar a dose de nitrogênio aumenta-se também a produtividade de grãos do milho. Desta forma, podemos observar que para a produtividade de grãos, a cada quilo de nitrogênio aplicado aumenta 36,9 kg ha⁻¹ de grãos de milho em sistema de sucessão com o nabo forrageiro e 53,8 kg ha⁻¹ e grãos de milho em sistema de sucessão com a aveia branca. No sistema trigo tanto a equação linear como a equação quadrática foram significativas. A equação linear nos dá a informação que cada kg de N aplicado acresce 16,1 kg ha⁻¹ na produção de milho. Já, a equação quadrática indica a dose ideal de N sendo de 145 kg ha⁻¹, estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 kg ha⁻¹.

SS	FV	QM	$y = ax^2 + bx + c$	R ² (%)	Ns	PGs
Nabo Forrageiro	L	*	$PG = 36,9x + 12940,2$	97	-	-
	Q	ns	$PG = 0,04x^2 + 47x + 12637,1$	97	-	-
Aveia Branca	L	*	$PG = 53,8x + 8493,8$	99	-	-
	Q	ns	$PG = 0,025x^2 + 47,3x + 8690,9$	99	-	-
Trigo	L	*	$PG = 16,1x + 10252,6$	64	-	-
	Q	*	$PG = -0,2x^2 + 58,4x + 8978,5$	99	145	13242

Tabela 3. Equações de regressão da produtividade de grãos de milho em função do nitrogênio

SS= sistema de sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); FV= fonte de variação; QM= significância do quadrado médio; R²= coeficiente de determinação; NS= dose ideal simulada de nitrogênio (kg ha⁻¹); PGS= Produtividade de Grãos simulada com base na dose ideal de N (kg ha⁻¹); L=equação linear; Q= equação

Assim, corroborando com os resultados encontrados para a produtividade de grãos por Farinelli & Lemos (2012), que verificaram máxima produtividade com a dose 151 kg ha⁻¹ de N onde foram estabelecidos 8.872 kg ha⁻¹ de grãos. Já Silva et al. (2006), obtiveram máxima produtividade no milho em sucessão à crotalaria e no pousio, nas doses de 144 kg ha⁻¹ e 149 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. No entanto, Veloso et al. (2006) verificaram máxima produtividade de grãos mediante a dose de 180 kg ha⁻¹ de N.

A Tabela 4 apresenta a correlação existente entre as doses de nitrogênio e os componentes cada sistema de sucessão. O termo correlação significa relação em dois sentidos (co + relação) e é usada em estatística para designar a força que mantém unidos dois conjuntos de valores. O objetivo do estudo da correlação é a verificação da existência e do grau da relação entre as variáveis (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Os resultados da Tabela 4 mostram que, no sistema nabo forrageiro, a produtividade de grãos, a massa de grãos da espiga e a massa do sabugo da espiga estão altamente correlacionadas com a dose de nitrogênio aplicada, de modo que, ao aumentar a dose do nitrogênio, estas variáveis também aumentarão. Em sistema de sucessão com aveia branca, verifica-se que a produtividade de grãos, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo da espiga e a massa da palha da espiga estão altamente correlacionadas com a dose de nitrogênio aplicada, no entanto o número de grãos da espiga possui uma correlação moderada com a dose de nitrogênio. No sistema trigo observou-se que todos os componentes da espiga analisados, ou seja, a produtividade de grãos, número de grãos da espiga, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo da espiga e a massa da palha da espiga estão altamente correlacionadas positivamente com a dose de nitrogênio aplicada.

SS		PG	NGE	MGE	MSE	MPE
Nabo Forrageiro	Doses de N	0,97	0,13	0,98	0,91	0,41
	PG	-	-0,04	0,99	0,95	0,49
Aveia Branca	Doses de N	0,99	0,65	0,99	0,98	0,94
	PG	-	0,62	0,99	0,98	0,93
Trigo	Doses de N	0,78	0,82	0,87	0,73	0,79
	PG	-	0,98	0,97	0,97	0,88

Tabela 4. Correlação entre os componentes de produtividade de grãos do milho

SS= Sistema de Sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); N= Nitrogênio; NGE= Número de Grãos da Espiga; MGE= Massa de Grãos da Espiga; MSE= Massa do Sabugo da Espiga; MPE= Massa da Palha da Espiga.

A Tabela 4 também apresenta a correlação existente entre os componentes da

espiga do milho e a produtividade de grãos em cada sistema de sucessão. No sistema nabo forrageiro verificou-se que a massa do grão da espiga e a massa do sabugo da espiga estão fortemente correlacionadas com a produtividade de grãos, ou seja, ao aumentar a massa do grão da espiga e a massa do sabugo da espiga também aumentará a produtividade de grãos. No sistema aveia branca, a massa de grãos da espiga, a massa do sabugo e da palha da espiga possuem uma correlação positiva forte com a produtividade de grãos. Já no sistema trigo, observou-se que todos os componentes da espiga analisados estão altamente correlacionados positivamente com a produtividade de grãos.

Hurtado et al. (2009) também obteve correlações elevadas da produtividade de grãos em relação à disponibilidade de N no sistema solo/planta. Sangoi et al. (2011) estudando doses de nitrogênio no milho, obtiveram alta correlação de grãos por espiga e a massa de mil grãos, o que contribuiu para uma maior produtividade de grãos, em relação àquelas que não receberam cobertura nitrogenada.

A regressão linear múltipla auxilia em situações em que a reta ajustada não descreve fielmente o conjunto de dados e, com isso, podem ser levadas em consideração outras variáveis independentes que, possivelmente, influenciam no valor de Y, a variável dependente. Assim, a regressão múltipla tem como objetivo melhorar o modelo desenvolvido para explicar o comportamento das variáveis que estão sendo estudadas (ANJOS, 2004). Pela regressão múltipla, desenvolveram-se modelos que explicam a produtividade de grãos do milho para cada sistema de sucessão em função do nitrogênio aplicado e os componentes da espiga. Como critério, levou-se em consideração as doses de N e os componentes da espiga que apresentaram alta correlação com a produtividade de grãos.

Nesse sentido, a Tabela 5, além de expor o modelo matemático, apresenta a produtividade de grãos de milho observada e a produtividade de grãos de milho simulada pelo modelo múltiplo. E por meio do desvio, é possível determinar a diferença da produtividade de grãos observada no experimento e a produtividade de grãos simulada pelo modelo desenvolvido.

SS	Doses de N (kg ha ⁻¹)	PGO (kg ha ⁻¹)	ICPG (kg ha ⁻¹)		PGS (kg ha ⁻¹)	Desvio (kg ha ⁻¹)
			Li	Ls		
Nabo Forrageiro	0	12947	11793	13884	12818	129
	60	14499	13234	15526	14603	-104
	120	18311	17719	18791	18289	22
	250	21868	20848	22696	21838	30
Aveia Branca	0	8661	7607	9714	8788	127
	60	11698	10308	13087	11635	63
	120	14669	14331	14942	14585	84
	250	22092	20394	23791	22152	-60

	0	9053	8481	9517	8877	176
Trigo	60	11699	11008	12256	11837	-138
	120	13784	13088	14348	13702	82
	250	13386	12271	14291	13256	130

Tabela 5. Regressão múltipla da produtividade de grãos em função dos componentes da espiga e as dose de N

SS= Sistema de Sucessão; PG= produtividade de grãos (kg ha⁻¹); ICPG = Intervalo de confiança da produtividade de grãos; Li= Limite inferior; Ls= Limite superior; N= Nitrogênio; NGE= Número de Grãos da Espiga; MGE= Massa de Grãos da Espiga; MSE= Massa do Sabugo da Espiga; MPE= Massa da Palha da Espiga; PGO= Produtividade de Grãos Observada; PGS= Produtividade de Grãos Simulada.

Destaca-se que, os modelos da regressão múltipla em função do nitrogênio e dos componentes da espiga do milho simulam com eficiência a produtividade de grãos de milho, visto que todos os resultados obtidos pela simulação estão dentro do intervalo de confiança, sendo assim, um bom parâmetro para o produtor avaliar antecipadamente a sua produtividade de grãos de milho. Além disso, estes modelos podem também a engenheiros agrônomos ou fiscais de financiamentos, visto a possibilidade de estimativa da produtividade com elevada eficiência, levado em consideração o fator climático com condições de chuvas e de temperaturas como as ocorridas nesta pesquisa.

4 | CONCLUSÃO

A modelagem matemática é usada como metodologia para solucionar problemas das mais diversas áreas do conhecimento, transformando situações reais em representações matemáticas, as quais auxiliam na tomada de decisões. Pensando nisso, a mesma foi utilizada no presente trabalho para explicar a dinâmica de produtividade de grãos de milho, influenciados por distintas doses de fertilizante nitrogenado e tipos de manejo com culturas de sucessão.

Para a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) concluiu-se que o sistema nabo forrageiro apresentou melhores resultados, seguido dos sistemas aveia branca e trigo. As doses de nitrogênio no sistema nabo forrageiro e aveia branca apresentaram influência linear crescente, ou seja, à medida que acrescentamos nitrogênio aumenta a produtividade de grãos. No entanto, no sistema trigo a resposta do nitrogênio apresentou comportamento de uma equação quadrática, indicando a dose ideal de N para o sistema, de 145 kg ha⁻¹ de N estimando uma produtividade de grãos de milho de 13242 Kg ha⁻¹.

O uso de aveia branca e trigo como espécie de cobertura de solo e cultura de inverno causa imobilização do nitrogênio (N), que reduz o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos de milho cultivados em sucessão. Desta forma, o nabo forrageiro visa aumentar a disponibilidade de N no sistema e o tempo de

permanência de resíduos na superfície do solo.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho.** 2009. 200 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Santa Maria: UFSM, 2009.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no rs e sc adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.
- ANJOS, A. **Planejamento Experimental II.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.
- BASSANEZI, R. **Modeling as a teaching-learning strategy.** *For the learning of mathematics*, Vancouver, v. 14, n. 2, p. 31-35, 1994.
- BERNARDON, T.; CALGARO, M. Modelo de simulação do crescimento de plantas. *Ambiência*, v. 3, p. 283-294, 2007.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática & implicações no ensino e aprendizagem de matemática.** Blumenau: FURB, 1999. 134 p.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística princípios e aplicações.* Porto Alegre: Artmed, 2003.
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). *Fertilidade do solo.* Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- CARMO, J. **Modelagem como Alternativa Metodológica para o Ensino de Matemática.** 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Matemática), Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT/UFG, Jataí, 2014.
- COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão.** 1991. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Viçosa: UFV, 1991.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção,** 1. Versão Eletrônica – 6^o edição. Set./2010
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** v. 4 Safra 2016/17 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158, setembro 2017.
- DENN, M. M. **Process Modeling.** Longman Sc & Tech. London and Wiley, New York. 1986.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. **Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, p.6370, 2012.
- FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 52p.
- HURTADO, S.M.C.; SILVA, C.A.; RESENDE, A.V.; von PINHO, R.G.; INÁCIO, E.S.B. & HIGASHIKAWA, F.S. **Spatial variability of soil acidity attributes and the spatialization of liming requirement for corn.** *Ci. Agrotec.*, 33:1351-1359, 2009.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. **Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão**. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLO, M. C. **Decomposição de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.

SALTON, J. C.; PITOL, C.; SIEDE, P. K.; HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C. **Nabo forrageiro: sistemas de manejo**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 23p.

SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; SCHIMITT, A.; PLETSCH, A. J.; VIEIRA, J.; SALDANHA, A.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; MENGARDA, R. T.; PICOLI J. G. J. **Disponibilidade de nitrogênio, sobrevivência e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho**. R. Bras. Ci. Solo, 35:183-191, 2011.

SILVA, E. C. et al. **Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

TREVIZAN, D. M. **Potencial alelopático de extratos aquosos de trigo sobre germinação de soja (*Glycine max L.*) e buva (*Conyza spp.*)**. 2014. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Pato Branco: UTFPR, 2014.

VELOSO, M. E. C. et al. **Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 3, p. 382-394, 2006.

SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PRENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO

Lucas Goiabeira Farias

Faculdade do Maranhão (FACAM)

São Luís - Maranhão

Francisco da Conceição Silva

Coordenação de Análise e desenvolvimento de sistemas (FACAM)

São Luís - Maranhão

Wellington Luis Mineiro França

Coordenação de Análise e desenvolvimento de sistemas (FACAM)

São Luís - Maranhão

RESUMO: O ônibus sendo o transporte mais utilizado pela sociedade requer uma atenção especial para os seus níveis de segurança e qualidade da prestação de serviço. Baseado nestes aspectos o trabalho proposto apresenta uma ferramenta para prevenção de acidentes que envolvam o passageiro e o condutor. O sistema desenvolvido recebe como entrada de dados a presença do passageiro sob os degraus do veículo e emite uma informação para o condutor, alertando-o e colaborando com o mesmo para que não realize manobras que possibilitem danos físicos ou morais ao passageiro.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino, ônibus, transporte.

SYSTEM OF PREVENTION OF FALLS AND PRESSURE OF THE PASSENGER IN THE DOOR OF THE COLLECTIVE TRANSPORT BASED ON THE PLATFORM OF ARDUINO

ABSTRACT: The bus being the transport most used by society requires special attention to its levels of safety and quality of service provision. Based on the proposed work, it presents a tool to prevent accidents involving the passenger and the driver. The system developed as data entry the presence of the passenger under the eyes of the vehicle and sends information to the driver, alerting him and collaborating with it so that it does not perform maneuvers that allow physical or moral damages to the passenger.

KEYWORDS: Arduino, bus, transport.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte público é um meio de transporte fornecido por empresas públicas ou privadas, que auxilia a população no seu deslocamento urbano dentro do perímetro estabelecido entre as entidades organizacionais. O transporte coletivo urbano é administrado em diversas cidades do Brasil pela instituição municipal, ou empresas devidamente licenciadas. Esta modalidade

de transporte pode ser considerada uma das alternativas mais viáveis para o deslocamento em massa dos cidadãos e que visa minimizar qualquer impacto negativo referente à mobilidade urbana e insegurança dentro da difícil realidade na qual o sistema de transporte rodoviário se encontra.

O transporte público no Brasil sempre foi alvo de críticas. Tais críticas dizem respeito em grande parte, às questões referentes a lotação dos veículos, a insegurança que os mesmos passam aos usuários e a outros fatores externos que ficam evidenciados em uma pesquisa elaborada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em 2011 e 2012, na qual aproximadamente 60% dos entrevistados avaliou o transporte público brasileiro como “péssimo” ou “ruim”.

Segundo Ferraz (2004), é preciso repensar a política de investimentos em transporte público, proporcionando a modernização deste e garantindo maior acesso à população. Além disso, são necessários estudos tecnológicos que possibilitem conforto e segurança ao usuário dessa malha viária garantindo seus direitos como consumidor de um serviço, sem que estes sofram danos físicos ou morais.

A falta de mobilidade urbana nas cidades brasileiras, principalmente nas capitais, tem colaborado com a ineficiência do transporte público, com as vias congestionadas e conseqüentemente com os constantes atrasos, além de ocasionar uma rotina estressante ao operador do veículo que desempenha seu trabalho sob tais condições e aos passageiros, que podem se encontrar em alguma situação de risco a partir de circunstâncias advindas de imprevisão ou imprudência. Todos esses aspectos estão diretamente relacionados à qualidade de vida do ser humano e suas motivações, o que reflete nos níveis individuais e globais de produtividade [Sauter 2005].

Alguns casos de acidentes envolvendo o condutor e passageiro estão disponibilizados na plataforma *online* Jusbrasil, na qual encontram-se aproximadamente 15 mil resultados a nível nacional sobre casos de quedas e prensamento do corpo dos usuários ocorridos neste meio, dentre estes, os casos ocorridos em São Luís – MA, estão contabilizados a uma quantia de 5 processos julgados pelo TJ-MA (Tribunal de Justiça do Maranhão).

A partir das considerações apontadas acima, foi desenvolvido um sistema que detecta o passageiro sob os degraus e envia uma mensagem de alerta sonoro e visual ao condutor do veículo com o objetivo de prevenir a execução de ações que podem causar danos físicos ao passageiro.

2 | SISTEMA PROPOSTO

O objetivo principal do sistema proposto é prevenir que o usuário tenha seu corpo prensado pela porta ou sofra quedas decorrentes da ação do condutor no momento que o usuário está executando o movimento de descer do veículo sob os degraus, bem como enviar uma mensagem de alerta ao condutor informando que o

passageiro ainda está realizando a descida, possibilitando-o que aguarde o usuário realizar em definitivo a sua evacuação do transporte em segurança para que possa seguir o seu itinerário.

O mecanismo para detectar o usuário é baseado na tecnologia sensorial ultrassônica associado a um microcontrolador que por meio de um algoritmo previamente desenvolvido receberá dados enviados pelo sensor e irá processá-los enviando uma informação ao condutor do veículo por meio de um *display LCD* (*Liquid Crystal Display*) acompanhado de um breve alarme sonoro. A organização do sistema foi desenvolvida baseado no esquema da arquitetura ilustrada na Figura 1(a), onde é exibida a comunicação e alimentação do microcontrolador. A arquitetura do sistema é composta por três camadas de *hardware*, como ilustra a Figura 1(b).

A comunicação entre as camadas é realizada de diferentes formas. Entre a primeira e a segunda, a comunicação é feita pela plataforma Arduino e os componentes eletrônicos conectados nas portas do dispositivo. Já a comunicação entre a segunda e terceira camada é feita pelo processamento de dados do microcontrolador e a exibição informativa por meio dos componentes de alerta.

2.1 Tecnologia sensorial ultrassônica

O princípio da tecnologia é executado por um sensor ultrassônico que emite ciclicamente um pulso sonoro de alta frequência e curta duração. Este pulso se propaga na velocidade do som pelo ar e ao encontrar um objeto é refletido e devolve ao sensor um sinal *echo*. Este último calcula internamente a distância do objeto baseado no tempo transcorrido entre a emissão do pulso sonoro e o retorno do sinal.

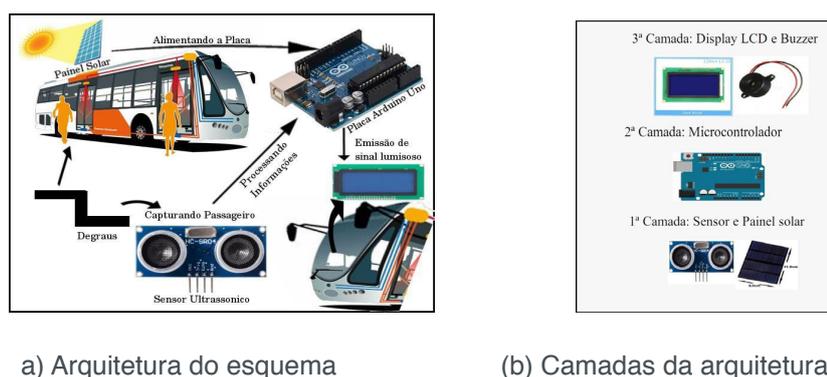


Figura 1. Arquitetura do sistema

Fonte: Autor, 2017

Este sensor trabalha com ondas de altíssima frequência, na faixa dos 40.000 Hz (ou 40KHz). Esta frequência é acima do que os nossos ouvidos são capazes de perceber. O ouvido humano consegue, normalmente, perceber ondas entre 20 e 20.000 Hz e por isto o sinal emitido pelo sensor ultrassônico passa despercebido por nós [MCROBERTS, 2011].

A escolha do sensor ultrassônico HC-SR04 para este sistema é justificada pela quantidade de artigos disponibilizados na literatura especializada que permitem um conhecimento enriquecedor, além de comprovar as vantagens desta tecnologia, ressaltando o seu baixo custo. O sistema proposto tem outras vantagens a serem destacadas além do aporte econômico que torna-lhe atrativo: a prevenção e controle da segurança do passageiro, menor tempo de detecção e alta precisão, confiabilidade das informações que são enviadas ao condutor do veículo e o uso de materiais recicláveis e energia solar para composição do *hardware* do protótipo.

2.2 Plataforma de desenvolvimento

A plataforma utilizada para o desenvolvimento do projeto é o Arduíno, que é uma plataforma *open source* de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode ter sua interação com o ambiente externo ao qual é atuante por meio de *hardware* ou *software* [MCROBERTS, 2011].

O microcontrolador utilizado no projeto é o Arduíno Uno R3 Atmega328 composto por 14 pinos de entradas digitais, sendo que 6 destes pinos podem ser usados como saídas do tipo *Pulse width modulation*, e ainda 6 pinos exclusivamente para saídas analógicas. A corrente elétrica de *I/O* nos seus pinos é de 40 mA e velocidade de *clock* de 16MHz.

3 | METODOLOGIA

O projeto seguiu uma metodologia que compreende o seu desenvolvimento em diferentes etapas, no qual o objetivo principal foi desenvolver um protótipo do sistema proposto. Para a concretização desse objetivo foi necessário programar aspectos importantes de todo o sistema computacional, desde o *hardware* ao *software*.

A metodologia do sistema foi dividida em três etapas: sendo a primeira toda a composição teórica da problemática a qual o sistema será atuante e as tecnologias que foram utilizadas, a segunda compreende a parte de *hardware* (prototipagem) e a terceira determina o fluxo do sistema, pois compõe a lógica do *software* (Algoritmo).

3.1 Software

No microcontrolador o *software* tem a função de executar operações de comunicações com o *hardware* do sistema para que possa transformar os dados de entrada em informações na sua saída para o usuário final. As rotinas e funções foram codificadas em linguagem de programação C/C++ no IDE (*Integrated Development Environment*) Arduíno.

3.2 Hardware

Na montagem do protótipo do sistema foi utilizado energia renovável e alguns materiais recicláveis de lixo eletrônico, como fios, alto-falante, diodos de *LED (Light Emitting Diode)* e cabo *USB*. A alimentação do sistema é proveniente da energia solar captada através de um painel fotovoltaico atribuindo ao projeto características de responsabilidade ambiental e social.

4 | RESULTADOS

Para materializar o sistema proposto foi desenvolvido um protótipo para que fossem realizados alguns experimentos para verificar o funcionamento de cada componente que foi implementado, partindo-se em seguida para a tabulação de dados do experimento. Os resultados obtidos neste trabalho são analisados a partir da versão estável do sistema que foi submetido a 31 execuções de *software* e *hardware* para fins de teste e análise do seu funcionamento, conforme é ilustrado na tabela 1 alguns destes resultados.

Tempo do passageiro no degrau	Tempo de detecção do usuário	Tempo de resposta ao motorista	Quantidade de passageiros descendo
4 segundos	1 segundo	1 segundo	2
7 segundos	1 segundo	1 segundo	3
3 segundos	1 segundo	1 segundo	1
4 segundos	1 segundo	1 segundo	1
5 segundos	1 segundo	1 segundo	2
6 segundos	1 segundo	1 segundo	2

Tabela 1. Dados de desempenho funcional do sistema

Fonte: Autor, 2017

Para a avaliação de desempenho do software foram utilizadas algumas métricas como: tempo que o passageiro está sob o degrau, tempo que o sensor detecta o passageiro ao momento que o mesmo está no ângulo de ação do sistema, quantidade de passageiros descendo do veículo e o tempo que a informação chega ao motorista para que seja alertado conforme os objetivos do projeto.

O tempo de detecção do passageiro assume a função de “gatilho” para que o sensor seja acionado, pois o passageiro será o objeto que as onda eletromagnéticas irão captar, e conseqüentemente o sensor receberá a resposta por um sinal *echo*, que em apenas 1 segundo é capaz de detectar o passageiro para que o fluxo do sistema evolua de acordo ao que foi programado enviando uma mensagem de alerta ao condutor do veículo, esta mensagem chega ao condutor em 1 segundo conforme ilustrado na tabela 1. E a quantidade de passageiros descendo sequencialmente pelos degraus não influencia de forma negativa no desempenho do sistema, pois

o mesmo foi programado para detectar o primeiro passageiro e gerar um tempo de segurança para que todos que estiverem descendo do veículo efetue a sua ação em segurança. Posterior a evacuação do passageiro, a porta é fechada e o sensor volta ao seu estado natural aguardando novamente alguma interação com o meio.

Os testes foram realizados no ônibus com as devidas permissões cedidas pela empresa detentora do veículo, colaborando com o projeto quanto a sua eficiência e eficácia ao que está sendo proposto tecnologicamente para benefícios da sociedade.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho investigou uma modalidade de acidente que é recorrente dentro do transporte coletivo e desenvolveu um mecanismo tecnológico que mostrou-se eficiente em testes realizados no veículo, sendo uma alternativa viável para colaborar com o condutor quanto a prevenção de acidentes envolvendo o usuário deste meio de transporte.

O experimento testado no ônibus possibilitou a aquisição de resultados reais, visto que este será o ambiente de operação do sistema. Foram feitos diversos testes, com tempos e características distintas operando de forma preventiva e segura para obtenção de dados e resultados.

As técnicas baseadas em um algoritmo com a automatização de tarefas é um aspecto da sociedade moderna. O aperfeiçoamento tecnológico alcançado teve como elementos fundamentais a análise e as descrições das execuções de tarefas [Velloso 2014].

Desta forma, o projeto proposto se mostra viável tanto em eficiência funcional quanto em aporte econômico, fatores relevantes para a proposta do projeto, uma vez que custos mais elevados inviabilizaram um futuro investidor.

REFERÊNCIAS

FERRAZ, A. C. P. **Transporte Público Urbano**. 2ª ed. São Carlos – SP, Rima, 2004.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Insatisfação dos usuários do transporte coletivo brasileiro**. Brasília, 2011.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. 1ª ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011.

SAUTER, S. L. **As constantes mudanças no trabalho e o bem-estar dos profissionais**. V Congresso de Stress da International Stress Management Association – ISMA/BR e VII Fórum Internacional de Qualidade de Vida no Trabalho. Porto Alegre, 2005.

VELLOSO, F. **Informática: Conceitos Básicos** - 9ª Edição, volume 9. Elsevier Brasil (2014).

TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES

Fabiana Gerusa Leindeker da Silva

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Jenifer Cassandra da Silva Oliveira

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Bruno Ferreira da Luz

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

Tamires Bon Vieira

IFRS – Instituto Federal do Rio Grande do Sul
(Campus Osório)

RESUMO: O presente trabalho visa analisar as atividades aplicadas após uma peça de teatro proporcionada aos estudantes do sexto ano de uma escola da rede estadual do município de Osório – RS. A peça teatral foi elaborada e apresentada pelos bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID, também responsáveis pela preparação e aplicação das atividades após o espetáculo. O uso do teatro como recurso didático teve como objetivo proporcionar uma situação lúdica com a intenção de contribuir para o ensino e aprendizagem de frações equivalentes e fração de um número. O enredo do teatro tencionava o incentivo ao raciocínio matemático e cálculo mental por meio de interações com questionamentos feitos pelos

personagens e conseqüente participação do público. Ao término da peça, dois personagens solicitaram ajuda da plateia que seguia com questões relacionadas aos assuntos abordados e analisadas neste artigo. Percebeu-se que o teatro despertou nos estudantes disposição favorável na realização das tarefas. Os dados coletados foram analisados qualitativamente, examinando as implicações da linguagem matemática utilizada durante o teatro no processo de ensino e aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Linguagem Matemática. Ensino e Aprendizagem. Frações. Teatro.

ABSTRACT: The present work aims at analyzing the activities applied after a play provided to the students of the sixth year of a school of the state network of the municipality of Osório - RS. The play was prepared and presented by the scholarship recipients of the Institutional Program of Initiatives for Teaching - PIBID, also responsible for the preparation and application of the activities after the show. The use of theater as a didactic resource had the objective of providing a playful situation with the intention of contributing to the teaching and learning of equivalent fractions and fraction of a number. The plot of the theater intended to encourage mathematical reasoning and mental calculation through interactions with questioning made by the characters and consequent public

participation. At the end of the play, two characters requested help from the audience that followed with questions related to the topics discussed and analyzed in this article. It was noticed that the theater aroused in the students a favorable disposition in the accomplishment of the tasks. The collected data were analyzed qualitatively, examining the implications of the mathematical language used during the theater in the process of teaching and learning.

KEYWORDS: Mathematical Language. Teaching and learning. Fractions. Theater.

INTRODUÇÃO

Discentes do curso superior de Licenciatura em Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Osório, bolsistas do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID buscam realizar projetos visando uma aproximação com o cotidiano de escolas de educação básica da rede pública.

Com início do PIBID, na primeira visita à escola da rede estadual parceira no programa, os bolsistas reconheceram a estrutura e a realidade escolar no sentido de promover a reflexão sobre as demandas apresentadas e a valorização de saberes e necessidades a fim de aprimorar o planejamento para as futuras ações.

A escola determinou que as atividades proporcionadas pelo PIBID fossem destinadas às duas turmas de sexto ano do Ensino Fundamental. Para atender tal exigência o professor regente informou que iniciaria o estudo de frações.

Os integrantes do PIBID criaram uma peça teatral com fantoches para abordar o conteúdo de frações equivalentes e cálculo da fração de um número de uma forma agradável e contextualizada, aplicando a matemática em situações reais, de modo a deter a atenção dos estudantes e provocar o interesse e vontade de aprender.

A encenação foi apresentada na escola aos estudantes do sexto ano fazendo uso tanto da linguagem materna como da linguagem matemática. Os personagens interagem a todo o momento pedindo ajuda para encontrar soluções de problemas ao que os estudantes espectadores, fazendo uso do raciocínio matemático e efetuando cálculos mentais, retornavam com os devidos resultados, considerando que “o importante não é que os alunos ouçam uma história que contenha matemática, mas que se dediquem à matemática que emerge da história”. (ZAZKIS; LILJEDAHL, 2009, p. 9, tradução nossa).

Ao final da peça, com o propósito de analisar de forma qualitativa as habilidades e competências dos alunos e também a influência da peça na compreensão da linguagem matemática, foi proposta uma atividade contendo problemas e questionamentos relacionados ao teatro. Foram realizadas entrevistas individuais para que os estudantes fizessem observações com críticas e sugestões e comentassem suas dificuldades.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o professor regente das turmas de sexto ano da escola parceira, a dificuldade dos alunos era compreender o conceito de número fracionário. Os estudantes tendem a usar a linguagem das frações sem entender realmente sua natureza, confirmando assim a complexidade em interpretar tais números. (NUNES; BRYANT, 1997).

Os integrantes do projeto, coordenadora e acadêmicos bolsistas, observaram a necessidade de explorar estratégias de ensino sem limitar-se ao uso do desenho e material concreto, mas considerando o ensino de ordem e equivalência considerando “uma visão mais ampla da fração, encorajando o aluno a adotar seu conhecimento informal sobre frações e auxiliando na superação das dificuldades encontradas em relação a esse conceito.” (MAGINA; BEZERRA; SPINILLO, 2009, p. 415).

A partir de estudos e pesquisa, optou-se pela utilização da representação teatral como recurso didático, pois o teatro é forte por explicar “o mundo que está em nossa volta através do divertimento, da análise e da crítica” (CARTAXO, 2001, p. 64) e tendo em vista que este pode provocar e despertar o interesse de quem assiste e estimular o raciocínio dos alunos por meio de reflexões sobre o que é encenado.

Por conseguinte foi elaborado um teatro de fantoches como recurso didático, visando superar as dificuldades citadas, desenvolvendo o raciocínio matemático em situações diversas e o uso de frações no cotidiano além do contexto escolar. Os personagens principais do esquete eram estudantes, fato que proporcionou aos espectadores/alunos se identificarem no contexto proposto. Pretendia-se possibilitar aos alunos uma Aprendizagem Significativa de Ausubel, visto que esta começa a existir quando algum conceito trabalhado passa a fazer sentido para ele (MOREIRA; MASINI, 1982). Na encenação, enquanto os personagens dialogavam sobre frações, esperava-se que os espectadores fizessem conexões com o conhecimento já adquirido e assim a aprendizagem seria obtida pela descoberta e percepção.

Os últimos diálogos dos personagens referem-se a uma lista de compras solicitada pela vovó dos protagonistas, e estes pedem ajuda à plateia com a pretensão de aumentar o interesse e envolvimento dos estudantes na realização de uma atividade proposta após o espetáculo. O aluno ao ser estimulado a utilizar seus recursos cognitivos e afetivos, visando atingir um objetivo, favorece também o seu envolvimento na aprendizagem (PONTE; BROCARD; OLIVEIRA, 2006, p. 23).

MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

Com o objetivo de trabalhar o conteúdo de frações equivalentes e o cálculo de fração de um número, foi elaborado e apresentado um teatro de fantoches aos alunos de sexto ano de uma escola da rede pública do município de Osório – RS. O roteiro da peça teatral intitulada “*Frações por Toda a Parte*”, tinha como personagens

principais dois estudantes, Aninha e João, que durante o caminho da escola para a casa da vovó, utilizam o ônibus escolar e se depararam com situações em que as frações estavam presentes. Os cenários no contexto do teatro foram produzidos considerando que, possivelmente, estivessem presentes no cotidiano de estudantes do ensino fundamental.

Em muitos momentos durante o teatro, os personagens principais interagem com o público solicitando ajuda para encontrar o resultado de alguns problemas matemáticos que surgem durante os diálogos (Figura 1), afinal é papel dos docentes facilitar e estimular a participação ativa e crítica dos alunos em atividades desenvolvidas no âmbito escolar “de modo que se possam vivenciar práticas sociais e intercâmbios acadêmicos que induzam à solidariedade, à colaboração, à experimentação compartilhada” (PÉREZ GÓMEZ, 1998, p.26).



Figura 1-a: Personagens, Aninha e João, no ônibus escolar a caminho da casa da vovó.



Figura 1-b: Cena final onde os personagens principais solicitam ajuda dos espectadores.

Figura 1: Apresentação da peça teatral: “Frações por toda a parte”.

Fonte: Arquivo dos autores.

Os protagonistas ajudam a vovó a entender uma receita de bolo onde as quantidades de alguns ingredientes estão na forma de fração. As crianças comentam que estão aprendendo este conteúdo na escola e ajudam a vovó. Esta cena ocorre na metade da apresentação, porém é lembrada nos últimos diálogos quando a vovó entrega aos netos uma lista de produtos que devem ser comprados. Ao ver a lista, as crianças exclamam: “Vovó, a lista está cheia de frações!” Ao que a vovó responde: “Sim! Usei o que aprendi com vocês. Agora vão ao armazém da Dona Chica e calcule o preço correspondente à quantidade solicitada de cada produto, a vovó dará para cada um quarto do troco”.

Ao final do teatro os últimos diálogos encaminham os fantoches a solicitar ajuda dos espectadores para realizar a tarefa solicitada pela vovó. Desta forma os estudantes são motivados a realizar a atividade e ajudar os personagens com as compras solicitadas pela vovó, visto que concluir o teatro “com um conflito não resolvido é uma estratégia deliberada para facilitar a transição de assistir para fazer”.

(ZAZKIS; LILJEDAHL, 2009, p. 15, tradução nossa).

Para a execução da tarefa, forneceu-se a lista de itens a serem comprados, feita pela vovó (Figura 2-a); o valor dos itens na Loja da Dona Chica (Figura 2-b), local em que os personagens realizariam as compras; e o valor destinado para as compras (Figura 2-c).

Lista de compras da vovó	
$\frac{2}{5}$	kg de queijo
$\frac{1}{3}$	kg de presunto
$\frac{7}{5}$	kg de banana
$\frac{4}{5}$	kg de tomates
$\frac{1}{1}$	dúzia de ovos
$\frac{3}{4}$	kg de laranjas

Figura 2-a: Lista de compras da vovó.

Valores dos itens na loja da dona Chica:	
1 kg de Queijo:	RS 25,00
1 kg de Presunto:	RS 24,00
1 kg de banana:	RS 5,00
1 kg de tomate:	RS 5,00
Dúzia de ovos:	RS 6,00
1 kg de laranja:	RS 4,00

Figura 2-b: Valores dos itens na loja da dona Chica.



Figura 2-c: Valor destinado para as compras.

Figura 2: Material fornecido aos estudantes ao final da apresentação teatral.

Foi elaborada e entregue uma lista de atividades contendo trechos de diálogos do teatro, para organizar e facilitar a resolução do problema. Os estudantes poderiam seguir alguns passos para chegar ao objetivo de encontrar o valor que cada um dos netos ganhou da vovó. Cabe ressaltar que os bolsistas do PIBID auxiliaram os alunos durante toda a atividade (Figura 3).



Figura 3: Desenvolvimento da atividade com auxílio dos bolsistas.

A primeira tarefa consistia em representar as frações de cada item por meio de desenhos (Figura 4).

A vovó fez uma lista de compras, leia o diálogo:

Vovó – Aqui está a lista de compras e o dinheiro que o vovô deixou. Compre os produtos na loja da Dona Chica.

Aninha – Vovó! Que lista grande e ela está cheia de frações!

Vovó – Sim! Usei o que aprendi com vocês. Agora encontrem o valor pago pela quantidade de cada produto. Cada um pode ficar com um quarto do troco.

Faça desenhos que representam a fração de cada item da lista da vovó:

$\frac{2}{5}$ kg de queijo	$\frac{1}{3}$ kg de presunto	$\frac{7}{5}$ kg de banana
$\frac{4}{5}$ kg de tomates	$\frac{1}{1}$ Dúzias de ovos	$\frac{3}{4}$ kg de laranjas

Figura 4: Trecho do diálogo presente no teatro e transcrito aos alunos e a primeira tarefa de representar as frações por meio de desenhos.

Para a segunda parte da atividade, esperava-se que os educandos utilizassem a representação feita no início, pois esta consistia em encontrar o valor a ser pago pela quantidade solicitada para cada item (Figura 5-a). Os últimos passos para a conclusão da resolução do problema inicial consistia em encontrar o troco e em seguida calcular a quarta parte deste troco, valor este que fora prometido pela vovó a cada um de seus netos (Figura 5-b).

Ajude dona Chica a fazer o cálculo do valor das compras da vovó:

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor a pagar (R\$)
Queijo	$\frac{2}{5}$ de 1 kg	25,00 por kg	
Presunto	$\frac{1}{3}$ de 1 kg	24,00 por kg	
Banana	$\frac{7}{5}$ de 1 kg	5,00 por kg	
Tomate	$\frac{4}{5}$ de 1 kg	5,00 por kg	
Ovos	1 Dúzia	6,00 por dúzia	
Laranja	$\frac{3}{4}$ de 1 kg	4,00 por kg	
Total:			

Figura 5-a: Segunda parte da atividade – encontrar o valor gasto nas compras.

Preencha e calcule para ajudar Dona Chica a descobrir o troco

Descrição	R\$
Dinheiro destinado às compras:	
Valor total das compras:	
Troco:	

Quanto é $\frac{1}{4}$ do troco? _____

Quanto Aninha ganhou da vovó? _____

Quanto João ganhou da vovó? _____

Figura 5-b: Último passo da atividade onde os estudantes encontram o valor solicitado.

Figura 5: Atividades com frações envolvendo o contexto da peça teatral.

Ao analisar a primeira parte da tarefa, observou-se que os estudantes não tiveram problemas em representar as frações próprias, porém houve dificuldade na

representação de frações impróprias ou frações que representam o inteiro. Na figura 6 são transcritos os erros mais comuns, referente às representações realizadas pelos alunos (Figura 6-a e 6-b).

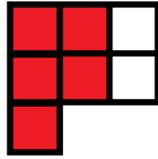


Figura 6-a: Transcrição do erro mais comum na representação da fração .



Figura 6-b: Transcrição do erro mais comum na representação da fração .

Figura 6: Erros comuns na representação de frações impróprias ou que representam o inteiro.

Na segunda parte da atividade alguns estudantes efetuavam um algoritmo mecânico, muitas vezes sem entender o significado (Figura 7-a). Outros solicitavam ajuda dos bolsistas do programa. Estes orientavam o uso das representações realizadas na primeira parte, conforme mencionado anteriormente (Figura 7-b).

A execução da última parte da tarefa foi a mais tranquila. Nesta era necessária uma operação de subtração para determinar o troco e, por fim encontrar um quarto deste valor, operação que os estudantes praticaram e compreenderam na segunda parte da atividade.

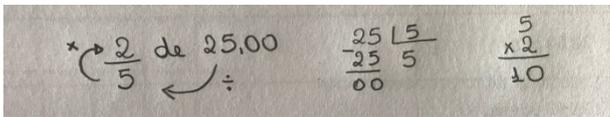


Figura 7-a: Cálculo mecânico por meio de algoritmo.

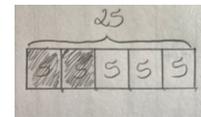


Figura 7-b: Determinação de 25 por meio da representação da fração.

Figura 7: Cálculo dos valores referente às quantidades de cada item da lista de compras.

<p>1. Fale sobre o teatro que você acabou de assistir.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>3. Você gosta de estudar as frações? Por quê?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>2. Você também acha que a matemática está em tudo?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>4. Deixe aqui seu comentário com críticas, sugestões e/ou elogios.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Figura 7: Questões levantadas com os alunos na pesquisa após o teatro.

Os estudantes foram incentivados a comentar, com sugestões, críticas e elogios, sobre o teatro apresentado, por meio de entrevistas individuais realizadas durante a atividade e também respondendo a um breve questionário de forma anônima (Figura

8) com a finalidade de obter um retorno da ação e, a partir da análise, buscar por melhorias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na ação realizada com os alunos de sexto ano de uma escola parceira do programa PIBID – Subprojeto Matemática foi abordado o conteúdo de frações de forma agradável, propiciando a interação dos alunos que se manifestaram de forma produtiva e criativa.

Durante a encenação a linguagem matemática esteve presente nos diálogos dos personagens por meio da língua materna e pode-se perceber que esta era traduzida e compreendida pelos espectadores relacionando com conceitos presentes na memória, visto que sempre que era solicitada a ajuda, estes estavam atentos e por meio do raciocínio matemático e cálculos mentais davam as respostas corretamente.

Na atividade proposta após a apresentação da peça, o interesse e envolvimento dos alunos foram surpreendentes, o que gerou grande satisfação entre os integrantes do projeto, pois o envolvimento ativo do aluno é condição fundamental da aprendizagem.

As atividades elaboradas de forma a viabilizar uma análise do envolvimento dos alunos durante o espetáculo e do conhecimento prévio e adquirido naquele momento foram analisadas e destacadas as principais dificuldades. Busca-se, com isso, entender os motivos que levam os alunos a cometerem tais confusões. Neste sentido pretende-se dar continuidade ao trabalho e em próximas ações abordar de diferentes maneiras e sanar essas lacunas estimulando os discentes à leitura e à escrita das frações em linguagem matemática e assim desenvolver ainda mais o raciocínio matemático e a natural apropriação de novos conceitos e definições matemáticas.

Nas entrevistas e questionários aplicados percebeu-se o quanto a ação foi proveitosa para os estudantes conforme os trechos transcritos a seguir:

Aluno A: *“O teatro foi muito interessante para parar e refletir de que a matemática está em tudo, que você não pode ficar sem saber a matemática, que você não consegue viver sem a matemática. A matemática está no posto de gasolina, no mercado, na receita de bolo e muito mais. Você precisará dela pelo resto da vida, onde você for e é muito legal”.*

Aluno B: *“Achei o teatro muito legal e importante para aprendermos fração. Foi uma forma bem show de entender a fração, foi engraçado, educativo. Parabéns!”*

Aluno C: *“Achei bem engraçado, uma forma diferente de aprender a fração, rindo e interagindo com o teatro a gente aprende mais rápido. Acho que a matemática está em tudo por que precisamos dela para contar o dinheiro, comprar coisa, etc.”.*

Aluno D: *“Eu achei bem legal, porque falava sobre frações... eu nunca tinha*

aprendido ainda, mas comecei a pegar melhor, mas agora com esse teatro eu aprendi mais um pouco. O teatro estava muito legal, adorei e aprendi também”.

O aluno D, ao ser perguntado se gostava de estudar frações, informou: “*Não, porque é muito complicado e difícil*”.

Partindo da análise das atividades escritas, entrevistas e questionários, acredita-se que a ação atingiu alguns objetivos e pretende-se dar continuidade de forma a auxiliar no ensino e aprendizagem no âmbito escolar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao utilizar o teatro como recurso didático, oportunizamos experiências diferenciadas àqueles que aplicam e também aos que assistem. Aliando o ensino de matemática com a peça teatral, além de descontrair e divertir o conteúdo de frações equivalentes e cálculo da fração de um número foi apresentado. Através desta experiência foi possível inferir que muitas das dificuldades enfrentadas pelos alunos na aprendizagem de frações podem ser minimizadas quando são buscadas alternativas para o ensino, principalmente aquelas que tragam significados à vida dos estudantes.

O conceito de número fracionário é admitido como sendo de difícil compreensão e abstração, por isso, é imprescindível a utilização de novos métodos de ensino que busquem promover a aquisição do conhecimento aos educandos. As problematizações e a linguagem visual trazidas na apresentação do teatro propiciou que os alunos construíssem os conceitos de frações a partir do contexto sociocultural que estão inseridos. Houve, portanto, a valorização dos conhecimentos informais que os estudantes possuíam sobre frações, buscando a integração entre teoria e prática.

Pode-se constatar, através dos resultados obtidos na aplicação das atividades, que o teatro colaborou com a abstração dos conceitos norteadores de frações que ainda não tinham sido assimilados pelos alunos. Deste modo, pretende-se prosseguir neste caminho, fazendo ações paralelas a sala de aula e buscando sempre pelo aprimoramento das atividades de ensino e aprendizagem priorizando pelo uso da linguagem matemática.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

CARTAXO, C. **O ensino das artes cênicas na escola fundamental e média**. João Pessoa: Carlos Cartaxo, 2001. 64p.

MAGINA, S.; BEZERRA, B. F.; SPINILLO, A. Como desenvolver a compreensão da criança sobre

fração? Uma experiência de ensino. **Revista brasileira de Estudos Pedagógicos**. Brasília, v.40, n°225, p.411-432, maio/ago. 2009.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

NUNES, Terezinha; BRYANT, Peter. **Crianças fazendo Matemática**. Porto Alegre: Artmed, 1997.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. **As funções sociais da escola: da reprodução à reconstrução crítica do conhecimento e da experiência**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

PONTE, J. P; BROCARD, J; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

ZAZKIS, R. & LILJEDAHL, P., **Teaching Mathematics as Storytelling**. Sense Publishers, 2009.

UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM

Lúcio Flávio de Jesus Silva

Faculdade Pitágoras
São Luís — Maranhão

Marco Antônio Castro Martins

Faculdade Pitágoras
São Luís — Maranhão

RESUMO: O uso da computação em nuvem vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, e sua demanda, paralela ao crescimento substancial de empresas e aos avanços técnicos-científicos, tem se intensificado em ritmo acelerado. A virtualização é a chave para que isso seja possível e tem sido apontada como uma opção de baixo custo para propiciar confiabilidade, qualidade e escalabilidade a alguns sistemas empresariais. Neste artigo serão comparados dois tipos de *Hypervisors*, o VMware ESXi e o KVM.

PALAVRAS-CHAVE: Virtualização, VMware ESXi, KVM.

A STUDY ON VIRTUALIZATION

PERFORMANCE IN VMWARE AND KVM

HYPERVISORS

ABSTRACT: The use of cloud computing has grown considerably in recent years, and its demand, coupled with substantial business growth and technical and scientific

advancements, has been intensifying at an accelerated pace. Virtualization is a key to what is possible and has been singled out as a lowcost option for reliability, quality, and enterprise systems. This article is compared to two types of Hypervisors, VMware ESXi and KVM.

KEYWORDS: Virtualization, VMware ESXi, KVM.

1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia de virtualização é um tema que tem se destacado no mundo da tecnologia da informação. A virtualização permite particionar um único sistema computacional em vários outros denominados de máquinas virtuais. Cada máquina virtual oferece um ambiente completo muito similar a uma máquina física (CARISSIMI, 2008). A tecnologia de virtualização ajuda as empresas a executarem serviços diferentes em um único servidor, o que lhes permite reduzir o custo de gerenciamento de *hardware* e uso de recursos de forma mais eficiente (HERROD, 2010).

O conceito de virtualização não é novo e começou o desenvolvimento tão antigo quanto o início do sistema de computador. O pioneiro da tecnologia de virtualização foi a IBM quando, nos anos 60 e 70, eles introduziram a tecnologia em seus *mainframes* System 360 e

370 (IBM, 2009).

Em uma empresa, a virtualização possibilita a redução de custos combinando aplicativos em um número menor de servidores físicos de forma confiável e segura. Fornecendo uma melhor capacidade de gerenciamento, provisionamento e custo em uma única plataforma de trabalho. Os *hardwares* dos computadores estão evoluindo rapidamente seu desempenho e, devido a isso, alguns recursos acabam não sendo totalmente utilizados e a tecnologia de virtualização supera esse problema (GUAN et al., 2011). Com a tecnologia de virtualização é possível fazer com que os computadores usem o máximo do seu desempenho.

O principal objetivo deste artigo é comparar o desempenho das infraestruturas de virtualização VMware ESXi e KVM quando submetidos a uma grande quantidade de carga. Todos os experimentos foram realizados usando um servidor dedicado com o sistema operacional recomendado para cada *hypervisor*. O estudo foca no desempenho de operações de leitura e escrita no Disco, operações de Memória Ram e de CPU. As ferramentas de *benchmarking* utilizadas são CrystalDiskMark para disco, MaxxMEM2 para memória e CPU-Z para CPU.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o VMware ESXi, KVM e as ferramentas utilizadas nos testes: CrystalDiskMark, MaxxMEM2 e CPU-Z, que são de suma importância para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 VMWARE ESXI

O VMware ESXi é um *hypervisor bare metal* especializado e líder do setor. O ESXi é instalado diretamente no servidor físico, permitindo que ele seja dividido em vários servidores lógicos chamados de máquinas virtuais (VMWARE, 2009).

2.2 KVM

O KVM (*Kernel-based Virtual Machine*) é uma solução de virtualização completa para Linux no *hardware x86* contendo extensões de virtualização (Intel VT ou AMD-V). Ele consiste em um módulo de *kernel* carregável, *kvm.ko*, que fornece a infraestrutura de virtualização central e um módulo específico do processador, *kvm-intel.ko* ou *kvm-amd.ko* (KVM, 2016).

2.3 Ferramentas Benchmarking

Ferramentas de *benchmarking* são úteis para diagnosticar problemas de desempenho de um computador ou quantificar uma comparação entre o desempenho de duas máquinas e ou dois *softwares* diferentes.

2.3.1 CrystalDiskMark

CrystalDiskMark é uma aplicação que tem como finalidade testar o disco rígido de um computador. Estes testes resultam numa informação que deverá ser posteriormente analisada por si, informação essa que lhe transmite a velocidade de leitura e escrita dentro dos parâmetros definidos no teste (SIMÕES, 2010).

2.3.2 MaxxMEM2

MaxxMEM2 é uma aplicação de *benchmark* de memória que efetua testes para obter dados e gráficos sobre o desempenho da memória instalada no computador. A partir de uma série de comandos que o próprio programa envia para os pentes de memória, ele testa respostas como as velocidades de cópia, leitura e gravação da memória, e também o tempo de latência da mesma (ORTEGA, 2015).

2.3.3 CPU-Z

O CPU-Z é uma aplicação que fornece todas as informações a respeito do processador, placa mãe, *cache* e memória do computador. Além disso, oferece uma ferramenta de *benchmark* de CPU robusta e confiável (MOURA, 2016).

3 | METODOLOGIA

Nesta seção é descrito a visão geral do *hardware* em teste e o sistema operacional das máquinas virtuais usadas. Os detalhes dos testes e como os dados são coletados usando diferentes ferramentas de *benchmarking* são discutidos no final deste capítulo

3.4 Especificação do hardware

Foi utilizando um servidor dedicado E3-SAT-3-32 que se encontra no Datacenter OVH - BHS para fins de *benchmarking* neste artigo. Este servidor tem as seguintes especificações:

CPU

Um Processador Quad-Core 3,4 GHz

Intel Xeon E3-1245v2

Número de cores: 4

Número de threads: 8

Frequência baseada em processador: 3,4 GHz

Frequência turbo max: 3,8 GHz

Cache: 8 MB

Conjunto de Instruções: 64-bit

Memória

Tamanho: 32GB DDR3 ECC

Velocidade: 1600 MHz

Discos

Dois discos SSD com capacidade de 250GB cada.

Softwares

VMware vSphere ESXi 6.5

KVM (Kernel based virtual machine) + Red Hat Enterprise Linux 7.3.

Windows Server 2012 Datacenter R2

3.5 Execução dos testes

Primeiro, foi instalado o VMware vSphere ESXi 6.5 no servidor e o conjunto de testes de *benchmarking* foram executados em uma máquina virtual com o Windows Server 2012 Datacenter R2.

Em seguida, instalamos o Red Hat Enterprise Linux 7.3 no mesmo servidor e configuramos os pacotes de virtualização KVM. Depois executamos o mesmo conjunto de testes de *benchmarking* também em uma máquina virtual com o Windows Server 2012 Datacenter R2.

O CrystalDiskMark foi a primeira aplicação que utilizamos, e com ela comparamos o desempenho de escrita e leitura no disco das máquinas virtuais em cada *hypervisor*. Diferentes arquivos com tamanhos de 1MB, 32MB, 64MB, 128MB, 256MB, 512MB e 1GB foram utilizados para calcular a média do desempenho com sobrecargas diferentes, o teste foi executado 10 vezes em cada caso.

Logo em seguida, executamos o MaxxMEM2 e a velocidade da Memória Ram foi testada com um tamanho de bloco exponencial de 1KB com um máximo de 1GB. A média de todos os resultados do teste foi calculada após o teste ter sido repetido 10 vezes em cada caso.

Por último, utilizamos o CPU-Z para calcular o desempenho da taxa de processamento da CPU. Todos esses testes são necessários para o cálculo do desempenho, que inclui a taxa de transferência da CPU, a taxa de transferência de intercomunicação e a transmissão do sistema de arquivos.

Desta forma, o desempenho das duas infraestruturas de virtualização KVM e VMware é medido e comparado. Cada teste de *benchmarking* foi executado em cada um dos dois casos, o suficiente para produzir resultados estatisticamente significativos.

4 | RESULTADOS

O desempenho de disco do VMware é de 10 a 20% melhor do que o KVM, com algumas exceções. O KVM funciona melhor que o VMware para tamanhos de bloco

menores que 10MB, enquanto os resultados mostram o oposto para tamanhos de bloco maiores que 10MB. Houve alguma sobrecarga para os outros testes CPU e em todos esses casos VMware estava realizando um desempenho melhor do que o KVM. Nossa conclusão geral é que a sobrecarga de virtualização é menor para o VMware do que para KVM.

Os gráficos seguintes mostram o desempenho de leitura e escrita no disco das máquinas virtuais no VMware e KVM, a unidade de medida utilizada foi Mb/s.

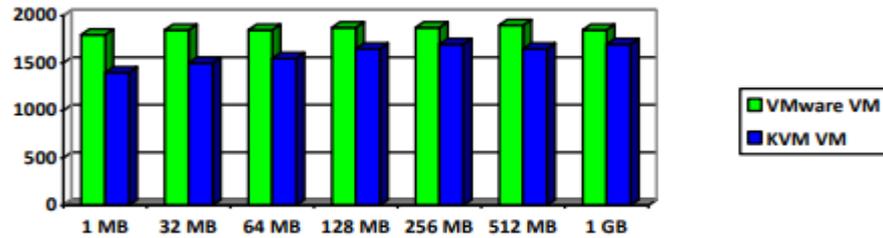


Figura 1. Média da escrita no disco com CrystalDiskMark.

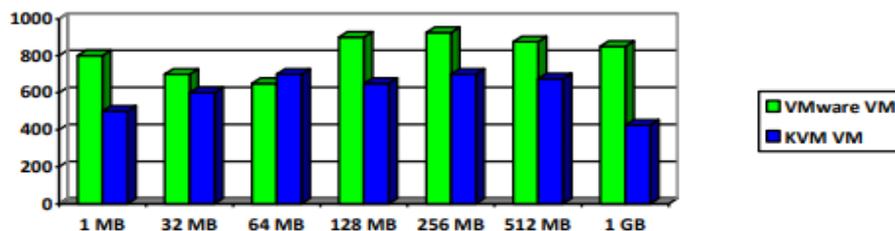


Figura 2. Média da leitura no disco com o CrystalDiskMark.

Em seguida, são apresentados gráficos relacionados aos testes de memória ram. Para a confiabilidade dos dados, o teste foi repetido 10 vezes em cada caso. Todos os resultados do teste foram calculados e apresentados nos gráficos a seguir.

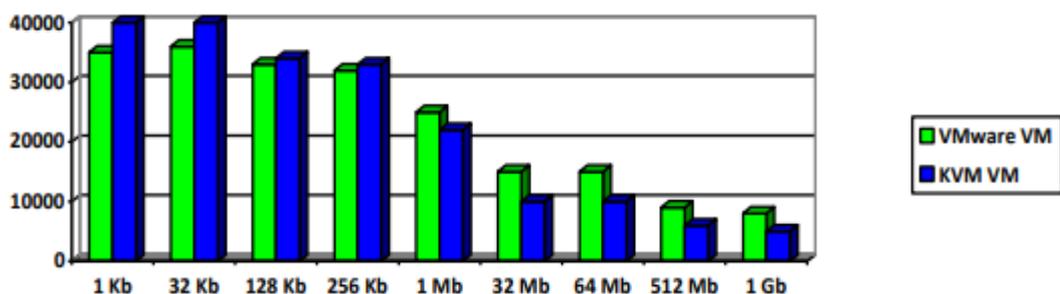


Figura 3. Média da escrita na memória com o MaxxMEM2.

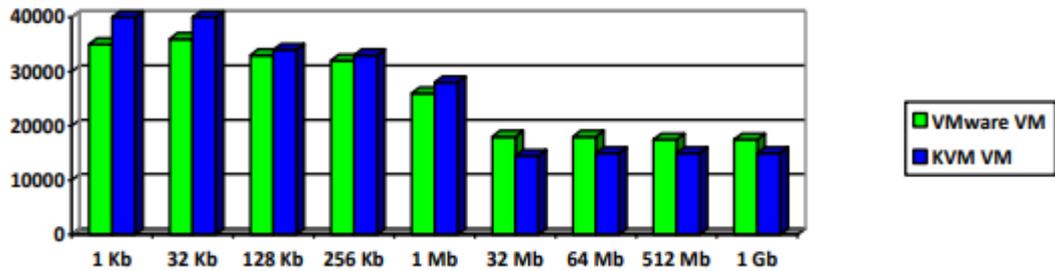


Figura 4. Média de leitura na memória com o MaxxMEM2.

O desempenho da taxa de processamento da CPU foi adquirido com a ajuda da aplicação CPU-Z e comparado com a ajuda do gráfico seguinte.

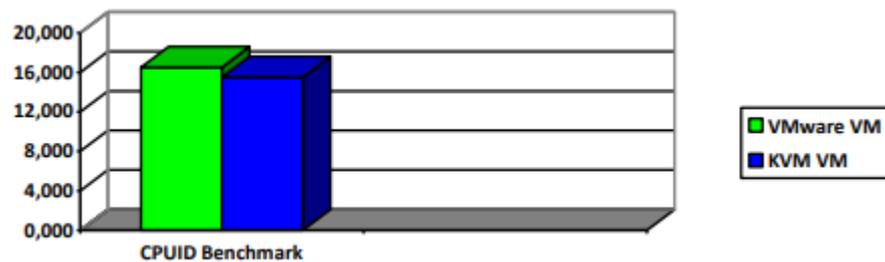


Figura 5. Média da Taxa de Transferência do CPU com o CPU-Z

5 | CONCLUSÃO

A virtualização hoje em dia é uma tecnologia muito popular, pois reduz o custo de gerenciamento e oferece muitos outros benefícios para as organizações. Muitas tecnologias de virtualização estão disponíveis no mercado. A seleção da tecnologia certa para a organização pode produzir melhores resultados. A virtualização do KVM está ganhando popularidade enquanto a virtualização VMware é líder de mercado.

O objetivo principal deste trabalho foi comparar o desempenho de clientes virtualizados nos diferentes tipos de *Hypervisors*. No caso de um ambiente virtualizado, a camada de abstração entre os recursos de *hardware* e OS, obviamente, afeta o desempenho do convidado virtual. O KVM e o VMware são tecnologias diferentes para a virtualização e usam arquiteturas diferentes. O KVM usa a camada de SO ou a abordagem de para-virtualização, enquanto o VMware usa a virtualização de camada de hardware. Essas diferentes abordagens de virtualização podem ter criado a diferença no desempenho.

No desempenho geral, o VMware funciona melhor do que o KVM. Em alguns casos VMware executa duas vezes melhor do que o KVM. Enquanto que, em alguns casos, o KVM também deu melhores resultados do que o VMware.

REFERÊNCIAS

CARISSIMI, A. **Virtualização: da teoria a soluções**. Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores–SBRC, 2008, 173-207. 2008.

GUAN, T.; HAI, J.; XIA, X.; WENZHI, C; PINGPENG, Y. **Measuring and Analyzing CPU Overhead of Virtualization System**. Services Computing Conference (APSCC), 2011 IEEE Asia-Pacific, December 2011, 243-250. 2011.

HERROD, S.A. **Systems Research and Development at VMware**. ACM SIGOPS Operating Systems Review archive, ACM New York, NY, USA, 2010, Vol.44(4). 2010.

IBM - **Uma breve história do tempo**. IBM, 2009. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbre/entry/uma_breve_historia_do_tempo1>. Acesso em: 20 mai. de 2017.

KVM. **Linux Kernel Virtul Machine**, 2016. Disponível em: <https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page>. Acesso em: 18 mai. de 2017.

MOURA, D. **Cpu-Z 1.77.0**, 2016. Disponível em: <<http://www.cpuid.com/softwares/cpu-z.html>> Acesso em: 23 mai. de 2017.

ORTEGA, F. **MaxxMEM2 Review**, 2015. Disponível em: <<http://maxxmem2.en.lo4d.com>>. Acesso em: 19 mai. de 2017.

SIMÕES, P. **CrystalDiskMark 3.0.0 – Teste o seu Disco Rígido**. Pplware, 2010. Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/software/crystaldiskmark-3-0-0>>. Acesso em: 20 mai. de 2017.

VMWARE - **Hypervisor bare metal vSphere ESXi**. VMware, 2009. Disponível: <<http://www.vmware.com/br/products/esxi-and-esx.html>>. Acesso em: 23 mai. de 2017.

CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi

Doutora em Química. Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Estrada Coari Mamiá, Espírito Santo, 69460-000, Coari, Amazonas, Brasil. klenicy@yahoo.com.br

Cristiana Nunes Rodrigues

Graduada em Ciências: Biologia e Química,. Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Estrada Coari Mamiá, Espírito Santo, 69460-000, Coari, Amazonas, Brasil. cristiananunes.18@gmail.com

Carlos Victor Lamarão

Doutor em Biotecnologia. Faculdade de Ciências Agrárias/DEAS-Depto de Engenharia Agrícola e de Solos., Universidade Federal do Amazonas, Av.General Rodrigo Otávio Jordão Ramos-nº3000-Campus Universitário-Setor Sul-Minicampus-Bloco F-DEAS Coroadó I, 69077000 - Manaus, AM - Brasil
victorlamarao@yahoo.com.br

Maria Aparecida Silva Furtado

Doutora em Linguística. Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Estrada Coari Mamiá, Espírito Santo, 69460-000, Coari, Amazonas, Brasil. mariapfurtado@gmail.com

RESUMO: Ensinar Química para os alunos do Ensino Médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) torna-se um desafio para os docentes devido as dificuldades relatadas

pelos alunos, como falta de tempo, cansaço, falta de base nas disciplinas. O objetivo deste capítulo é apresentar a importância do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) na área de Química em uma Escola Estadual no município de Coari, Amazonas, Brasil. A metodologia apresenta análises qualitativas baseadas em pesquisas bibliográficas que auxiliam na reflexão sobre a importância desse programa no contexto acadêmico e social. Entre as contribuições do PIBID, destacam-se a aproximação dos bolsistas com a escola, alunos e professores, e a aproximação da realidade educacional para os acadêmicos.

PALAVRAS-CHAVE: Formação de professores; Ensino de Química; Amazonas;

ABSTRACT: Teaching Chemistry for high school students in the Youth and Adult Education (EJA) modality becomes a challenge for teachers due to the difficulties reported by the students, such as lack of time, fatigue, lack of basis in the disciplines. The objective of this chapter is to present the importance of the Institutional Program of Initiation to Teaching Scholarship (PIBID) in the Chemistry area at a public school in Coari city, Amazonas, Brazil. The methodology is qualitative analyzes based on bibliographical research that helps in the reflection about the importance of this program in the academic and

social context. Among the contributions of PIBID, we highlight the approach of fellows with the school, students and teachers, and the approximation of educational reality for academics.

KEYWORDS: Teacher training; Chemistry teaching; Amazonas;

1 | INTRODUÇÃO

O ensino de Química apresenta como um dos objetivos a formação da cidadania, o que implica na necessidade de desenvolver no aluno conhecimentos que o auxiliem na sua formação como um todo, envolvendo-o em uma sociedade, bem como atitudes e valores sobre as questões ambientais, políticas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia (Schnetzler, 1992). No entanto, a realidade observada muitas vezes entra em conflito com o que é esperado, onde os alunos apresentam pouco interesse, seja por dificuldade de aprendizado, seja por não se sentirem motivados pelas aulas tradicionais que privilegiam a memorização (Oliveira, et, al. 2007).

Esse é um problema detectado no Ensino regular e na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA), onde o desinteresse pela disciplina de química é comumente descrito nos trabalhos científicos (Friedrich et al 2012). A Educação de Jovens e Adultos (EJA) tem como objetivo restabelecer a igualdade do direito ao ensino, garantindo a oferta de ensino fundamental e médio a jovens, adultos e idosos; possibilitar uma formação de qualidade, com metodologias próprias, visando situações pedagógicas adequadas às necessidades, expectativas e disponibilidade dos jovens, adultos e idosos; validar competências, habilidades, conhecimentos e experiências adquiridas pelo educando na vida cotidiana e no trabalho.

Os alunos da EJA são formados por adultos, que trabalham, sustentam família e cativar sua atenção para o ensino aprendizado é um desafio, pois muito foram desestimulados ou descreditaram na escola como processo de evolução pessoal, mas que possuem conhecimentos informais adquiridos por suas experiências pessoais. O ensino de química para tais alunos é um grande desafio tendo em vista que, os mesmos possuem dificuldades na compreensão dos conceitos químicos e na associação com o cotidiano (Ferreira, et. al, 2016).

Nesse sentido, o Projeto de Iniciação à Docência (PIBID) vem contribuir para aproximação dos acadêmicos de licenciatura à realidade escolar e suas complexidades. Esse trabalho tem como objetivo apresentar a importância do PIBID na área de Química em uma Escola Estadual no interior do Amazonas, buscando estreitar o diálogo entre escola e a universidade e contribuir com a consolidação de programas de apoio à formação docente no Brasil, e mais especificamente, na área do ensino de química.

2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada integra-se de uma pesquisa bibliográfica e uma reflexão acerca das atividades desenvolvidas durante o PIBID. A abordagem qualitativa caracteriza-se como um estudo descritivo de caráter exploratório (SEVERINO, 2000).

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com intuito de embasar as ponderações sobre o tema. A busca deu-se por meio da revisão de literatura pela internet, onde foram pesquisados artigos e livros em bancos dados como a Capes, Scielo e Google acadêmico. Usaram-se, como palavras-chave, os termos: “iniciação a docência”, “PIBID”, “ensino de Química” e “EJA”. Os termos foram utilizados separadamente e em combinações.

Posteriormente foi realizado a análise da importância desse programa para o universo utilizado, uma escola estadual no município de Coari, Amazonas, Brasil, que desenvolve ações em 6 turmas do ensino médio na modalidade EJA, no turno noturno. Para o desenvolvimento do capítulo, descreveu-se a importâncias das atividades realizadas no plano de ação que envolviam atividades experimentais e lúdicas, aulas de dúvidas, e exercícios.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Formação docente e o EJA

Um aspecto problemático nos modelos de formação docente no Brasil é o distanciamento entre as instituições formadoras e as escolas de educação básica, contexto de atuação dos futuros professores. Estudos mostram que os cursos de formação de professores mantêm-se focados em modelos idealizados de aluno e de docência. Os currículos expressam uma predominância dos estudos teóricos e, no caso das licenciaturas nas diversas áreas do conhecimento, das disciplinas voltadas para os conteúdos específicos da área em relação à formação para o desenvolvimento de habilidades profissionais específicas para a atuação nas escolas e nas salas de aula (ARROYO, 2007; GATTI; NUNES, 2009; ANDRÉ *et al.*, 2010).

A constatação de que a formação profissional não vem oferecendo aos licenciandos os conhecimentos e habilidades necessários ao enfrentamento das complexas tarefas que lhes são exigidas na sociedade contemporânea, bem como a insatisfação social com o nível de ensino nas escolas brasileiras e os indicadores educacionais que apontam essas fragilidades, vêm levando à crescente responsabilização do poder público pelo desempenho das escolas e professores. Essa situação tem se refletido na proposição de diferentes programas voltados para a melhoria da formação dos professores. A partir da metade dos anos 2000, o Governo Federal passa a exercer um papel de articulador das políticas públicas de formação dos professores, até então dispersas em iniciativas isoladas de estados

e municípios, delineando-se uma política nacional de formação docente (GATTI; BARRETO; ANDRÉ, 2011).

Nesse contexto, o Decreto nº 6755/2009 institui a Política Nacional de Formação de Profissionais do Magistério da Educação Básica. Esse documento estabelece princípios básicos que devem orientar as propostas de formação de professores e que passam a balizar os programas de apoio à formação docente do Ministério da Educação (MEC). Entre esses princípios, reconhece a formação docente para a educação básica como compromisso público de Estado, que deve ser executado em regime de colaboração entre União, Estados e Municípios, com participação das Instituições Públicas de Educação Superior e de entidades representativas de setores profissionais docentes.

É justamente esse o contexto de surgimento do PIBID, que se apresenta como uma proposta de valorização da formação inicial dos futuros docentes, tendo como objetivos:

[...] incentivar os jovens a reconhecerem a relevância social da carreira docente; promover a articulação teoria-prática e a integração entre escolas e instituições formadoras; e contribuir para elevar a qualidade dos cursos de formação de educadores e o desempenho das escolas nas avaliações nacionais e, conseqüentemente, seu IDEB (BRASIL, 2010).

Um diferencial do Programa é a concessão de bolsas não só a alunos e professores das universidades, mas também a professores de escolas públicas que acompanham as atividades dos bolsistas no espaço escolar, atuando como cofomadores no processo de iniciação à docência. Com essa iniciativa, os professores de Educação Básica são inseridos nas políticas de fomento, criando-se um elemento de articulação entre as Instituições de Educação Superior (IES) e as escolas.

Neste cenário os ganhos refletem-se na vida de todos os envolvidos, sejam eles os universitários, pois adquirem experiências e ferramentas necessárias ao enfrentamento das complexas tarefas que lhes serão exigidas na escola, na sociedade e na comunidade. A escola e a comunidade são os outros atores que ganham nessa interrelação, pois como mostrarão os relatos, sentem-se valorizados e tem sua autoestima aprofundada, pois ao receberem apoio em seus estudos, aprendem mais e sentem-se mais confiantes.

Entre os desafios na área, tem-se o ensino de Química para os alunos na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA). Essa modalidade de educação escolar é destinada aos jovens, adultos e idosos que não tiveram acesso ou continuidade de estudos na idade adequada, por inúmeros motivos. É uma modalidade do ensino fundamental e do ensino médio, que permite o reingresso de alunos com idades de mínima de 15 anos para o ensino fundamental e 18 anos para o ensino médio.

A Constituição Federal do Brasil/1988, em seu Art. 205, assegura que

“a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB 9.394/96, em seu Artigo 2º, resguarda a educação inspirada em princípios de liberdade e em ideais de solidariedade humana. Em se tratando mais especificamente da Educação de Jovens e Adultos, tais princípios também devem ser exercidos num esforço de reparação da desigualdade de acesso à educação e ao bem social.

Em seu Artigo 37, a LDB 9.394/96 especifica que “a educação de jovens e adultos, recentemente com a inclusão de Idosos na denominação, sigla - EJA, será destinada àqueles que não tiveram acesso ou continuidade de estudo no Ensino Fundamental e Médio na idade própria”. O Parágrafo primeiro descreve mais designadamente:

§ 1º. Os sistemas de ensino assegurarão gratuitamente aos jovens e aos adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, oportunidades educacionais apropriadas, consideradas as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho, mediante recursos e exames.

Vê-se que se trata de um alunado com características peculiares no que diz respeito ao interesse e às condições de vida e de trabalho.

A Educação de Jovens e Adultos é diferenciada e isso se percebe pelas diretrizes da Proposta Curricular para o EJA, em especial, para o seu 1º segmento (EDUCAÇÃO, 2001, p.31,32). O objetivo desta proposta é oferecer embasamento para a elaboração de programas de educação de jovens e adultos, além resguardar o provimento de materiais didáticos e incentivar a formação de professores para essa modalidade.

Nas sábias palavras de Paulo Freire, o princípio básico para a educação é traduzido nesta célebre frase sua autoria: “A leitura do mundo precede a leitura da palavra”. Isso implica em dizer que a realidade imediata dos adultos e a intenção de problematizar essa realidade são fundamentos principais para o desenvolvimento do ensino com esse público alvo.

O professor, educador de jovens, adultos e idosos, deve trabalhar não só a leitura, a escrita, como também a matemática e todas as ciências, em geral, no sentido de ajudar o aprendiz a problematizar a realidade a sua volta, introduzindo novas informações ao seu saber previamente construído na sociedade em que vive. No que diz respeito, por exemplo, ao ensino das Ciências Sociais e Naturais, evidenciam-se abordagens de conhecimentos imediatamente úteis para os jovens e adultos e a tarefa de orientação para uma compreensão mais abrangente dos fenômenos com base na contribuição de conceitos científicos e de informações das mais diversas fontes (EDUCAÇÃO, 2001, p.33).

Esses aprendizes possuem uma bagagem cultural de suas vivências do dia a dia que é muito valiosa, já que ela os permite viver no mundo letrado mesmo

sem dominar a leitura e a escrita e é isso que precisa ser valorizado. Cabe então a escola e ao professor oferecer um processo pedagógico de qualidade que atenda à especificidade desses aprendizes. Assim sendo, também vale perguntar se o professorado está capacitado para atender a essa demanda.

Neste sentido, é preciso existir uma parceria entre governo e professor no que diz respeito, de um lado, ao oferecimento de cursos de capacitação de formação continuada e, de outro, na busca, por parte do professor, para tal capacitação. A formação docente deve ser compreendida como um suporte importante para o sucesso desse trabalho com a EJA. Não dá para o professor permanecer-se numa visão equivocada de que a sua formação inicial seja o suficiente e que ela tenha validade por toda uma vida profissional.

Além da formação docente insuficiente para a demanda em questão, também podem ser destacados outros desafios enfrentados por professores da EJA: o apoio pedagógico, a infrequência dos alunos, a falta de material adequado à turma, entre outros.

A Educação de Jovens e Adultos é importante para dar oportunidade a quem se encontra na exclusão social e escolar e se condicionou à ignorância como característica indissociável do mundo ao qual está inserido e que nem sente falta do conhecimento formal, pois sua vida (de acordo com que pensa) em nada se transformará. Desse modo, Educação de Jovens e Adultos torna-se essencial não só para dar a essa pessoa uma esperança de transformação como a inserir num contexto de desenvolvimento social, econômico e político do país na luta e contribuição para um mundo menos desigual.

Neste sentido, a escola torna-se responsável pelo desenvolvimento desse sujeito, colocando-o no cenário social de forma instruída e capaz de participar ativamente da vida em todo seu sentido.

Como se vê, um dos desafios que impede o sucesso da EJA parece advir do próprio currículo que não possui uma adaptação adequada dos conteúdos de ensino para esse público excluído da sociedade. Outro se refere à formação inadequada dos professores que não se encontram preparados para o trabalho diferenciado que este público alvo exige. Somados a esses, a educação de jovens e adultos ainda se esbarra na falta de material para desenvolvimento de trabalhos em sala de aula, na ausência constante de alunos, muitas vezes, ocasionada por suas próprias necessidades básicas da vida social, na falta de apoio pedagógico dos responsáveis em auxiliar o trabalho do professor e, por fim, numa visão distorcida de que a educação de jovens e adultos seja igual à educação do ensino comum em seu tempo regular.

Essas dificuldades somente alargam a diferença entre as modalidades de ensino. Numa turma da EJA, o olhar precisa ser mais sensível. O apoio pedagógico ao professor precisa ser prioridade e os alunos precisam de ajuda, já que a sua aprendizagem não acompanha a de uma criança. Esses alunos possuem vivências

simples do dia a dia, as quais precisam ser consideradas no processo de ensino e de aprendizagem.

Desse modo, compreende-se que seja necessário um olhar sobre a capacitação docente. O professor, da sua parte, precisa compreender que é necessário superar os vários desafios da profissão e, para isso, precisa investir-se da formação continuada para conseguir ir adiante e encontrar melhores métodos a serem utilizados de acordo com a demanda deste público alvo.

Sabe-se que é difícil a situação diante de tanto limites que se impõe para a EJA, mas não pode haver espaço para a desistência ou desânimo de ações pelos agentes envolvidos, pois os jovens e adultos necessitam de uma condução para a transformação social do mundo que os afastam da vivência com a diversidade humana e os mantêm divididos pela desigualdade social, política, cultural, étnica, religiosa, entres outras.

3.2 PIBID no ensino de Química

O PIBID vem como uma importante contribuição para atenuar as dificuldades existentes no ensino e aprendizado dessa modalidade. A vivência desse projeto proporcionou aos acadêmicos do curso de Ciências: Biologia e Química, da Universidade Federal do Amazonas, Campus-ISA, um intenso contato com os alunos da EJA, onde observou-se as dificuldades enfrentadas por eles para estarem em sala de aula. Dentre as relatadas, tem-se a abstração com os conceitos de Química, a falta de comunicação com os docentes e as dificuldades em conciliar o trabalho e a vida acadêmica.

Em relação aos professores da escola, os mesmos relatam a estrutura da escola com salas superlotadas, e principalmente a dificuldade em repassar os conteúdos de uma forma em que os alunos compreendessem, ou seja, uma forma mais contextualizada. Verificou-se que muitos desses professores desconsideravam o conhecimento prévio do aluno, e isso acarretava na grande falta de motivação e interesse dos alunos nas aulas.

As experiências adquiridas, segundo os discentes, foram enriquecedoras na formação como futuros docentes, pois os possibilitaram vivenciar a realidade da sala de aula e, confrontar com as teorias aprendidas a fim de colocá-las em prática, quando possível. Ao adentrar em sala de aula, observou-se que muitos alunos não se sentiam interessados em estudar os assuntos de Química e muitas vezes pode-se deparar-se com a situação em que o professor proferia a seguinte frase:

Professor 1: “com esses alunos as aulas devem ser mais leves, pois possuem muita dificuldade de aprendizagem”.

Santos (2016), cita que, para o ensino de química possa ser cumprido com êxito na EJA, é necessário entender as particularidades, as necessidades, as dificuldades e, principalmente, os diferenciais positivos dos alunos, que possuem conhecimentos que precisam ser contextualizados e inter-relacionados com seu cotidiano e suas

ambições futuras.

Verificou-se que os alunos possuíam muita dificuldade, com níveis diferenciados do ensino regular, pois os conteúdos ministrados eram condensados. No entanto, esse fato não impedia que a aprendizagem ocorresse com qualidade. Quando aplicadas em prática, as teorias ministradas na Universidade por meio das atividades do PIBID na escola, foram importantes para que os acadêmicos pudessem ter a certeza de que a vida de um educador não é fácil, por outro lado, segundo os relatos informais:

Relato do acadêmico: “é muito prazeroso saber que, o que estar sendo ensinado contribui na formação de um ser crítico em busca de um futuro que almejamos construir.”

4 | CONCLUSÃO

O PIBID busca contribuir de maneira significativa no desenvolvimento da aprendizagem, o que mostra sua importância à formação cidadã. Esses diferenciais encontrados no programa permitiram que iniciativas inseridas nas metas e objetivos do Projeto *PIBID/Química* pudessem contribuir com o ensino de Jovens e Adultos mostrando-se inerentes ao contexto dos estudantes inseridos.

Paralelamente, essas experiências puderam aproximar o jovem estudante de licenciatura da realidade da sala de aula, na educação básica e fundamental de seu município. As atividades proporcionaram aos alunos uma interação com trocas de conhecimentos uns com os outros, e motivação para o ensino da química, pois, pode-se aplicar na prática os assuntos ministrados em sala, e assim contribuir para formação desses futuros professores.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Eliza Dalmazo Afonso et al. O trabalho docente do professor formador no contexto atual das reformas e das mudanças no mundo contemporâneo. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 91, n. 227, p. 122-143, jan./abr. 2010.

ARROYO, Miguel González. Condição docente, trabalho e formação. In: SOUZA, João Valdir Alves (Org.). **Formação de professores para a educação básica: dez anos da LDB**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007. p. 191-209.

BRASIL – Ministério da Educação e Cultura; Ação Educativa. **Educação para Jovens e Adultos: Ensino Fundamental: Proposta Curricular - 1º Segmento**. 3ª ed. Vera Maria Masagão Ribeiro. (Coord.) Brasília: MEC, 2001; São Paulo: Ação Educativa.

Brasil. [Lei Darcy Ribeiro (1996)]. **LDB: Lei de diretrizes e bases da educação nacional** [recurso eletrônico] : Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. – 10. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Decreto nº 6.755, de 29 de janeiro de 2009. Institui a política Nacional de **Formação**

de Profissionais do Magistério da Educação básica, disciplina a atuação da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES no fomento a programas de formação inicial e continuada, e dá outras providências. Diário oficial da União. Brasília: Casa Civil da Presidência da República, 2009.

EDUCAÇÃO para Jovens e Adultos: Ensino Fundamental: Proposta Curricular - 1º segmento / coordenação e texto final (de) Vera Maria Masagão Ribeiro; — São Paulo: Ação Educativa; Brasília: MEC, 2001. 239p

FERREIRA, A.L. FERREIRA. M.L; BATISTA. P.L **o ensino de química na educação de jovens e adultos (EJA) na escola rotary dr. Thomaz pires, Sousa-PB**, 2016.

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

FRIEDRICH, M.; BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. O Programa Nacional de Inclusão de Jovens PROJOVEM: Uma Análise Entre o Proposto e o Vivido em Goiânia. **Revista Ensaio: avaliação de políticas públicas Educ.** v. 20, n. 74, p. 185-206, Rio de Janeiro,2012.

GATTI, Bernardete A.; BARRETTO, Elba Siqueira de Sá; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazzo Afonso. **Políticas docentes no Brasil: um estado da arte**. Brasília: UNESCO, 2011. p. 13-296.

GATTI, Bernardete Angelina; NUNES, Marina Muniz Rossa (Orgs.). **Formação de professores para o ensino fundamental: estudo de currículo das licenciaturas em pedagogia, língua portuguesa, matemática e ciências biológicas**. São Paulo: FCC, 2009. p. 9-155

OLIVEIRA, S.R.; GOUVEIA, V. P.; QUADROS, A.L. de. Uma reflexão sobre aprendizagem Escolar e o uso de conceito de solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: **concepções dos estudantes. Química nova na escola**, v. 31,n.1, fev.2009

SANTOS, J. P. V.; FILHO, G. R.; AMAURO, N. Q. A educação de Jovens e Adultos e a disciplina de química na visão dos envolvidos. **Revista Química Nova na Escola**. v. 38. n. 3. p. 244-250. 2016.

SCHNETZLER, R.P.; Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. **Em Aberto**, Brasília,v.11.n.55,p.17.22.1992.

SILVA, Airton Marques. Proposta para Tornar o Ensino de Química mais Atraente. **Revista de Química Industrial**, n. 731, p. 7-12, 2011.

OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014

Marcos Barros de Souza

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Presidente Prudente – São Paulo

Daiane de Oliveira Portella

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Presidente Prudente – São Paulo

Miriam Rodrigues Silvestre

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Presidente Prudente – São Paulo

Lúcia Martins Barbatto

Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Presidente Prudente – São Paulo

RESUMO: Este trabalho teve como objetivos traçar o clima urbano da cidade de Presidente Prudente (Estado de São Paulo, Brasil), com ênfase na temperatura do ar; avaliar os casos de ocorrência de paralisia facial periférica (PFP), encaminhados para reabilitação no Centro de Estudos e de Atendimentos em Fisioterapia e Reabilitação (CEAFIR), da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente, nas diversas épocas do ano, ao longo do período de 2012 a 2014; comparar a incidência da PFP em relação às épocas do ano em que ocorreu a patologia;

e comparar a incidência da PFP em relação à temperatura do ar nas diversas épocas do ano. A cidade de Presidente Prudente está situada no oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos de 22°07' de latitude sul e 51°23' de longitude oeste, com área urbana de aproximadamente 60km² e população estimada de 218.960 habitantes. Foi realizado o recorte espacial (pacientes residentes na cidade de Presidente Prudente) e o recorte temporal (entre 2012-2014), sendo que este período foi escolhido em decorrência do aumento considerável de procura por atendimento fisioterapêutico motivado por uma divulgação nos meios de comunicação da cidade de Presidente Prudente e região. Foram atendidos 26 pacientes com encaminhamento médico, sendo 18 mulheres e 8 homens. Os dados climáticos de temperatura do ar, nos diferentes períodos do ano, entre 2012 e 2014, foram levantados de acordo com os disponibilizados na Estação Meteorológica da FCT/UNESP – Campus de Presidente Prudente.

PALAVRAS-CHAVE: Clima urbano. Temperatura do ar. Paralisia facial periférica.

THE OCURENCY OF PERIPHERAL FACIAL PARALYSIS IN RELATION TO THE CLIMATIC CONDITIONS IN THE CITY OF PRESIDENTE PRUDENTE/SP: CASE ANALYSIS IN A

ABSTRACT: The objective of this study was to map the urban climate of the city of Presidente Prudente (State of São Paulo, Brazil), with emphasis on air temperature; to evaluate the occurrence of peripheral facial paralysis (PFP), referred to rehabilitation at the Center for Studies and Assistance in Physiotherapy and Rehabilitation (CEAFIR), Faculty of Sciences and Technology of UNESP - Presidente Prudente Campus, at different times of the year, over the period 2012 to 2014; to compare the incidence of PFP in relation to the times of the year in which the disease occurred; and to compare the PFP incidence in relation to the air temperature at different times of the year. The city of Presidente Prudente is located in the west of the state of São Paulo, between the parallels 22°07' south latitude and 51°23' west longitude, with an urban area of approximately 60km² and an estimated population of 218,960 inhabitants. The spatial cut-out (patients residing in the city of Presidente Prudente) and the temporal cut (between 2012-2014) were performed, and this period was chosen due to the considerable increase in demand for physiotherapeutic care motivated by a media city of Presidente Prudente and region. Twenty-six patients with medical referral were attended, being 18 women and 8 men. Air temperature climatic data, in the different periods of the year, between 2012 and 2014, were surveyed according to those available at Meteorological Station of FCT/UNESP - Presidente Prudente Campus.

KEYWORDS: Urban climate. Air temperature. Peripheral facial paralysis.

1 | INTRODUÇÃO

A cidade de Presidente Prudente está situada no oeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos de 22° 07' de latitude sul e 51° 23' de longitude oeste, com área urbana de aproximadamente 60 km² e população estimada de 218.960 habitantes, segundo dados do IBGE.

Localizada no planalto ocidental, constitui-se essencialmente por rochas do grupo Bauru e dista cerca de 560 km da capital paulista. Com altitude média de 472m acima do nível do mar, seu relevo é formado basicamente por colinas médias, amplas, morrotes alongados e espigões. As colinas amplas estão presentes na porção norte do município, nas margens do Rio do Peixe, e as colinas médias são observadas na extremidade sul onde se encontra o córrego do Cedro e os morrotes e espigões, predominantes no município abrangendo cerca de 80% de seu território (AMORIM, 2000).

Quanto às características da área urbana de Presidente Prudente, esta apresenta grande diversidade de ocupação do solo, pois os bairros mais antigos são densamente construídos e com significativa cobertura vegetal arbórea nas calçadas e quintais.

Devido a dados discrepantes literatura com relação a sazonalidade da paralisia facial periférica (PFP), bem como a escassez de estudos sobre este tema, o presente

trabalho visa analisar a distribuição sazonal dos casos de PFP encaminhados para atendimento fisioterapêutico no CEA FIR.

Em referência à hipótese da pesquisa, esta pesquisa levanta a seguinte indagação: há ou não uma relação da ocorrência de PFP com o clima frio?

Sabe-se que, um dos fatores preponderantes desta condição patológica é a de que, indivíduos expostos à baixas temperatura ou mudanças bruscas de temperaturas (choque térmico) podem sofrer agressão no sétimo nervo craniano e desenvolver a PFP ou PF à frigore.

Desta forma, este estudo teve a intenção de verificar se há relação entre efeitos climáticos e de temperatura no desenvolvimento da paralisia facial periférica, considerando os poucos estudos nesta temática.

Os objetivos do trabalho foram: traçar o clima urbano da cidade de Presidente Prudente (Estado de São Paulo, Brasil), com ênfase na temperatura do ar; avaliar os casos de ocorrência de paralisia facial periférica (PFP), encaminhados para reabilitação no Centro de Estudos e de Atendimentos em Fisioterapia e Reabilitação (CEAFIR), da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente, nas diversas épocas do ano, ao longo do período de 2012-2014; comparar a incidência da paralisia facial periférica (PFP) em relação às épocas do ano em que ocorreu a patologia; comparar a incidência da paralisia facial periférica (PFP) em relação à temperatura do ar nas diversas épocas do ano.

2 | METODOLOGIA

Foi realizado o recorte espacial (pacientes residentes na cidade de Presidente Prudente) e o recorte temporal (entre 2012-2014), sendo que este período foi escolhido em decorrência do aumento considerável de procura por parte de pacientes em encaminhamento médico para atendimento fisioterapêutico no CEA FIR (Centro de Estudos e de Atendimentos em Fisioterapia e Reabilitação) motivado por uma divulgação nos meios de comunicação da cidade de Presidente Prudente e região.

Os dados climáticos de temperatura do ar, nos diferentes períodos do ano, entre 2012 e 2014, foram levantados de acordo com os disponibilizados na Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP – Campus de Presidente Prudente.

3 | CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE

A cidade de Presidente Prudente localiza-se sob um regime de clima tropical, numa área de transição climática, sofrendo a atuação da maioria dos sistemas atmosféricos presentes na América do Sul. Enquanto os sistemas tropicais conferem elevadas temperaturas de primavera e verão, os sistemas extratropicais ocasionam

episódios de invasão das frentes frias e do ar polar no outono e inverno, provocando baixas temperaturas.

A cidade de Presidente Prudente apresenta um clima tropical, com duas estações definidas, um período de verão/outono mais quente (temperaturas médias das máximas entre os 27 °C e 29°C) e muito chuvoso (entre 150 e 200 mm mensais) e inverno ameno (com temperaturas médias das mínimas entre os 16°C e 18°C) e menos úmido (chuvas mensais entre os 20 e 50 mm). Portanto, a sazonalidade climática da cidade pode ser resumida a um período quente e chuvoso entre outubro e março e, outro mais ameno e seco, entre abril e setembro, quando as temperaturas caem com a entrada das massas polares.

Amorim (2000) realizou importante estudo sobre a cidade de Presidente Prudente. Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de dois eixos considerados fundamentais para a caracterização do clima urbano: o primeiro referia-se à análise temporal, através dos dados coletados na Estação Meteorológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP e da literatura existente no assunto; o segundo dizia respeito à análise espacial que resultou de uma pesquisa intra-urbana e rural próxima, para explicitar como os diferentes condicionantes geoecológicos e urbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos.

De acordo com Amorim (2000) as características da temperatura e da umidade relativa demonstraram que Presidente Prudente possui diferenças intra-urbana e rural que permitem demonstrar a existência de um clima urbano específico, fruto da combinação do tipo de uso e ocupação do solo, com a presença ou carência de vegetação, altitude e exposição de vertentes. A associação destes fatores permitiu compreender as anomalias da temperatura e da umidade relativa encontradas na pesquisa de campo em dois meses das estações extremas: janeiro (verão) e julho (inverno). Os tipos de tempo foram responsáveis pelas maiores ou menores magnitudes dos fenômenos conhecidos como ilhas de calor e ilhas de frescor, assim como as ilhas secas e úmidas.

Assim, Amorim (2000) concluiu que Presidente Prudente, como a grande maioria das cidades brasileiras, cresceu sem levar em consideração o seu contexto climático. Nesse contexto o relevo, o uso e a ocupação do solo, e os condicionantes geoambientais e urbanos são fundamentais para caracterizar as diferenças existentes no interior da própria cidade e na zona rural próxima, com o objetivo de diagnosticar as alterações presentes na atmosfera urbana, a fim de contribuir com o planejamento da cidade.

4 | CONCEITUAÇÃO DE PARALISIA FACIAL

A paralisia facial é um distúrbio (paresia) ou uma paralisia total de todos, ou alguns, músculos da expressão facial. A paralisia facial pode ser classificada como

central ou periférica.

A paralisia periférica é causada pela paralisia dos nervos faciais, com incapacidade de fechar o olho e mover o lábio do lado afetado. Alguns dos sintomas iniciais, e mais frequentes da paralisia facial incluem a sensação de dormência ou fraqueza, sensação de pressão ou edema da hemiface afetada, alterações no paladar ou, até mesmo, abolição deste em certas regiões internas da cavidade bucal; intolerância a barulhos, olho ressecado e dores em torno do mesmo, assim como no ouvido do lado afetado. A paralisia facial, normalmente, é causada por um choque térmico, entre outros motivos.

A paralisia facial é uma alteração neurológica, quase sempre passageira, que afeta somente um lado da face, deixando o indivíduo com metade da face sem expressão. Ela pode ser causada por estresse, mudanças na temperatura, AVC ou outros fatores e o seu tratamento consiste na ingestão de medicamentos e sessões de fisioterapia.

Os sintomas da paralisia facial são: boca torta, que é mais evidente quando o indivíduo sorri; boca seca; falta de expressão em um dos lados da face; incapacidade de fechar completamente um dos olhos, de levantar uma das sobrancelhas e de franzir a testa; dor de cabeça; dor na mandíbula; aumento da sensibilidade do som num dos ouvidos. Estes sintomas tendem a regredir em 3 semanas com tratamento adequado.

A paralisia facial ocorre devido ao comprometimento dos nervos da face que deixa os músculos faciais paralisados. Ela pode ocorrer no trajeto do nervo facial ainda dentro do cérebro ou fora dele. Quando ocorre dentro é uma consequência do acidente vascular cerebral e quando ocorre fora é mais fácil de ser tratada e, neste caso, a paralisia é chamada de paralisia facial de Bell.

O diagnóstico da paralisia facial é feito através da observação do indivíduo e, na maioria das vezes, não é necessário realizar exames complementares. Contudo, para certificar-se de que se trata somente de uma paralisia facial pode-se recorrer à ressonância magnética.

O tratamento para a paralisia facial é feito com a ingestão de medicamentos, como a Prednisona, uso de colírios, antivirais e fisioterapia. O uso de colírios ou de lágrimas artificiais é essencial para manter o olho afetado devidamente hidratado e diminuir o risco de lesões na córnea. Para dormir, deve-se aplicar uma pomada receitada pelo médico e usar uma proteção nos olhos, como uma venda, por exemplo. É importante que os exercícios de fisioterapia sejam realizados várias vezes ao dia, todos os dias, para potencializar o tratamento. Os indivíduos que não tiverem remissão dos sintomas em até 3 semanas poderão ficar com sequelas permanentes. O tempo de tratamento varia de 3 meses a 1 ano.

Marques (2015) realizou estudo sobre o estado da arte do tratamento da paralisia facial. Relata que a expressão facial é uma parte essencial da comunicação humana e um dos principais meios de expressar as emoções. Como resultado, uma

disfunção do nervo facial pode ser devastadora e está frequentemente associada à depressão, ao isolamento social e a uma pobre qualidade de vida. Uma interrupção do percurso do nervo facial desde o seu córtex motor até aos músculos da expressão facial é o fator mais comum de paralisia, podendo resultar de variadas etiologias. O tratamento da paralisia facial é uma complexa e desafiante área da cirurgia plástica e diversos procedimentos cirúrgicos têm sido propostos nos últimos anos de modo a conseguir atingir uma reanimação facial adequada. Existem diversas opções de reparação estática ou reanimação dinâmica do nervo facial. Apesar dos avanços que ocorreram nos últimos anos, tem sido muito difícil atingir um nível de funcionalidade superior a 3 na escala de House-Brackmann.

5 | CARACTERIZAÇÃO DA PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA

A paralisia facial periférica (PFP) decorre da interrupção da trajetória nervosa de qualquer um dos segmentos do nervo facial (VII par de nervo craniano) (VALENÇA e VALENÇA, 1999). O acometimento periférico desse nervo craniano resulta em paralisia completa ou parcial da mímica facial ipsilateral a lesão e pode estar associada a: distúrbios da gustação, salivação e lacrimejamento, hiperacusia e hipoestesia no canal auditivo externo (VASCONCELOS et al., 2001).

Segundo Almeida (1992) a paralisia facial periférica (PFP) que se instala abruptamente ou em horas, sem causa infecciosa, traumática ou tumoral, recebe múltiplas designações como paralisia facial periférica idiopática (PFPI), “a frigore”, reumática, isquêmica, virótica ou paralisia de Bell, entre outras. Corresponde a 75% das causas de paralisia facial periférica e é afecção com que se deparam otorrinolaringologistas e neurologistas, havendo, entre ambos os profissionais, divergências quanto ao tratamento.

A PFP requer tratamento especializado e a atuação fisioterapêutica tem como objetivo restabelecer a expressão da mímica facial (GARANHANI et al., 2007).

Segundo Beurskens e Heymans (2004) a fisioterapia é indispensável com o objetivo principal de restabelecer o trofismo, a força e a função muscular. Os recursos sugeridos pela literatura são: cinesioterapia, massagem e eletrotermoterapia, confirmados por ensaio clínico aleatório e revisão sistemática (BEURSKEENS e HEYMANS, 2003; QUINN e CRAMP, 2003).

Os indivíduos com PFP raramente iniciam o tratamento fisioterapêutico no início dos sintomas. Frequentemente, são encorajados a esperar pela auto regressão dos déficits. No entanto, a recuperação completa nem sempre pode ocorrer, especialmente em populações de alto risco como idosos ou que atrasaram a recuperação (BRACH; VANSWEARINGEN, 1999). A fisioterapia para pacientes com PFP tradicionalmente tem sido exigida através de exercícios gerais para a musculatura da expressão facial ou eletroestimulação (BRACH; VANSWEARINGEN, 1999).

O nervo facial é o responsável pela inervação motora da maioria dos músculos

da face e seu comprometimento pode acarretar transtornos sensitivos, motores, psicológicos, comportamentais e sociais. Assim, é fundamental uma adequada intervenção clínica para a efetiva recuperação dessa disfunção (BRACH et al., 1997).

O grau de recuperação da função do nervo facial depende de inúmeros fatores. Para Valença e Valença (1999) a idade do paciente, o tipo de lesão, da etiologia, a nutrição do nervo, o comprometimento neuromuscular e a terapêutica instituída representam os fatores determinantes do prognóstico terapêutico. Ribeiro (1999) afirmou que o tempo médio de recuperação do nervo facial pode durar de 15 dias até quatro anos. Cohen (2001) observou em 95 casos revisados com gestantes, a recuperação completa da paralisia de Bell (a forma idiopática da PFP) em 56 mulheres (58,9%) dentro de quatro meses ou menos. Em um estudo de 36 pacientes com paralisia facial periférica usando a cinesioterapia, observou-se a recuperação parcial em 83,3% dos participantes após 15 dias, e a recuperação total em 63,8%, após 30 dias de fisioterapia (GÓMEZ-BENITEZ et al., 1995).

Amorim (2007) relata que a paralisia facial periférica é o acometimento total ou parcial dos músculos de uma hemiface provocando perda dos movimentos da musculatura da face, ou seja, uma paralisia dos músculos mímicos ocasionando uma assimetria da face ou imobilidade, modificando a expressão fisionômica do paciente onde se tem um dano funcional e estético. Não apresenta uma etiologia definida, porém esta associada a diversos fatores como os tumorais, traumáticos, congênitos, infecciosos, etc. Os sinais e sintomas que são característicos da paralisia facial periférica se devem ao acometimento do VII par craniano (nervo facial). A reabilitação do quadro atualmente é realizada por técnicas de fisioterapia e, aos poucos, com a integração da acupuntura. Independente do tratamento aplicado o objetivo é o retorno da expressão facial do paciente e em 80% dos casos se obtém a regressão das manifestações clínicas.

Almeida (1992) realizou estudos no qual apresentou 83 casos de paralisia facial periférica “a frigore” ocorridos em Petrópolis, cidade montanhosa de clima tropical, sem estação seca, com média de temperatura 10°C a 23°C. Faz relação delas com viroses que ocorrem durante o ano. Cinquenta e seis pacientes são de sua clínica e têm “follow up”, enquanto 25 outros são pacientes de outra clínica, para os quais são relatados apenas o início de instalação da paralisia, o sexo, o lado e a idade. Mostra que a maior incidência ocorreu nos meses de maio, agosto, setembro e outubro. Faz também considerações sobre a etiologia, incidência, prevalência, conduta, terapêutica e resultados na paralisia facial periférica.

A paralisia facial periférica, em relação ao acometimento segundo o gênero, estima-se uma prevalência ligeiramente maior entre as mulheres e sua incidência é bimodal, com picos na terceira e oitava décadas de vida. Não há consenso entre a faixa etária acometida. A etiologia da paralisia facial periférica é bastante diversificada, englobando as causas idiopáticas (74%), herpes zoster (12%), traumáticas (5%), outras viroses (2%), neonatais (2%), otite média (2%) e sarcoidose (1%).

Alguns estudos experimentais apoiam a hipótese da relevância etiopatogênica de baixas temperaturas, que podem estar relacionados a uma maior incidência de PFP durante o período mais frio do ano.

Porém, as associações entre o risco de desenvolver paralisia de Bell e sazonalidade, ao fator geográfico, racial, étnico e ambiental, em especial, a associação de temperaturas mais baixas com uma maior incidência de PFP continua a ser uma questão de debate, uma vez que há poucos estudos realizados para investigar a possível relação entre fatores meteorológicos e patógenos da paralisia facial periférica.

6 | RESULTADOS

Foram atendidos 26 pacientes com encaminhamento médico, sendo 18 mulheres e 8 homens.

Após avaliação inicial, por meio de Ficha de Avaliação elaborada especialmente para esta finalidade, foi possível verificar que a etiologia (causa) da paralisia facial periférica ocorreu por choque térmico (15 pacientes), choque térmico e stress (2 pacientes), stress (2 pacientes), choque térmico e diabetes (1 paciente), herpes zoster (1 paciente), gravidez (1 paciente) e causa desconhecida (4 pacientes).

Na análise do topodiagnóstico (localização anatômica precisa da lesão) foi possível verificar que o acometimento da lesão na face ocorreu no lado direito (14 pacientes) e no lado esquerdo (12 pacientes).

A faixa etária dos pacientes foi: 10 a 19 anos (4 pacientes), 20 a 29 anos (5 pacientes), 30 a 39 anos (2 pacientes), 40 a 49 anos (4 pacientes), 50 a 59 anos (3 pacientes), 60 a 69 anos (6 pacientes), 70 a 79 anos (1 paciente) e 80 a 89 anos (1 paciente).

Analisando a ocorrência da paralisia facial periférica nos meses do ano, verificou-se que dos 26 pacientes atendidos: 02 em janeiro; 02 em fevereiro; 01 em março; 04 em abril; 01 em maio; 01 em junho; 01 em julho; 04 em agosto; 01 em setembro; 05 em outubro; 02 em novembro; e 02 em dezembro.

Considerando a sazonalidade climática da cidade, ou seja, período quente e chuvoso, entre outubro e março e período mais ameno e seco, entre abril e setembro, quando as temperaturas caem com a entrada das massas polares, verificou-se incidência maior entre o período quente e chuvoso (outubro e março), em 14 pacientes e ligeiramente menor mais ameno e seco (abril a setembro), em 12 pacientes.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser verificada a etiologia (causa) da maior incidência de paralisia facial periférica por choque térmico em 18 pacientes de um total de 26 pacientes

atendidos no CEA FIR, no período de 2012 a 2014, não foi possível estabelecer uma relação entre o clima e a temperatura com a incidência da lesão, conforme estudos realizados por Campbell e Brundage (2002), sendo imprescindíveis estudos mais aprofundados nesta temática.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Marco Aurélio Marzullo de. Paralisia facial periférica em Petrópolis. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 60-64, 1992. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/anp/v50n1/11.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- AMORIM, Francimeire Tavares Ramalho. **Paralisia facial periférica: tratamento através da acupuntura e fisioterapia**. Recife: Centro Integrado de Terapias Energéticas (CITE), 2007. 48p. Monografia (Especialização em Acupuntura). Disponível em: <http://www.institutolongtao.com.br/arquivos/24072013010448.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 374p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- BEURSKENS, C. H. G.; HEYMANS, P. G. Physiotherapy in patients with facial nerve paresis: description of outcomes. **American Journal Otolaryngology**, v. 25, n. 1, p. 394-400, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196070904000730?np=y&npKey=ac2cfc994644e13cf524f98f980b003a57681e2e4fc9b48ea1c99782d2166762>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- BRACH, J. S.; VANSWEARINGEN, J. M. Physical therapy for facial paralysis: a tailored treatment approach. **Physical Therapy**, v. 79, n. 4, 1999. Disponível em: https://www.academia.edu/23413876/Physical_Therapy_for_Facial_Paralysis_A_Tailored_Treatment_Approach. Acesso em: 28 jan. 2017.
- BRACH, J. S.; VANSWEARINGEN, J. M.; DELITTO, A.; JOHNSON, P. C. Impairment and disability in patients with facial neuromuscular dysfunction. **Otolaryngology-Head and Neck Surgery**, v. 117, n. 3, p. 315-321, 1997. Disponível em: [http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1016/S0194-5998\(97\)70119-0](http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1016/S0194-5998(97)70119-0). Acesso em: 28 jan. 2017.
- CAMPBELL, K. E.; BRUNDAGE, J. F. Effects of climate, latitude, and season on the incidence of Bell's palsy in the US Armed Forces, October 1997 to September 1999. **American Journal of Epidemiology**, v. 156, n. 1, p. 32-39, 2002. Disponível em: <https://academic.oup.com/aje/article/156/1/32/73087/Effects-of-Climate-Latitude-and-Season-on-the>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- COHEN, H. **Neurociência para fisioterapeutas**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.
- GARANHANI, M. R.; CARDOSO, J. R.; CAPELLI, A. M. G.; RIBEIRO M. C. Fisioterapia na paralisia facial periférica: estudo retrospectivo. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 73, n. 1, p. 112-115, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rboto/v73n1/a18v73n1.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- GÓMEZ-BENITEZ, D. A.; RIVAS, J. A. C.; GARCIA, E. F.; PENÃ, D.; MARITZA, S.; TORRES, L. M.; PANTALEON, Z. Terapia física en una población de pacientes con parálisis facial periférica. **Revista Medica Dominicana**, v. 56, n. 1 p. 22-24, 1995. Disponível em: <https://www.bvs.org.do/revistas/Rmd/1995/56/01/RMD-1995-56-01-022-024.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- MARQUES, Ana Rita Ribeiro. **Estado da arte do tratamento da paralisia facial**. 2015. 39f. Dissertação (Mestrado em Medicina - Área: Cirurgia Plástica, Reconstructiva e Estética). Faculdade de Medicina. Universidade do Porto, Porto, 2015. Disponível em: https://sigarra.up.pt/ffup/pt/pub_geral.

show_file?pi_gdoc_id=538429. Acesso em: 28 jan. 2017.

QUINN, R.; CRAMP, F. The efficacy of electrotherapy for Bells palsy: a systematic review. **Physical Therapy Reviews**, v. 8, n. 3, p. 151-164, 2003. Disponível em: <http://www.crd.york.ac.uk/CRDWeb/ShowRecord.asp?AccessionNumber=12004008315>. Acesso em: 28 jan. 2017.

RIBEIRO, E. C.; CASSOL, M. Enfoque fisioterápico & fonoaudiólogo na paralisia facial periférica. **Arquivos da Fundação Otorrinolaringologia**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 46-52, 1999. Disponível em: http://www.arquivosdeorl.org.br/conteudo/pdfForl/1999_0303_10.pdf. Acesso em: 28 jan. 2017.

VALENÇA, M. M.; VALENÇA, L. P. A. A. Nervo facial: aspectos anatômicos e semiológicos. **Revista Neurobiologia**, Recife, v. 62, n. 2, p. 77-84, 1999.

VASCONCELOS, B. E. C.; DIAS, E.; DANTAS, W. R. M; BARROS, E. S.; MONTEIRO, G. Q. M. Paralisia facial periférica traumática. **Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial**, Pernambuco, v. 1, n. 2, p. 13-20, 2001. Disponível em: <http://www.revistacirurgiabmf.com/2001/v1n2/v1n2.2.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2017.

APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Robson Cabral Severo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – RN

Leonardo Vale de Araujo

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte
João Câmara – RN

Rafael The Bonifácio de Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte
Ceará-Mirim – RN

RESUMO: Podemos definir um circuito elétrico como sendo um caminho fechado para a corrente elétrica. No começo do século XIX, o físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) descobriu duas leis que determinam a resistência elétrica dos condutores. Para tanto, é necessário conhecer um pouco acerca das grandezas envolvidas tais como corrente, tensão, resistência e potência elétrica. Também vale ressaltar que a abordagem de sistemas lineares, muitas vezes, é feita de forma fechada sendo baseado apenas na resolução de equações lineares sem nenhuma aplicação. Problemas como a resolução de circuitos elétricos entre outros parecidos podem ser resolvidos, com a aplicação de equações lineares. O presente trabalho tem por objetivo mostrar como os sistemas lineares podem ser

aplicados na resolução de circuitos elétricos além de dar subsídios para melhorar sua abordagem pelos professores de matemática. Para tanto, serão aplicadas as chamadas Leis de Kirchhoff (lei dos nós e das malhas) para a obtenção de um sistema de linear, para que assim possamos chegar a um sistema de equações possível e determinado, sendo possível, assim, sua resolução.

PALAVRAS-CHAVE: circuitos; engenharia; sistemas.

APPLICATION OF LINEAR SYSTEMS IN CONTINUOUS CURRENT ELECTRIC CIRCUITS

ABSTRACT: We can define an electric circuit as being a closed path for the electric current. In the early nineteenth century, the German physicist Georg Simon Ohm (1787-1854) discovered two laws that determine the electrical resistance of conductors. For this, it is necessary to know a little about the quantities involved such as current, voltage, resistance and electrical power. It is also worth emphasizing that the approach of linear systems is often done in a closed way, being based only on the resolution of linear equations without any application. Problems such as the resolution of electric circuits among other similar ones can be solved, with the

application of linear equations. The present work aims to show how linear systems can be applied in the resolution of electric circuits besides giving subsidies to improve their approach by mathematics teachers. To do so, we will apply the so-called Laws of Kirchhoff (law of nodes and meshes) to obtain a linear system, so that we can arrive at a system of possible and determinate equations, thus being possible to solve them.

KEYWORDS: circuits; engineering; systems.

1 | INTRODUÇÃO

Frequentemente é possível observar situações em que se está interessado em encontrar uma aplicação de certo objeto matemático para ser aplicado, que não seja apenas dentro da própria matemática. Trata-se de uma necessidade de utilizar os conceitos matemáticos para entender certos fenômenos, fazer previsões, dentre outras necessidades.

Atualmente, é cada vez maior a busca por maneiras de mostrar que os conteúdos matemáticos estão presentes nas mais diversas situações do dia-a-dia, ou seja, que os assuntos estudados não se restringem somente à sala de aula. É uma área conhecida como Matemática Aplicada.

É extremamente comum que os estudantes de engenharia ou cursos relacionados em algum momento se deparem com situações de “resolver um circuito elétrico”. Na engenharia e ciências afins, tal expressão significa obter os valores das correntes e quedas de tensão em um circuito elétrico.

Vetores, espaços vetoriais, espaços vetoriais euclidianos, transformações lineares, operadores lineares, vetores próprios e valores próprios, formas quadráticas, matrizes, determinantes e sistemas de equações lineares são os objetos de estudo da álgebra linear (SANTOS; PRIMO, 2017). Vale ressaltar que apenas os três últimos serão tratados neste artigo.

Diante disso, este trabalho pretende mostrar uma aplicação da álgebra linear: os sistemas lineares. Estes constituem objetos de grande importância que auxiliam na resolução de circuitos elétricos de corrente contínua. Neste artigo não será tratado os circuitos em corrente alternada.

2 | MODELOS LINEARES

Em várias aplicações da engenharia são utilizados modelos para descrever características de um sistema. Dessa forma, é necessário diferenciar modelos lineares dos modelos não lineares. Um modelo é considerado linear quando atende aos princípios da superposição e da homogeneidade (DORF, 2012). Considere o sistema apresentado na Figura 1.

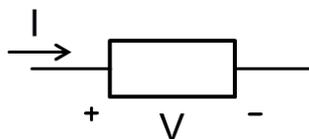


Figura 1 – Dispositivo com uma corrente I e uma tensão V em seus terminais.

Supondo inicialmente que uma corrente I_1 seja aplicada e produza em seus terminais uma tensão V_1 . Agora uma corrente I_2 flui pelo dispositivo gerando uma tensão V_2 . Para que o sistema atenda ao princípio da superposição é necessário que:

$$I_1 + I_2 \rightarrow V_1 + V_2 \quad (1)$$

É necessário também que, para que o componente seja considerado linear, atenda ao princípio da homogeneidade. Para tal, considerando o mesmo dispositivo da Figura 1, uma corrente $k.I$ aplicada deve produzir uma tensão de valor $k.V$ para que o princípio seja atendido.

$$k.I \rightarrow k.V \quad (2)$$

Portanto é possível concluir que os circuitos analisados, ao longo do trabalho, atendem ao princípio da superposição e da homogeneidade, sendo assim lineares.

3 | CIRCUITOS RESISTIVOS

Como mencionado na introdução, este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise dos circuitos de corrente contínua (C.C.), mais especificamente nos circuitos resistivos. Dessa forma, é necessário apresentar (inicialmente) alguns conceitos e leis para o entendimento e análise de tais circuitos.

a. Lei de Ohm

Em 1826, o físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854), determinou a relação tensão-corrente para o resistor, baseado em experimentos que foram publicados em 1827. O trabalho apresentado conseguiu afirmar que a diferença de potencial (tensão) nos terminais de um resistor é diretamente proporcional a corrente que passa por ele (SADIKU, 2013). Isto é:

em que a constante de proporcionalidade é conhecida como a resistência elétrica R . Logo, a expressão matemática que caracteriza essa lei é dada por:

$$v = R \cdot i \quad (4)$$

a unidade da resistência é dada em Ohm (Ω), a tensão é dada em Volt (V) e a corrente em Ampère (A). É importante destacar que a resistência elétrica é a propriedade física de um determinado resistor que representa a capacidade de se opor à passagem de corrente. Outro ponto a ser considerado é que existem resistores lineares (conhecidos como resistores Ôhmicos) e resistores não-lineares (resistores Não-Ôhmicos) como é possível visualizar nas curvas características apresentadas na Figura 2. A curva característica apresentada em (a) diz respeito a um resistor que obedece à primeira Lei de Ohm, enquanto em (b) isso não se aplica.

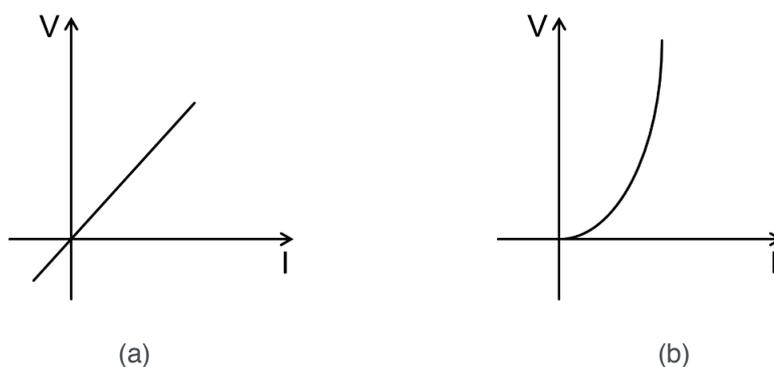


Figura 2 – Curva característica de um: (a) resistor linear; (b) resistor não-linear.

A Lei de Ohm é fundamental para análise de circuitos em corrente contínua, entretanto, ela sozinha não é suficiente para determinar as equações provenientes de circuitos com mais de uma malha. Para isso deve-se conhecer as Leis de Kirchhoff e aplicá-las para solucionar os circuitos desejados.

b. Leis de Kirchhoff

A primeira e segunda Lei de Kirchhoff foram apresentadas em 1847, pelo professor da Universidade de Berlim Gustav Robert Kirchhoff, estabelecendo uma relação entre a lei da conservação de carga e energia respectivamente. Antes de apresentar as leis é importante estabelecer três conceitos básicos para a análise de circuitos. O primeiro é o conceito de nó, que nada mais é do que um ponto do circuito que conecta dois ou mais dispositivos. Em seguida, a definição de ramo, que corresponde ao trecho do circuito que conecta dois nós. Por último, a malha ou laço é o trecho ou caminho fechado iniciando de um nó ou qualquer outro ponto do

circuito e terminando no mesmo ponto que começou.

Tendo esses conceitos esclarecidos é possível afirmar que, de acordo com Kirchhoff em sua primeira Lei (também conhecida como Lei dos Nós), a soma algébrica das correntes de todo nó de um circuito é sempre igual à zero. Logo é possível concluir que:

$$\sum_{n=1}^N I_n = 0 \quad (5)$$

, em que N é o número de ramos conectados ao nó analisado e I_n é a n -ésima corrente que chega ou sai do nó. Normalmente, considera-se (por convenção) que as correntes que chegam ao nó são positivas e as que saem negativas. Entretanto isso muda dependendo do autor. É possível afirmar também, por meio dessa Lei, que a soma das correntes que chegam ao nó é igual à soma das correntes que saem desse nó.

Já a segunda Lei de Kirchhoff (também conhecida como Lei das Malhas) diz que a soma algébrica das tensões ao longo de uma malha é sempre igual à zero. Desta forma

$$\sum_{m=1}^M V_m = 0 \quad (6)$$

, em que M é o número de tensões presentes ao longo da malha analisada e V_m é a m -ésima tensão. Conclui-se, por meio desta Lei, que a soma das elevações de tensão é igual à soma das quedas de tensão em uma malha.

4 | DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A necessidade de encontrar as grandezas elétricas em um circuito implicará na resolução de um sistema de equações lineares. Com isso, definimos a igualdade a seguir:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b \quad (1)$$

é uma Equação Linear, na qual x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis; a_1, a_2, \dots, a_n são os respectivos coeficientes das variáveis e b é chamado de termo independente.

Assim, um sistema linear com equações e variáveis, é um conjunto do tipo:

neste caso, trata-se da resolução de circuitos de corrente contínua.

A seguir, será apresentada a ferramenta conhecida como *Método da Eliminação de Gauss* o qual é utilizado para a resolução de sistemas lineares.

Considerando a matriz dos coeficientes, (4), o método de Gauss consiste em fazer convenientemente operações com as linhas da matriz afim de obter uma matriz triangular superior equivalente à matriz dada (SANTOS, 2016).

Para aplicar o método de Gauss, será necessário realizar seguintes operações elementares:

- Permutar duas linhas ou duas colunas;
- Multiplicar uma por uma constante não-nula;
- Adicionar um múltiplo de uma linha a outra linha.

Para triangularizar a matriz dos coeficientes pelo método de Gauss, segue-se os passos seguintes (SANTOS, 2016):

1. Eliminação da primeira coluna:

Supondo que $a_{11} \neq 0$ (pivô), eliminamos a incógnita x_1 das últimas $n - 1$ equações fazendo:

$$L_i \leftarrow L_i - \frac{a_{i1}}{a_{11}} \cdot L_1, \quad i = 2, \dots, n$$

onde L_i é a i -ésima linha do sistema de equações. Em se tratando dos coeficientes para cada $i = 2, \dots, n$ temos:

$$\begin{aligned} a_{ij}^2 &= a_{ij} - \frac{a_{i1}}{a_{11}} \cdot a_{1j}, & j &= 2, \dots, n \\ b_i^2 &= b_i - \frac{a_{i1}}{a_{11}} \cdot b_1. \end{aligned}$$

onde o índice 2 indica o valor atualizado de a_{ij} e b_i neste passo. Com isso, o sistema ganha a seguinte configuração:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{22}^2x_2 + \dots + a_{2n}^2x_n = b_2^2 \\ \vdots \\ a_{n2}^n x_2 + \dots + a_{nn}^n x_n = b_n^n \end{cases}$$

2. Eliminação da segunda coluna:

Supondo $a_{22}^2 \neq 0$ (pivô), eliminamos a incógnita x_2 das últimas $n - 2$ equações fazendo:

$$L_i \leftarrow L_i - \frac{a_{i2}^2}{a_{22}^2} \cdot L_1, \quad i = 3, \dots, n$$

em se tratando dos coeficientes, para cada $i = 3, \dots, n$ temos:

$$a_{ij}^3 = a_{ij}^2 - \frac{a_{i2}^2}{a_{22}^2} \cdot a_{2j}^2, \quad j = 3, \dots, n$$

$$b_i^3 = b_i^2 - \frac{a_{i2}^2}{a_{22}^2} \cdot b_2^2.$$

onde o índice 3 indica o valor atualizado de a_{ij} e b_i neste passo. Com isso, o sistema ganha a seguinte configuração:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \quad a_{22}^2x_2 + a_{23}^2x_3 + \dots + a_{2n}^2x_n = b_2^2 \\ \quad \quad a_{33}^3x_3 + \dots + a_{3n}^3x_n = b_3^3 \\ \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \quad \quad a_{n3}^n x_n + \dots + a_{nn}^n x_n = b_n^n \end{array} \right.$$

3. Eliminação da k-ésima coluna:

Supondo agora $a_{kk}^k \neq 0$ (pivô), eliminamos a incógnita x_k das últimas $n - k$ equações fazendo:

$$L_i \leftarrow L_i - \frac{a_{ik}^k}{a_{kk}^k} \cdot L_1, \quad i = k + 1, \dots, n$$

em se tratando dos coeficientes, para cada $i = k + 1, \dots, n$ temos:

$$a_{ij}^{k+1} = a_{ij}^k - \frac{a_{ik}^k}{a_{kk}^k} \cdot a_{2j}^k, \quad j = k + 1, \dots, n$$

$$b_i^{k+1} = b_i^k - \frac{a_{ik}^k}{a_{kk}^k} \cdot b_2^k.$$

onde o índice 3 indica o valor atualizado de a_{ij} e b_i neste passo. Com isso, o sistema ganha a seguinte configuração:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \quad a_{22}^2x_2 + a_{23}^2x_3 + \dots + a_{2n}^2x_n = b_2^2 \\ \quad \quad a_{33}^3x_3 + \dots + a_{3n}^3x_n = b_3^3 \\ \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \quad \quad a_{nn}^n x_n = b_n^n \end{array} \right.$$

No caso de um pivô ser nulo, deve-se obter um pivô não nulo intercambiando a posição com uma das linhas inferiores.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar as discussões, vamos calcular as correntes no circuitos elétrico a seguir:

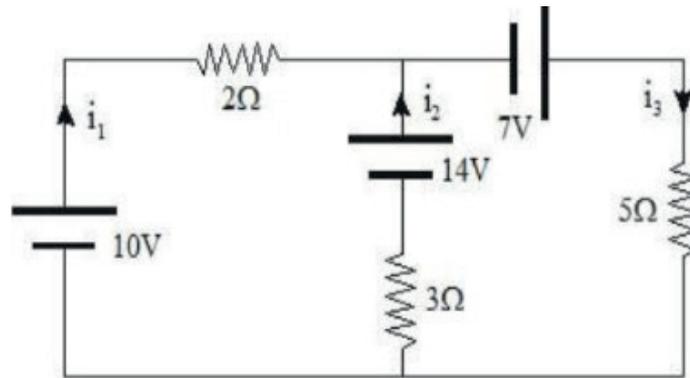


Figura 3 – Circuito elétrico.

Aplicando as leis de Kirchhoff, ficamos com o sistema a seguir (já simplificado):

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$2I_1 - 3I_2 = -4$$

$$3I_2 + 5I_3 = 21$$

Aplicando agora o método de eliminação de Gauss, eliminamos a primeira coluna da segunda equação:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$0I_1 - 5I_2 + 2I_3 = -4$$

$$3I_2 + 5I_3 = 21$$

A seguir, vamos eliminar a segunda coluna da terceira equação:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$0I_1 - 5I_2 + 2I_3 = -4$$

$$0I_1 + 0I_2 + \frac{31}{5}I_3 = \frac{93}{5}$$

Resolvendo a terceira equação e substituindo os resultados nas demais, encontra-se como resultados $I_2 = 1A$, $I_2 = 2A$ e $I_3 = 3A$.

Como pôde ser observado, este trabalho teve como objetivo abordar os modelos lineares utilizados para representar os dispositivos de um circuito elétrico. Após uma breve definição de circuitos, metodologia de resolução e exemplificação, esperamos que o leitor deste consiga aplicar a Álgebra Linear na resolução de circuitos elétricos de corrente contínua.

Com o dispositivo prático apresentado é possível, além de resolver problemas de diversos tipos inerentes ao tema, avançar muito mais, criando até mesmo algoritmos computacionais de resolução, utilizando-se de laços para eliminações de colunas e, conseqüentemente, variáveis.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos ter reforçado acerca da importância dos sistemas lineares e suas aplicações nos circuitos elétricos de corrente contínua, tanto para o campo da engenharia quanto nos mais variados campos das ciências, uma vez que esse assunto é muito importante para diversas áreas de várias engenharias e áreas afins.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 896 p.

BOLDRINI, José Luiz et al. **ÁLGEBRA LINEAR**. 3. ed. São Paulo: Harbra, 1980. 411 p. Departamento de Matemática da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

DORF, Richard C.; SVOBODA, James A. **INTRODUÇÃO AOS CIRCUITOS ELÉTRICOS**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 836 p.

IRWIN, J David. **Análise de Circuitos Em Engenharia**. 4. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1999.

SANTOS, Linovaldo Coêlho dos. **Uma ferramenta computacional para o cálculo e treinamento do método de escalonamento de Gauss**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Colegiado de Matemática, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2016.

SANTOS, Wanderson Vieira Dias; PRIMO, Aislan Silva. APLICAÇÃO DA ÁLGEBRA LINEAR NA ENGENHARIA ELÉTRICA: ANÁLISE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS EM CORRENTE CONTÍNUA. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 4, n. 2, p.25-36, out. 2017. Anual.

DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA

Vinicius da Silva Freitas
Rafael Alves da Rocha
Marcelo Augusto da Silva Cunha
Bruno Matos de Faria

INTRODUÇÃO

Edificada para ser um dos legados olímpicos, a Ciclovia Tim Maia foi inaugurada em janeiro de 2016, cinco meses antes da abertura dos Jogos Olímpicos, unindo o bairro do Leblon a São Conrado em um primeiro trecho e de São Conrado a Barra da Tijuca em seu trecho final. O trecho inaugurado como legado pertence ao plano de mobilidade cicloviária que consiste em unir a orla carioca em uma única malha que vai das praias do Leme (na zona sul) ao Pontal no Recreio dos Bandeirantes (zona oeste).

O trecho que une o Leblon a São Conrado, desenvolve-se sobre o costão rochoso da Avenida Niemeyer, tem extensão de aproximadamente 4 km e sua execução teve um custo de R\$45 milhões. Em abril de 2016, apenas três meses após sua inauguração, um trecho de aproximadamente 50 metros desabou fazendo duas vítimas fatais. Após o desabamento, verificou-se que a mesma

apresentava diversas patologias que poderiam ter sido sanadas se em sua concepção projetual houvessem sido consideradas todas as condicionantes a que a estrutura estaria submetida. Questões como métodos construtivos e materiais mais adequados a resistir as intempéries de clima e tempo a que a estrutura está condicionada e consulta ao regime de marés no local que possibilitassem estimar a força e intensidade das ondas que poderiam vir a atingir a estrutura. O presente artigo pretende construir um diagnóstico referente aos condicionantes geológicos que contribuíram para o colapso estrutural da ciclovia em questão, ressaltando os métodos que poderiam ter sido utilizados para evitar tal catástrofe.

Em fevereiro de 2018, ocorreu um novo desabamento na Ciclovia Tim Maia, no trecho da Praia do Pepino, na saída do Elevado do Joá, dessa vez, ocasionado após fortes chuvas que ocorreram na cidade.

Construir no litoral sempre foi um grande desafio, sobretudo por conta das agressões naturais e instabilidades encontradas no solo. No Rio de Janeiro, além de todos esses fatores que já contraindicam as construções litorâneas, ainda temos que considerar que o intervalo entre os grandes maciços rochosos e

o litoral do Rio de Janeiro tem uma extensão muito curta, e essas partes planas do território são extremamente ocupadas por edificações dificultando o escoamento das águas superficiais e sua infiltração no solo.

No Rio de Janeiro, a erosão hídrica é muito preocupante, pois o Brasil apresenta um clima tropical e a cidade localiza-se na região sudeste onde a ocorrência e quantidade de chuva é bem expressiva, sobretudo nos meses de verão.

Esse tipo de Erosão ocorre em três principais etapas, que são:

- Desprendimento ou desagregação do solo;
- Transporte de sedimentos;
- Deposição de sedimento.

O rompimento do solo que a ciclovia apresentou foi característico de uma erosão hídrica haja visto que o mesmo ocorreu após uma forte chuva na cidade do Rio de Janeiro. Sendo assim, fica evidente que os sistemas que controlam os fluxos de água na cidade são sistemas deficientes e mal planejados para atender a tal demanda. Este segundo desabamento, poderia ter sido evitado se o levantamento geológico do local a que a estrutura está condicionada tivesse sido efetivamente considerado de maneira adequada por parte dos órgãos responsáveis por sua construção.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclovia - Geologia - Condicionantes

ABSTRACT: Built to be one of the Olympic legacies, Tim Maia Bike Lane was inaugurated in January 2016, five months before the opening of the Olympic Games, linking the neighborhood of Leblon to São Conrado in a first section and from São Conrado to Barra da Tijuca in its final section. The segment inaugurated as a legacy belongs to the bicycle mobility plan that consists of joining the Carioca coast in a single mesh from Leme beaches (in the south) to Pontal in Recreio dos Bandeirantes (west zone).

The section that connects Leblon to São Conrado, develops on the rocky shore of Niemeyer Avenue, has an extension of approximately 4 km and its execution cost R\$ 45 million. In April 2016, just three months after its inauguration, a stretch of approximately 50 meters collapsed making two fatal victims. After the collapse, it was verified that it presented several pathologies that could have been healed if in its design had been considered all the conditions to which the structure would be submitted. Questions such as constructive methods and materials are more adequate to withstand the weather conditions to which the structure is conditioned and to consult the tidal regime in the place that would make it possible to estimate the force and intensity of the waves that could reach the structure. The present article intends to construct a diagnosis referring to the geological conditions that contributed to the structural collapse of the bicycle lane in question, highlighting the methods that could have been used to avoid such catastrophe.

In February 2018, a new collapse occurred in Tim Maia Bike Lane, in front

of Pepino Beach, at the exit of Joá Highway, this time, caused by heavy rains that occurred in the city.

Building on the coast has always been a great challenge, especially because of the natural aggressions and instabilities found in the soil. In Rio de Janeiro, besides all these factors, we still have to consider that gap between the great rocky massifs and the coast of Rio de Janeiro has a very short extension, and these flat parts of the territory are extremely occupied by buildings making it difficult to dispose of surface water and its infiltration into the soil.

In Rio de Janeiro, water erosion is very worrying, because Brazil has a tropical climate and the city is located in the southeast region where the occurrence and amount of rain is very expressive, especially in the summer months.

This type of erosion occurs in three main stages, which are:

- Release or disintegration of the soil;
- Sediment transport;
- Sediment deposition.

The rupture of the soil that the bike lane presented was characteristic of a water erosion, since the same occurred after a heavy rain in the city of Rio de Janeiro. Thus, it is evident that the systems that control water flows in the city are deficient and poorly managed to meet such demand. This second collapse could have been avoided if the geological survey of the site to which the structure is conditioned had been effectively considered appropriately by those responsible for its construction.

KEYWORDS: Bike lane - Geology – Conditioners

OBJETIVOS:

Geral:

Analisar os fatores geológicos da Zona Sul do Rio de Janeiro e os motivadores que influenciaram na queda da Ciclovia.

Específicos:

- Compreender as dinâmicas geológicas características da Zona Sul da Cidade do Rio de Janeiro
- Analisar medidas preventivas para construção em encostas e preparo do solo.
- Avaliar as falhas cometidas pelos processos construtivos executados.

METODOLOGIA

O artigo desenvolvido trata-se de uma pesquisa com caráter exploratório, onde a mesma propõe por meio de bibliografia e temas relacionados identificar as principais causas dos acidentes que a estrutura foi condicionada. Como o objeto de investigação é pouco desenvolvido as considerações e citações relevantes são de temas macro-relacionados, que justificam de forma global o ocorrido, ou seja, que não trabalham de forma direta o objeto de estudo, mas que trazem considerações significativas ao tema.

Entender a macrorregião e mapear esse condicionamento estrutural é crucial ainda na idealização da obra em questão, pois reconhecer essas dinâmicas é o mesmo que garantir um bom funcionamento da arte edificada. O caráter exploratório visa construir uma pesquisa disposta a analisar situações problemas e principalmente avaliar a questão como um todo, ressaltando as descon siderações ou erros de execução que acarretam em acidentes ou patologias, que muitas das vezes põem em risco a vida dos indivíduos que a utilizam.

A Cidade do Rio de Janeiro é considerada como sendo um “acidente geológico” por conta de seus maciços sinuosos, trás em suas características peculiaridades geológicas e uma desuniformidade em um espaço curto, o que dificulta no mapeamento desses comportamentos característicos do solo em questão. Por isso a tenuidade entre a idealização e o reconhecimento do campo tornam-se cruciais para esse tipo de execução. Os Autores como Marques & Souza(2011) que ressalta a importância da construção de sistemas hidráulicos eficazes, trazem análises significativas para entendermos os caminhos que levaram a ruína da estrutura em questão.

Identidade local e idealização da construção

A orla da Zona Sul carioca é conhecida mundialmente por sua integração entre cidade x natureza, sua grande extensão e as muitas e variadas opções de lazer e desportos. É nesse contexto que se encontra nosso objeto de estudo, a Ciclovia Tim Maia. A referida ciclovia é composta por dois trechos, um que vai do Leblon a São Conrado (4 Km) e outro que vai de São Conrado a Barra da Tijuca (5 Km) e que consiste de um plano de mobilidade ciclo viário que pretende unir a orla carioca em uma única malha que se estende das praias do Leme em Copacabana a praia do Pontal no Recreio dos Bandeirantes.

O trecho Leblon-São Conrado segue paralelo a Avenida Niemeyer, uma das principais ligações entre a Zona Oeste e a Zona Sul da cidade e foi construída como promessa de trazer mais qualidade de vida e locomoção aos moradores e frequentadores da região. A ciclovia espalha-se sobre solos arenosos presentes no

litoral da cidade até os costões rochosos característicos de parte do percurso.

Primeiro acidente na Ciclovia

Em abril de 2016, apenas quatro meses após sua inauguração, ocorreu um primeiro acidente em sua estrutura. Uma onda de cerca de 4 metros de altura, potencializada pelo choque na mureta de contenção, derrubou parte do tabuleiro da ciclovia, fazendo duas vítimas fatais. Após o incidente, a justiça ordenou que o CREA-RJ periciasse a obra e desse seu parecer. O laudo pericial apontou problemas nos pilares da estrutura e erros na execução da mesma.

Após o ocorrido, a ciclovia que deveria ter sido um dos principais legados Jogos Olímpicos para a cidade, tornou-se alvo de escândalos e um símbolo do descaso das autoridades com os processos construtivos e com a fiscalização de obras públicas, além de chamar a atenção para a desconsideração por parte da engenharia civil com as demais áreas do conhecimento, tais como conhecimento geológico e oceanográfico, imprescindíveis para execução dessa estrutura.

Aspectos geológicos e suas contribuições

Essas considerações e mapeamentos quanto aos processos geológicos, por exemplo, poderiam ter mitigado muitos impactos encarados pela estrutura e dessa forma, ter evitado o segundo colapso sofrido pela mesma, se o levantamento geológico do solo tivesse sido efetivamente considerado.

Segundo Acidente na Ciclovia

Em fevereiro de 2018, a ciclovia sofre um novo desabamento, dessa vez no trecho São Conrado-Barra, onde parte do solo cedeu próximo a saída do Elevado do Joá, na Praia do Pepino.

Dificuldades dos processos da construção, e comportamentos sazonais

Construir no litoral sempre foi um desafio, sobretudo por conta das agressões naturais e instabilidades encontradas no solo. No Rio de Janeiro, além de todos esses fatores que já contraindicam as construções litorâneas, ainda temos que considerar que o espaçamento entre os grandes maciços rochosos e o litoral do Rio de Janeiro tem uma extensão muito curta, e essas partes planas do território são extremamente ocupadas por edificações, não podendo assim considerar um intervalo significativo de escoamento e dispersão de toda a demanda recebida e sua consequente infiltração no solo. Em razão disso, é comum no dia a dia do carioca, se deparar com problemas como alagamentos e desmoronamentos por conta das

chuvas.



Alagamento na Avenida Brasil durante fortes chuvas no Rio de Janeiro (Imagem disponível em: r7/cortesia)

Medidas de prevenção já tomadas

Em função de se obter um maior controle desses eventos naturais, a GEORIO (Fundação Instituto de Geotécnica), órgão da Secretaria Municipal de Obras e responsável pela contenção de encostas na cidade do Rio de Janeiro, criou o Alerta Rio, programa que visa:

“alertar as chuvas intensas os possíveis deslizamentos em encostas da cidade do Rio de Janeiro. O programa foi criado em 25 de setembro de 1996 com o objetivo de emitir boletins de alerta à população sempre que houver previsão de chuvas intensas que possam gerar inundações de vias públicas e/ou acidentes geotécnicos em encostas (deslizamentos). O Sistema conta com uma rede de 33 estações pluviométricas espalhadas por todas as regiões do município do Rio de Janeiro. Estas estações enviam dados em tempo real, a cada 15 minutos, para a central do Alerta Rio – localizada no Centro de Operações Rio. A equipe do Alerta Rio é composta por meteorologistas, engenheiros, geólogos e técnicos que realizam monitoramento das condições do tempo e manutenção da rede de equipamentos 24 horas por dia, 7 dias por semana. Nas situações em que há a previsão de chuvas intensas para o município do Rio de Janeiro são emitidos avisos para os órgãos da Prefeitura envolvidos na mitigação dos danos causados por chuva forte (como Defesa Civil, Rio-Águas e outros). Já a população é avisada através dos canais do Alerta Rio na Internet e pela imprensa.”

Foco do problema

A medida em que a urbanização aumenta e se expande, ela ocupa as várzeas de inundação e impermeabiliza o solo, dificultando a infiltração da água pluvial, realocando essas águas para lugares mais baixos (**REZENDE**, O. M.; **AREND FILHO**, L. A.; de **SOUSA**, M. M.; **MIGUEZ**, M. G.). Em seu processo de urbanização, o Rio de Janeiro tornou-se uma “cidade de concreto” e suas áreas permeáveis se reduziram drasticamente, deixando-a sob a dependência direta de suas galerias

subterrâneas para suportar a demanda de escoamento das chuvas. A demanda pluvial recebida por esses sistemas é muito variada por conta do comportamento climático, e os mesmos estão mal dimensionados (pois não foram ampliados para as demandas atuais da cidade) para atender as situações de emergência da cidade. As galerias servem de retardo para a água em seu processo natural de escoamento desde os maciços até o mar ou a bacia em questão. Quando uma insuficiência dessa estrutura é detectada, a cidade, construída dentro desse equilíbrio natural, sofre as consequências da falta de planejamento.

Importância do controle hídrico interno

Os sistemas de retardo da água da chuva tem sido uma solução viável para a realidade carioca em sua tentativa de controlar os eventos naturais em alguns pontos da cidade, entretanto, a demanda é muito maior do que a infraestrutura já implementada consegue absorver.

Produto do descontrole

Além dos alagamentos, um outro produto negativo do descaso em falta de investimento em obras de infraestrutura para questão do escoamento pluvial da cidade, é o processo de erosão do solo. Erosão essa que pode ser de duas naturezas: hídrica e/ou eólica.

No Rio de Janeiro, a erosão hídrica é muito preocupante, pois o Brasil apresenta um clima tropical e a cidade localiza-se na região sudeste onde a ocorrência e quantidade de chuva é bem expressiva, sobretudo nos meses de verão. "A erosão hídrica é ocasionada pela água das chuvas que correm em forma de enxurradas e enchentes e causa danos graves aos terrenos", afirma Dr. Caetano Marciano de Souza.

Esse tipo de Erosão ocorre em três principais etapas, que são:

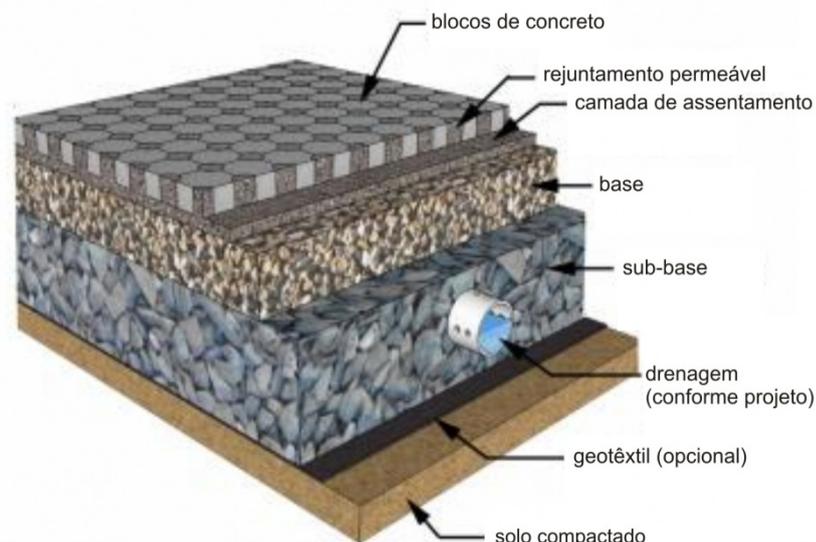
- Desprendimento ou desagregação do solo;
- Transporte de sedimentos;
- Deposição de sedimento.



Exemplos de erosão do solo (Imagens disponíveis em: <https://www.cpt.com.br/cursos-cafeicultura-agricultura/artigos/cafe-organico-cuidados-essenciais-para-a-conservacao-do-solo-e-controlar-a-erosao>)

Empregando as questões vistas anteriormente ao nosso objeto de estudo em questão, fatores hídricos e geológicos característicos do Rio de Janeiro criam uma dependência do preparo do solo para a edificação de tal estrutura, visto que as características naturais condicionam o solo a fatores de fragilidade. Dessa maneira, o espalhamento de carga por parte dessa estrutura, não deve ser feito de forma pontual, uma vez que o “solo original” é vulnerável as variações das questões supracitadas e deixa a construção a mercê das intempéries climáticas e ao comportamento instável do solo. Dessa maneira, para o perfeito desempenho da estrutura idealizada, torna-se fundamental o trabalho de manipulação e condicionamento do terreno em que está inserida a ciclovia e o acompanhamento desses fluxos que o local está submetido.

A imagem abaixo ilustra a maneira correta de se preparar o solo para uma boa dispersão de carga por um pavimento submetido as mesmas necessidades de nossa estrutura em análise.



O O preparo de execução mostrado na imagem anterior não foi realizado durante a execução da obra da ciclovia em análise neste artigo. A ciclovia Tim Maia tem a sua estrutura descarregando além do seu peso próprio, as cargas atuantes sobre ela, no solo original do local (solo de característica sedimentar e que não apresenta boa resistência a cargas), ficando na dependência das intempéries naturais (fluxo e permeabilidade de água) e vulnerabilidade do solo (erosão hídrica) em questão.



Imagem do desabamento da Ciclovias Tim Maia na Praia do Pepino – São Conrado (Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/ciclovias-tim-maia-desaba-novamente-no-rio.ghml>)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento do solo sofrido pela ciclovia, foi característico de uma erosão hídrica haja visto que o mesmo ocorreu após uma forte chuva na cidade do Rio de Janeiro. Dessa forma, é evidente que os sistemas que controlam os fluxos de água na cidade são sistemas deficientes e mal planejados para atender a tal demanda.

O segundo desabamento da ciclovia, poderia ter sido evitado se o levantamento geológico e esse comportamento hídrico do local em que a estrutura está condicionada tivesse sido efetivamente considerado de maneira adequada por parte dos órgãos responsáveis por sua execução. Como vimos os fatores hídricos e geológicos característicos do Rio de Janeiro criam uma dependência do preparo do solo para a edificação de tal estrutura, visto que as características naturais condicionam o solo natural a fatores significativos de fragilidade. Além disso a execução da construção em questão descarrega além do seu peso próprio, as cargas atuantes sobre ela, no solo original que apresenta todas essas características de mal comportamento, visto na imagem 4, onde fica claro a falha de execução cometida.

REFERÊNCIAS

AQUINO, F. Ciclovía de R\$45 milhões desaba na zona sul do Rio e deixa ao menos dois mortos. O Estado de S. Paulo – São Paulo, 21 de abril 2016. Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/rio-de-janeiro,parte-de-ciclovía-desaba-na-zona-sul-do-rio,10000027395> – acessado em 25/05/2018

BARBOSA, C. R. D. N. (2008). Inundações urbanas no município de Cambuci/RJ.

CARMO, P. F. B. do. Introdução de análise estrutural e estabilidade – conceitos e fundamentações – aplicação à queda da ciclovía Tim Maia. Disponível em: <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/08/078.pdf> - acessado em 25/05/2018.

G1. Simulação mostra como ciclovía pode ter desabado na Niemeyer, Rio. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/04/simulacao-mostra-como-ciclovía-pode-ter-desabado-na-niemeyer-rio.html> - acessado em 21/03/2018

MARQUES, J. A. A. D. S., & **SOUSA**, J. J. D. O. (2011). Hidráulica Urbana: sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. Engenharia Sanitária e Ambiental.

RESENDE, C. Projeto da ciclovía Tim Maia só previu onda de até 2,5m, mostra laudo. O Estado de São Paulo – São Paulo, 30 de maio de 2016. Disponível em: <http://brasil.estadao.com.br/noticias/rio-de-janeiro,projeto-da-ciclovía-tim-maia-so-previu-onda-de-ate-2-5-metros-mostra-laudo,10000054177> – acessado em 21/03/2018

REZENDE, O. M.; **ARENDE FILHO**, L.A.; **SOUZA**, M. M.; **MIGUEZ**, M. G., & **MAGALHÃES**, P. C. de. Projeto para controle de inundações.

RioOnWatch - Uma Introdução ao Sistema de Águas Pluviais do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://riononwatch.org.br/?p=18964> – acessado em 25/05/2018.

RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO

Hiasmim Rohem Gualberto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ
Nova Friburgo - RJ

Iury Almeida Moraes

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ
Nova Friburgo - RJ

Mônica Calixto de Andrade

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ
Nova Friburgo - RJ

Edgard Poiate Junior

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ
Nova Friburgo - RJ

Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ,
Instituto de Química – IQ
Rio de Janeiro - RJ

Isis Andrea Venturini Pola Poiate

Universidade Federal Fluminense - UFF, Instituto
de Saúde de Nova Friburgo - ISNF
Nova Friburgo - RJ

RESUMO: Vitrocerâmicas foram produzidas a partir de pó de vidro reciclado de para-brisas, visando reduzir a retirada de recursos naturais, o gasto de energia para a produção do material amorfo, e agregar valor ao material descartado.

O pó de vidro foi conformado com prensagem uniaxial e sinterizado nas temperaturas de 800, 850 e 900 °C. Foi utilizado óxido de nióbio como agente nucleante a fim de facilitar o processo de cristalização, sendo adotada a concentração de 15% de óxido de nióbio na mistura com o pó de vidro. Pela difração de raios X evidenciou-se a presença de cristais em todas as temperaturas adotadas na sinterização. Percebeu-se queda na densidade e na resistência à flexão biaxial (21,38 MPa em 800 °C) com o aumento da temperatura de sinterização. Quanto a microdureza Knoop, foi de 353,78 a 382,04 HKn, apesar da redução da densidade tornar o material mais poroso.

PALAVRAS-CHAVE: Vitrocerâmica, Óxido de Nióbio, Reciclagem, Resistência à Flexão Biaxial, microdureza Knoop

RECYCLING OF WINDSCREEN GLASS FOR GLASS-CERAMIC PRODUCTION COM 15% NIOBIUM OXIDE

ABSTRACT: Glass-ceramics were produced from recycled glass powder of windshields, aiming to reduce the withdrawal of natural resources, energy expenditure for the production of amorphous material, and add value to the discarded material. The glass powder was formed with uniaxial and sintered pressing at

temperatures of 800, 850 and 900 ° C. niobium oxide was used as a nucleating agent to facilitate the crystallization process, the concentration being adopted of 15 % of niobium oxide in the mixture with the glass powder. X-ray diffraction revealed the presence of crystals at all sintering temperatures. It was noticed decrease in density and in biaxial flexure strength (21.38 MPa at 800 °C) with increasing sintering temperature. As for Knoop microhardness, it was from 353.78 to 382.04 HKn, although the reduction in density made the material more porous.

KEYWORDS: Glass-ceramic, Niobium Oxide, Recycling, Biaxial Flexural Strength, Knoop Microhardness

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos quatro maiores produtores de veículos no mundo, possuindo uma frota de 43,3 milhões de veículos em 2017, segundo informações da Sindpeças (O Globo, 2018). Neste cenário, um ponto importante é que o tempo de vida de um veículo gira entorno de 8 a 15 anos (Mayyas, 2016). Essa tendência de consumo, gera um grande número de resíduos com o fim da vida do veículo, destacando se como um problema ambiental. Mundialmente, os veículos em fim de vida, ELV (End-of-Life Vehicle), correspondem a aproximadamente 40 milhões de unidades por ano. A previsão é que esse número aumente em no futuro próximo, pois a taxa anual de venda de veículos novos é crescente (Mayyas, 2016).

Previendo problemas eminentes, alguns países, adotaram regulamentos e diretrizes relativas aos ELV. Essas diretrizes sugerem o aumento de material de ELV reciclado, incentivam novos projetos que permitam aumentar a reciclagem do veículo (Castro, 2012). No Brasil a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), adota a responsabilidade compartilhada dos resíduos com todos os envolvidos no processo de produção, venda e consumo. Ela se preocupa em desenvolver uma logística reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo. Prevê a adoção de um sistema de reciclagem não só para o setor automobilístico, como também para toda indústria de bens e consumo (LEI Nº 12.305, 2010).

Sabendo que carro pesa em média 1000 Kg, e que 3% do seu peso é vidro (Castro, 2012), tem-se entorno de 30 Kg de vidro por carro. Analisando o tamanho da frota mundial, o tempo de vida do veículo e considerando ainda que para-brisas e janelas são trocados ao longo do uso do automóvel, percebe-se que há uma quantidade expressiva de vidro que pode ser reaproveitada.

A reciclagem do para-brisa é uma forma de agregar valores em um produto descartado. Os silicatos, que são a base dos vidros, podem ser adequados para a produção de outros tipos de vidros, de matéria-prima para as cerâmicas de revestimento, como ajulezos, ladrinhos, louças e vitrocerâmicas (Lu, 2016; Collini & Carfagni, 2014).

Assim, esse trabalho busca produzir vitrocerâmicas a partir de vidro de

para-brisa. Tal material é um sólido cristalino, com baixo coeficiente de expansão térmica, que pode gerar peças com geometria complexa e ainda ter resistência mecânica superior a do vidro de origem (Wang, 2017). A sua gama de aplicações, inclui a fabricação de ossos e dentes artificiais, pisos de luxo, painéis transparentes resistentes ao choque térmico e cooktops (Zanotto, 2010). Com isso, a partir de um pó de vidro economiza-se na produção de vitrocerâmicas, obtém-se um material com ampla aplicação, com menos gastos de recursos minerais e de energia para a fundição dos minerais para a obtenção do vidro.

2 | METODOLOGIA

2.1 Produção das vitrocerâmicas

O pó de vidro usado para produzir as vitrocerâmicas foi obtido a partir de um para-brisa obsoleto, que foi moído em um moinho de bolas de alumina e teve suas partes separadas. Antes de ser colocado no moinho de bolas para ser moído, o para-brisa foi dividido em pedaços menores. Uma determinada quantidade de pedaços de para-brisa (próximo a 1500 g) foi pesada e depositada dentro do recipiente do moinho de bolas, em uma quantidade tal, que ocupasse um terço do volume total disponível no cilindro. Por último foram adicionados os corpos moedores esféricos, de alumina, com três diâmetros diferentes. A moagem foi realizada a seco durante um período de 24 h.

Ao final desse período, o material foi peneirado para remoção do vidro não moído e do PVB (polivinilbutiral). O pó obtido passou em uma peneira granulométrica de 65 Mesh (Bertel, Brasil), para ajustar o tamanho das partículas.

Para este estudo foi adicionado 15% de óxido de nióbio ao pó de vidro. Os corpos-de-prova (CP) foram conformados com 10% p/p de água. Para produzir um CP foi compactado 3 g de pó, em uma matriz metálica circular, com diâmetro de 24,03 mm. Foram aplicados 25,77 MPa na matriz metálica, em uma prensa uniaxial, durante um minuto (P10 ST 10 ton, Bovenau, Brazil). Foi usado desmoldante de silicone para facilitar a retirada dos CPs (Carbografite, Brasil). As peças conformadas foram secas em estufa (400/3ND, Nova Ética, Brazil) na temperatura de 110 °C durante uma hora. Após esse processo elas foram sinterizadas em forno de mufla (N1100, Fornitec, Brasil), durante três horas na temperatura de sinterização, com taxa de aquecimento de 5 °C/min. As temperaturas de sinterização adotadas foram 800, 850 e 900 °C.

2.2 Caracterização

A fluorescência de raios-X foi realizada no pó de vidro obtido do para-brisa moído e peneirado. Esta análise foi realizada utilizando o Espectrômetro de Fluorescência

de Raios-X, S8 Tiger Spectrometer, Bruker X-ray, United States. As análises termogravimétricas foram em ar, com taxa de aquecimento de 5 °C/min, entre 30 a 900 °C e com pedaço de peça conformada, sobre pó de alumina (Simultaneous Thermal Analyser STA 6000, PerkinElmer, Estados Unidos)

A difração de raios X foi realizada em uma peça sinterizada, quebrada e moída de cada grupo (Bruker-D8 Endeavor, Estados Unidos). Foi adotado o método do pó, radiação CuK α (40 kV/40 mA), velocidade do goniômetro de 0,02° 2 θ por passo, com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo, sendo coletados de 4 a 80° 2 θ , com detector sensível à posição (LynxEye, Inglaterra). As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker Diffrac Plus (Estados Unidos).

Os ensaios de micro dureza Knoop foram realizados de acordo com a norma técnica ASTM C1326 (2013) (Wilson Tukon 1102, Buehler, Estados Unidos). Para visualizar a indentação do microduremetro, os CPs foram lixados e polidos por meio de uma lixadeira e politriz (Panambra, Brasil). Foram usadas lixas d'água das seguintes granulometrias: 220, 320, 500, 600 e 1200, nesta ordem. Após lixados os corpos de prova foram polidos com pasta de diamante de 1 $m\mu$ e o lubrificante (Arotec, Brasil). Esse processo foi dividido em seis etapas, em que cada etapa o corpo de prova era polido em uma direção por 2 minutos e ao termino desse tempo a peça era rotacionada em 90 °.

A carga utilizada no microduremetro foi de 500 gf para todos os corpos de prova. Com isso, a microdureza Knoop (HK_n) foi determinada segundo a Eq. (1). Em que P é a carga utilizada para as indentações e d é a medida da maior diagonal da marcação.

$$HK_n = 14,299 \cdot \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Foi realizado o ensaio em três corpos de prova na mesma temperatura de sinterização. E em cada CP foram feitas, no mínimo seis indentações. Foram geradas médias das seis melhores indentações, das quais foram determinadas as médias finais por temperatura de sinterização.

Os CPs passaram por uma preparação antes da realização dos ensaios necessários para obtenção dos valores da densidade de massa aparente e do volume aparente. Inicialmente os CPs foram colocados em estufa a 150 °C, durante oito horas, com o intuito de remover a água e assim chegar ao valor da massa seca (m_s).

Já para verificar o valor da massa úmida e imersa, os corpos de prova foram submersos em água e após a ebulição, permaneceram por duas horas. As peças ficaram por mais vinte e quatro horas submersas na água após a remoção da fonte

de calor. Para medir a massa imersa, a amostra úmida foi colocada após zerar o peso de uma cestinha de alumínio, suspensa em um suporte e submersa em água destilada. Com isso, o valor da massa imersa (m_i) pôde ser aferido.

Para medir a massa úmida ou saturada (m_u), o excesso de água da superfície da peça foi retirado com papel toalha. Conhecendo os valores de m_u, m_i , e massa específica do líquido (m_e), pela Eq. (2) calcula-se o volume aparente (v_a). Com o volume aparente e a massa seca, foi feito o cálculo da densidade de massa aparente através da Eq. (3). É importante ressaltar que para a realização de todo o processo, a norma ABNT NBR 16661 (2017) foi seguida e o valor da massa específica da água (m_e) foi de 1,00 g/cm³.

$$v_a = \frac{m_u - m_i}{m_{e_liquido}} \quad (2)$$

$$d_{ma} = \frac{m_s}{v_a} \quad (3)$$

Também foram determinadas a porosidade aparente (p_a) e a absorção de água (a), Eq. (4) e Eq. (5), respectivamente, pela mesma norma.

$$p_a = \left(\frac{m_u - m_s}{m_{e_liquido} \cdot v_a} \right) 100\% \quad (4)$$

$$a = \left(\frac{m_u - m_s}{m_s} \right) 100\% \quad (5)$$

Para análise da retração linear foi avaliada a variação de diâmetro da peça após sinterização. Com o uso da Eq. (6), e os valores do diâmetro inicial (C_i) e diâmetro final (após sinterização) (C_f), foi feito o cálculo da retração linear em função do diâmetro da peça.

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i} 100\% \quad (6)$$

Com o intuito de obter maior precisão foram coletadas três medições com um paquímetro. Desses resultados, foi feita uma média para cada amostra, tanto da espessura quanto do diâmetro. Realizou-se esse procedimento após a sinterização para alcançar o valor do diâmetro final da peça, já para o diâmetro inicial, este foi considerado igual ao diâmetro da matriz.

O ensaio de resistência à flexão biaxial foi realizado seguindo a norma 1499-

05 - *Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature* (ASTM, 2005). Nesse ensaio, a carga é aplicada por um anel no centro da peça uniaxialmente. Um pedaço de fita adesiva foi usado para segurar os fragmentos da peça unidos após a fratura. Tal ensaio foi conduzido em uma máquina de ensaios mecânicos universal (AGX-Plus, Shimadzu, Japão).

A tensão biaxial máxima suportada pelo material, σ_f , é obtida pela Eq. 7, em que D_s é a média entre os diâmetros interno e externo do maior anel, de aplicação da carga, D_i é a média entre os diâmetros interno e externo do anel de apoio do corpo de prova (menor anel). Já D é a média de três medidas do diâmetro e h é a média de três medidas da espessura do corpo de prova ensaiado. Todas essas dimensões são em milímetros. F é a força máxima que o material suportou, dada em Newtons e ν é o coeficiente de Poisson de vitrocerâmica de 0,2.

$$\sigma_f = \frac{3F}{2\pi h^2} \left[(1 - \nu) \cdot \frac{D_s^2 - D_i^2}{D^2} + (1 - \nu) \ln \left(\frac{D_s}{D_i} \right) \right] \quad (7)$$

D_s e D_i foram de 12 mm e 5 mm, respectivamente, que são as dimensões do aparato compatíveis com as vitrocerâmicas produzidas. Além disso, a taxa de deslocamento adotada foi de 0,5 mm/min, valor que rompesse o corpo de prova entre 10 a 15 segundos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da técnica de fluorescência de raios X, foi identificada a composição e a concentração do pó de vidro do para-brisa, obtido através da moagem. Tal resultado é apresentado na Tabela 1. Percebe-se, que a maior parte do pó de vidro é composta por óxido de silício, correspondendo a mais de 80% em peso do pó. Também há a presença de Na₂O e CaO que juntos representam mais de 16% em peso do pó de vidro. Além desses, há uma pequena parcela de MgO e Al₂O₃. A composição e a concentração desses óxidos influenciam as propriedades das vitrocerâmicas produzidas (Mukherjee & Das, 2014).

Composição	Si ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Concentração (p/p)	80,10%	8,86%	7,97%	2,34%	0,75%

Tabela 1 - Composição e concentração do pó de vidro puro.

A análise termodiferencial, DTA, e análise termogravimétrica, TG, da mistura pó de vidro com 15% Nb₂O₅ e 10% de água são apresentadas na Figura 1. Observa-se que ocorreu pouca perda de massa total, 1,90%. Apesar da curva da TG apresentar

algumas inflexões, os fenômenos envolvem muito pouca perda de massa e a maior perda de massa ocorre em até aproximadamente 200 °C, com 1,58 %. Essa perda de massa pode está relacionada com a eliminação de água presente na mistura. Os 0,32% restante de perda de massa ocorreu entre 400 e 600 °C, podendo ser a liberação de água aprisionada nos poros dos pós (Lu, 2018). Já o ganho de massa em 600 °C pode estar relacionado a reação no estado sólido. A adição do óxido de nióbio como agente nucleante favoreceu a formação de cristais, com reação no estado sólido, formando o niobato de sódio nas três temperaturas de queima das peças produzidas. As temperaturas de queima utilizadas para promover o fluxo viscoso nas peças conformadas são maiores que a temperatura de 500 °C, utilizada por Azevedo (2010) para a síntese de niobato de sódio por reação no estado sólido de dióxido de nióbio e hidróxido de sódio.

Na análise termodiferencial, DTA, observa-se um evento, entre 700 e 800 °C, o que pode indicar a transição vítrea em aproximadamente 750 °C. Assim, as temperaturas de sinterização foram baseadas neste evento, usando 800 °C, 850 °C e 900 °C.

A Figura 2 apresenta o difratograma de raios X das peças obtidas com pó de vidro de para-brisa e 15% de óxido de nióbio, sinterizadas em 800, 850 e 900 °C. Observa-se a formação de estruturas cristalinas nas três temperaturas de sinterização. Com o aumento da temperatura de sinterização ocorreu a diminuição da intensidade dos picos característicos das estruturas cristalinas zeolita (Z), stilbita (S) e, em menor intensidade, quartzo (Q). Mas aumentou a intensidade da estrutura cristalina isolueshita (I). As estruturas cristalinas, zeolitas e stilbita são aluminos silicados hidratados, sendo que a zeolita apresenta uma grande variedade de cátions em estrutura aberta e a estilbita é composta principalmente dos cátions cálcio e sódio. O quartzo é uma estrutura cristalina do óxido de silício. A estrutura cristalina, isolueshita, é um niobato de sódio, NaNbO_3 . O niobato de sódio é do grupo perovskita, como o titanato de bário, muito utilizado pelas suas propriedades ferroelétricas.

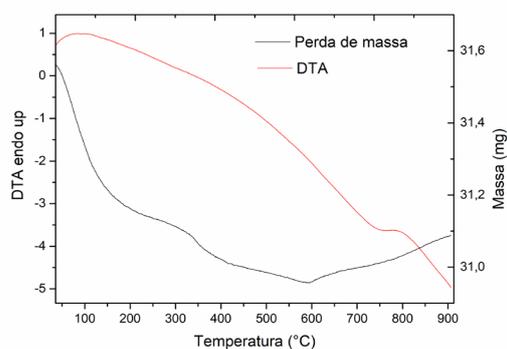


Figura 1: Análise térmica do pó de vidro com 15% de óxido de nióbio.

As dimensões médias dos corpos de provas de cada temperatura de sinterização, apresentados na Tabela 2, mostraram uma diminuição na espessura e no diâmetro com a diminuição da temperatura de sinterização dos CPs. Conseqüentemente, houve um aumento da retração linear do diâmetro, com a diminuição da temperatura de sinterização, como também pode ser observado na Fig. 3.

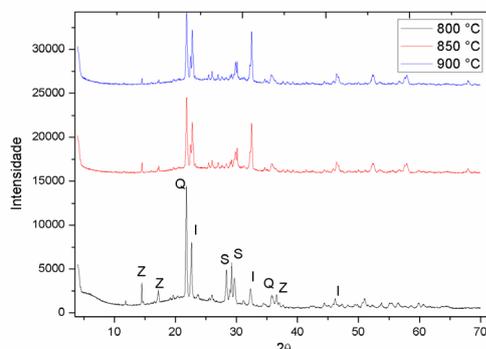


Figura 2: Difração de raios X das peças sinterizadas nas temperaturas de 800, 850 e 900 °C.

Temperatura		Média	Desvio Padrão
900 °C	Espessura (mm)	3,824	0,039
	Diâmetro (mm)	22,314	0,083
	Retração linear (%)	7,1	0,300
850 °C	Espessura (mm)	3,597	0,041
	Diâmetro (mm)	21,933	0,045
	Retração linear	8,7	0,002
800 °C	Espessura (mm)	3,478	0,053
	Diâmetro (mm)	21,814	0,057
	Retração linear (%)	9,2	0,200

Tabela 2 - Resultado da média das dimensões e a retração linear dos corpos de provas de cada temperatura de sinterização.

A Fig. 4 apresenta a média dos resultados obtidos para densidade aparente, absorção de água e porosidade aparente, além dos seus desvios relativos. Percebe-se uma diminuição gradual da densidade aparente com o aumento da temperatura de sinterização. Apesar disso, não ocorre um aumento de absorção de água com o aumento da temperatura de sinterização, sendo notada uma diminuição da absorção. Isso, mesmo contraditório, pode ser explicado devido a vitrificação superficial das peças com o aumento da temperatura, o que dificulta a penetração de água nos poros internos da peça. Também, se observa que a porosidade aparente é maior para as peças sinterizadas nas temperaturas menores, o que justifica a maior absorção de água nas peças mais densas.

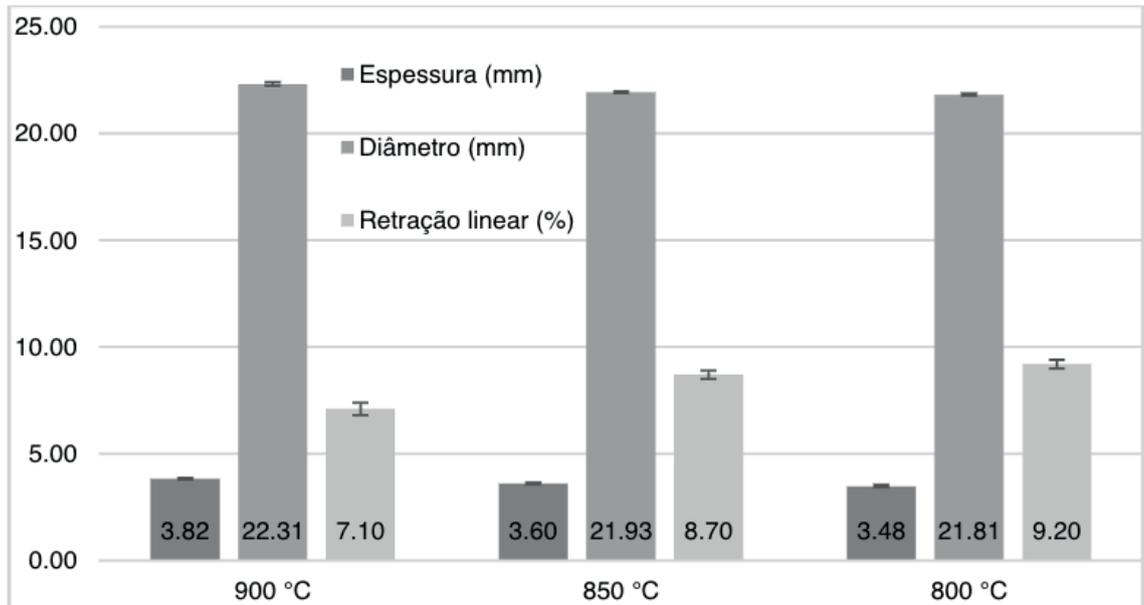


Figura 3 – Dimensões e retração linear.

Como visto na Fig. 3, as maiores dimensões são encontradas nas peças da temperatura de 900 °C, resultado coerente com o obtido para a densidade das mesmas, sendo essas as menos densas, portanto devem ter maior volume.

A densificação de vitrocerâmicas é promovida pelo fluxo viscoso da fase líquida. O aumento da temperatura de sinterização diminui a viscosidade do fluxo, o que acarreta a densificação (Fan & Li, 2013). No entanto, as maiores temperaturas de sinterização adotadas para a produção das vitrocerâmicas favorecem a precipitação dos cristais, o que aumenta a viscosidade do fluxo e conseqüentemente reduz a densidade (Lu, 2016).

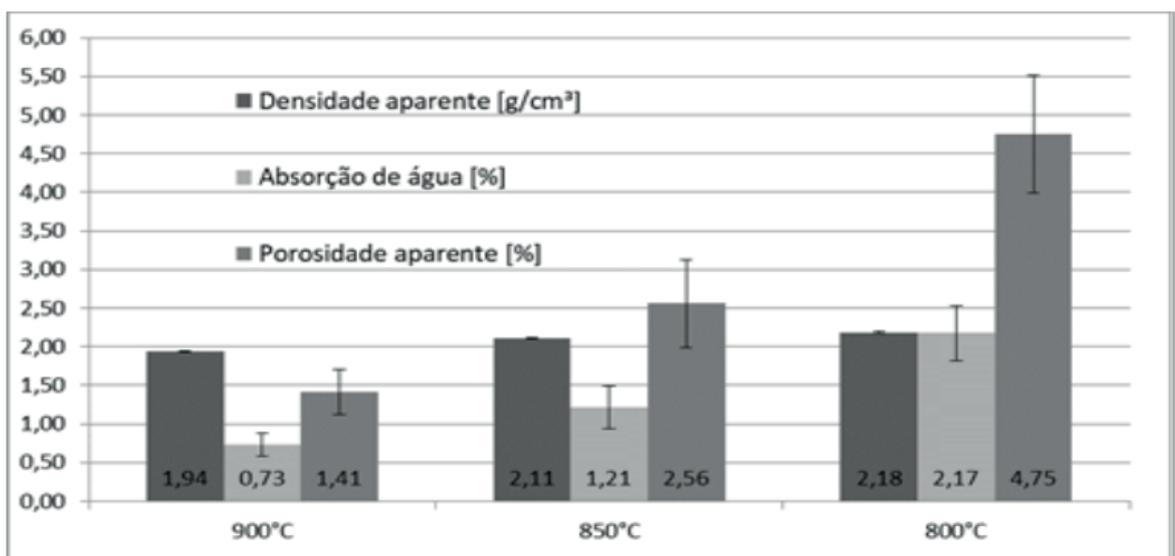


Figura 4 - Densidade aparente, absorção de água e porosidade aparente.

A Tabela 3 apresenta a média dos resultados da microdureza Knoop de três

corpos de prova (CP) de cada temperatura de sinterização e a média por temperatura. A maior dureza, 382,04 *HKn*, ocorreu na maior temperatura de sinterização (900 °C) e menor, 353,78 *HKn*, na temperatura de sinterização intermediária (850 °C). Além disso, a variação de dureza entre as diferentes temperaturas de sinterização foi em torno de 30 *HKn*, já o desvio padrão cresce consideravelmente com o aumento da temperatura. Os trabalhos de Danassollo *et al.*(2007) e de Soldani (2006) mostram uma faixa de dureza Knoop que varia entre 326 a 441 *HKn*, em seus estudos sobre dureza de esmaltes de dentes humanos. Esses resultados são compatíveis com os encontrados para as vitrocerâmicas produzidas com 15% de óxido de nióbio.

Temperatura	CP1	CP2	CP3	Média <i>HKn</i>	Desvio Padrão
900 °C	394,95	372,10	379,08	382,04	11,71
850 °C	369,61	349,19	342,54	353,78	14,10
800 °C	380,39	370,46	383,73	378,19	6,90

Tabela 3 - Dureza Knoop média e desvio padrão.

Algumas imagens geradas pelo microscópio do microdurometro dos CPs ensaiados para medir a dureza Knoop são apresentadas na Fig. 5. Em (a) tem-se o CP da temperatura de sinterização de 900 °C, em (b) o CP de 850 °C e (c) o CP de 800 °C. Por essas imagens, identifica-se a presença de poros e nota-se o aumento deles com a elevação da temperatura de sinterização, o que é coerente com a diminuição da densidade.

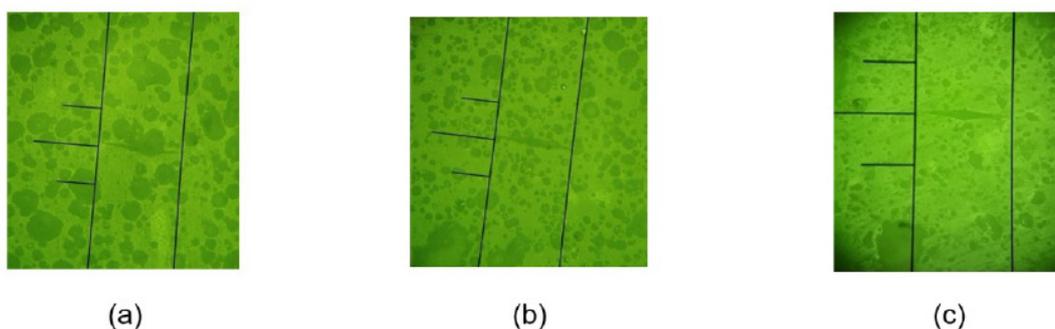


Figura 5: Micrografia ótica obtida após ensaio de dureza Knoop em CP sinterizado. (a) 900 °C, (b) 850 °C, (c) 800 °C.

Temperatura	Média da Resistência à Flexão [MPa]	Desvio Padrão
900 °C	19,38	2,99
850 °C	19,17	2,65
800 °C	21,38	2,68

Tabela 4 - Resistência à Flexão Biaxial.

A resistência à flexão biaxial encontrada para as três condições é apresentada

na Tabela 4. Também é informado o desvio padrão, esse obteve valor baixo nas três condições de sinterização, o que mostra reprodutividade nos resultados da resistência. Já em relação aos resultados das médias da resistência à flexão, percebe-se que o aumento da temperatura de sinterização não contribuiu para o aumento da resistência. Isso pode estar relacionado com o aumento de porosidade proveniente da elevação da temperatura de sinterização.

A fim de analisar o comportamento da dureza e da resistência à flexão em função da densidade da vitrocerâmica, foi plotado um gráfico com as essas três propriedades, mostrado na Fig. 6. Percebe-se que apesar do material se tornar menos denso, ou seja aumentar sua porosidade, isso não contribuiu para a redução da dureza do material. Sendo que sua maior dureza ocorre na menor densidade. Já a resistência à flexão sofre uma queda com a diminuição da densidade, porém a menor resistência ocorre na densidade intermediária.

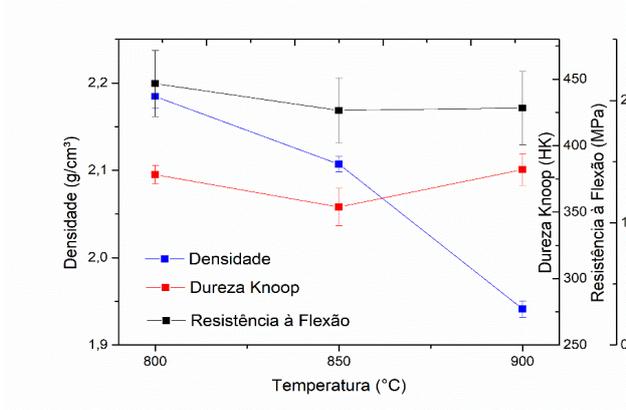


Figura 6: Comparativo dureza, resistência à flexão e densidade.

4 | CONCLUSÃO

As vitrocerâmicas deste trabalho foram produzidas com pó de vidro reciclado de para-brisas, agregando valor a um resíduo sólido. Na presença de 15% de óxido de nióbio e em temperaturas de sinterização acima de 800 °C, o vidro proveniente de para-brisas é capaz de cristalizar, como de formar niobato de sódio, constituinte de materiais com propriedades piezoelétricas. A difração de raios x revelou que com o aumento da temperatura, a fase cristalina de niobato de sódio torna-se mais presente. Por outro lado, o aumento da temperatura de sinterização, diminui a densidade do material produzido, passando de 2,18 g/cm³ para 1,94 g/cm³, além de aumentar a absorção de água. A resistência à flexão também diminui, mas a dureza das vitrocerâmicas é melhorada em 900 °C. Assim, o aumento da temperatura de sinterização acarreta aumento de cristalinidade, o que revela possibilidade de aplicação piezolétrica. Além disso, as perdas de resistência ocorridas não foram significativas e a dureza do material foi melhorada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES e a FAPERJ pela concessão das bolsas.

REFERÊNCIAS

- ASTM, C. 1499-05. **Standard test method for monotonic equibiaxial flexural strength of advanced ceramics at ambient temperature**. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2005.
- ASTM C1326-13. **Standard test method for Knoop indentation hardness of advanced ceramics**. Annual Book of ASTM Standards, 2013.
- AZEVEDO, LMS. **Síntese do niobato de sódio a partir do óxido de nióbio e do nióbio metálico**. 2010.85 f. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado).—Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- CASTRO, Daniel E. **Reciclagem e sustentabilidade na indústria automobilística**. Belo Horizonte, [sn], 2012.
- COLLINI, Luca; CARFAGNI, Gianni Royer. **Flexural strength of glass–ceramic for structural applications**. Journal of the European Ceramic Society, v. 34, n. 11, p. 2675-2685, 2014.
- DONASSOLLO, Tiago Aurélio et al. **Avaliação da microdureza superficial do esmalte e da dentina de dentes bovinos e humanos (permanentes e decíduos)**. Rev. odonto ciênc, v. 22, n. 58, p. 311-316, 2007.
- FAN, Chen-Shiuan; LI, Kung-Cheh. **Production of insulating glass ceramics from thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) waste glass and calcium fluoride sludge**. Journal of cleaner production, v. 57, p. 335-341, 2013.
- L. E. I. Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato200, p. 7-2010.
- LU, Jinshan et al. **Effect of sintering additives on the densification, crystallization and flexural strength of sintered glass-ceramics from waste granite powder**. Materials Chemistry and Physics, v. 216, p. 1-7, 2018.
- LU, Jinshan; CONG, Xinquan; LU, Zhangyang. **Influence of magnesia on sinter-crystallization, phase composition and flexural strength of sintered glass-ceramics from waste materials**. Materials Chemistry and Physics, v. 174, p. 143-149, 2016.
- MAYYAS, Mohannad et al. **Preliminary investigation on the thermal conversion of automotive shredder residue into value-added products: graphitic carbon and nano-ceramics**. Waste management, v. 50, p. 173-183, 2016.
- MUKHERJEE, Debasis Pradip; DAS, Sudip Kumar. **The influence of TiO₂ content on the properties of glass ceramics: Crystallization, microstructure and hardness**. Ceramics International, v. 40, n. 3, p. 4127-4134, 2014.
- NBR16661. **Materiais refratários densos conformados - Determinação do volume aparente, volume aparente da parte sólida, densidade de massa aparente, densidade aparente da parte sólida, porosidade aparente e absorção**. ABNT, 2017.

O Globo. **Frota brasileira de veículos cresce 1,2% em 2017, diz Sindipecas**. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/frota-brasileira-de-veiculos-cresce-12-em-2017-diz-sindipecas.ghtml>. Acessado em: 20 de setembro de 2018.

SOLDANI, Paula. **Alterações na microdureza do esmalte dental humano tratado in vitro e in situ com diferentes sistemas clareadores e espessantes**. 2006.

WANG, Xin et al. **Preparation and characterization of SO₃-doped barium borosilicate glass-ceramics containing zirconolite and barite phases**. *Ceramics International*, v. 43, n. 1, p. 534-539, 2017.

ZANOTTO, Edgar Dutra. **Bright future for glass-ceramics**. *American Ceramics Society Bulletin*, v. 89, n. 8, p. 19-27, 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9
Análise sensorial 45, 46, 56

B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173
Biofilmes 4
Biomateriais 92
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140
Carbono cristalizado 114

D

Dejetos de suínos 112

G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

H

Homologia simplicial 239

I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

V

Variabilidade climática 142

W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-642-3

